



UDC 664.895:641.82

## INVESTIGATION OF THE APPLICATION OF FRUIT RAW MATERIALS IN THE PRODUCTION TECHNOLOGY OF WHEY-BASED BEVERAGES

Halyna P. Khomych<sup>1\*</sup>, Anzhela B. Boroday<sup>1</sup>, Yuliia H. Nakonechna<sup>1</sup>, Victor M. Yukhno<sup>2</sup>,  
Yuliia A. Matsuk<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Poltava University of Economics and Trade, 3 Ivan Bank St. Poltava, 36014, Ukraine

<sup>2</sup>Poltava State Agrarian University, 1/3 Skovorody Street, Poltava, 36003, Ukraine

Received 1 March 2026; accepted 1 June 2026; available online 20 June 2026

### Abstract

This article is devoted to a comprehensive study of the scientific and practical aspects of using fruit raw materials in the technology of beverages based on dairy whey as a promising secondary resource in the dairy processing industry. The relevance of the work is determined by the need for rational utilization of by-products of milk processing, enhancement of the biological value of beverages, and expansion of the range of functional food products. An analytical review of the current state of whey application in food production, particularly in non-alcoholic beverages, was conducted, highlighting the technological and economic advantages of its use. The aim of the study was to substantiate the feasibility of incorporating cranberry, black chokeberry, serviceberry, and blackcurrant juices into whey-based beverage formulations and to determine their effects on the quality parameters of the final product. It was established that the investigated fruit raw materials are characterized by high contents of biologically active compounds, including phenolic compounds, anthocyanins, organic acids, vitamins, and natural pigments. The fractional composition of organic acids and the polyphenolic profile of the juices were analyzed, confirming the predominance of anthocyanins as the main group of polyphenolic compounds, which provide pronounced antioxidant properties and contribute to the organoleptic quality of the beverages. The physicochemical and microbiological characteristics of dairy whey, selected as the base component of the formulations, as well as of the cranberry, black chokeberry, serviceberry, and blackcurrant juices, were investigated. Microbiological analysis confirmed their compliance with current safety requirements. Based on organoleptic evaluation, an optimal ratio of whey to fruit juices of 80:20 was determined, ensuring a balanced taste, aroma, and color. It was demonstrated that the use of cranberry, black chokeberry, serviceberry, and blackcurrant juices in whey-based beverage technology improves organoleptic, physicochemical, and microbiological parameters, enhances biological value, and promotes the efficient utilization of the resource potential of dairy whey.

*Keywords:* whey; cranberry; chokeberry; serviceberry; black currant; chemical composition; juice; beverages; quality indicators; microbiological parameters.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ФРУКТОВОЇ СИРОВИНИ В ТЕХНОЛОГІЇ НАПОЇВ НА ОСНОВІ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ

Галина П. Хомич<sup>1</sup>, Анжела Б. Бородай<sup>1</sup>, Юлія Г. Наконечна<sup>1</sup>, Віктор М. Юхно<sup>2</sup>, Юлія А. Мацук<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Полтавський університет економіки і торгівлі, вул. Івана Банка, 3, Полтава, 36014, Україна

<sup>2</sup>Полтавський державний аграрний університет, вул. Сковороди, 1/3, Полтава, 36003, Україна

<sup>3</sup>Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Науки, 72, Дніпро, 49010, Україна

### Анотація

Стаття присвячена комплексному дослідженню науково-практичних аспектів використання фруктової сировини в технології напоїв на основі молочної сироватки як перспективного вторинного ресурсу молокопереробної галузі. Актуальність роботи зумовлена необхідністю раціонального використання побічних продуктів переробки молока, підвищення біологічної цінності напоїв та розширення асортименту функціональних харчових продуктів. Проведений аналітичний огляд сучасного стану застосування молочної сироватки в виробництві харчових продуктів, зокрема безалкогольних напоїв, із визначенням технологічних та економічних переваг її використання. Метою дослідження стало обґрунтування доцільності використання соків журавлини, горобини чорноплідної, ірги та чорної смородини в рецептурі напоїв на основі молочної сироватки та встановлення їх впливу на показники якості готового продукту. Встановлено, що досліджувана фруктова сировина характеризується високим вмістом біологічно активних речовин, зокрема фенольних сполук, антоціанів, органічних кислот, вітамінів та натуральних барвників. Проаналізований фракційний склад органічних кислот і поліфенольний профіль соків, водночас підтверджене домінування антоціанів як основної групи поліфенольних сполук, що забезпечують виражені антиоксидантні властивості та формують

\*Corresponding author: e-mail: [homichgp27@ukr.net](mailto:homichgp27@ukr.net)

© 2026 Oles Honchar Dnipro National University;

doi: 10.15421/jchemtech.v34i2.353371

органолептичні показники якості напоїв. Досліджені фізико-хімічні та мікробіологічні характеристики молочної сироватки як базового компоненту рецептури, а також отриманих соків журавлини, горобини чорноплідної, ірги та чорної смородини. За результатами мікробіологічного аналізу встановлено їх відповідність чинним вимогам безпечності. На підставі органолептичної оцінки визначено раціональне співвідношення молочної сироватки та фруктових соків 80 : 20, яке забезпечує оптимальний баланс смаку, аромату та кольору. Використання соків журавлини, горобини чорноплідної, ірги та чорної смородини в технології напоїв на основі молочної сироватки підвищує їх біологічну цінність та сприяє ефективному використанню ресурсного потенціалу вторинної молочної сировини, покращенню фізико-хімічних та мікробіологічних показників, підвищує біологічну цінність та сприяє ефективному використанню ресурсного потенціалу молочної сировини.

*Ключові слова:* молочна сироватка; журавлина; горобина чорноплідна; ірга; чорна смородина; хімічний склад; сік; напої; показники якості; мікробіологічні показники.

## **Вступ**

*Постановка проблеми в загальному вигляді та актуальність дослідження.* Напої відіграють важливу роль у харчовому раціоні людини, оскільки беруть участь у підтриманні водного балансу організму та є додатковим джерелом енергії й біологічно цінних компонентів. Разом із рідиною організм отримує низку необхідних речовин – вітамінів, макро- й мікроелементів та інших біологічно активних сполук, які впливають на фізіологічні процеси, метаболізм і загальний стан здоров'я. Актуальним є розширення асортименту напоїв шляхом використання нових рецептурних інгредієнтів.

В Україні простежується стійка тенденція до поступового зменшення обсягів виробництва молока як сировини, що обумовлено низкою чинників, серед яких одними із ключових є скорочення поголів'я сільськогосподарських тварин, війна, релокування та закриття підприємств. У таких умовах значущою є проблема раціонального використання вторинних ресурсів, насамперед молочної сироватки. Молочна сироватка характеризується специфічними функціонально-технологічними властивостями та відповідає сучасним концепціям здорового харчування, що ґрунтуються на принципі «низька калорійність – висока біологічна цінність». Сироватка та продукти її фракціонування, включаючи похідні лактози, можуть виступати перспективною сировиною для виготовлення продуктів як масового споживання, так і спеціалізованого харчування [1–5].

Питання ефективного використання вторинної молочної сировини привертало увагу багатьох учених [3; 5–7]. Упродовж останніх десятиліть воно стало особливо актуальним, оскільки зростання чисельності населення та глобальні тенденції щодо продовольчої безпеки вимагають максимально раціонального використання всіх видів сировини, включно з побічними

продуктами переробки молока. Висока харчова цінність молочної сироватки обумовлена вмістом легкозасвоюваних білків, зокрема комплексу незамінних амінокислот, простих цукрів, органічних кислот, мінеральних речовин, водорозчинних вітамінів та біологічно активних компонентів. Водночас вона характеризується низьким вмістом жиру, що робить її перспективною основою для створення дієтичних та оздоровчих продуктів [1; 3; 6; 8].

Одним із найбільш перспективних напрямів переробки молочної сироватки є виробництво напоїв, збагачених природними рослинними компонентами. Додавання ягід, фруктів, овочів, злаків, лікарських рослин або їхніх екстрактів дозволяє покращити органолептичні характеристики продукту, підвищити його харчову цінність та надати функціональних властивостей. У зв'язку з цим науково-практичний інтерес становлять дослідження, спрямовані на створення оздоровчих продуктів на основі молочної сироватки з використанням фітосировини, що відкриває нові можливості для розширення асортименту, підвищення рентабельності виробництва та зменшення екологічного навантаження [2; 4; 8; 9].

### *Аналіз основних досліджень і публікацій.*

Проблематика ефективного використання даного виду вторинної сировини достатньо широко висвітлена в наукових працях українських і зарубіжних дослідників, однак, незважаючи на значний обсяг наукових розробок та наявність окремих прикладів впровадження інноваційних технологій часткового чи повного використання молочної сироватки, рівень її промислової переробки на багатьох підприємствах України, особливо невеликої потужності, залишається недостатнім.

Питання комплексного перероблення молочної сироватки є проблемою не лише України, воно має глобальний характер. Щорічний обсяг світових ресурсів молочної

сироватки становить приблизно 180 млн тон, й до 75 % від загальної кількості припадає на країни Європейського Союзу та Сполучені Штати Америки. Однак на сьогодні жодна держава не досягла повного рівня перероблення молочної сироватки та її максимального залучення у виробництво харчових продуктів [2; 7; 10].

Рівень промислового використання даного виду цінної вторинної сировини у світі суттєво варіюється і, залежно від розвитку молокопереробної галузі, коливається в межах від 20 до 90 %. За таких умов значна частина молочної сироватки використовується як кормова добавка для тварин, утилізується разом зі стічними водами або ж без попереднього оброблення скидається в міські каналізаційні системи [10; 11].

Молочна сироватка та отримані з неї продукти знаходять широке застосування в молочній, м'ясопереробній, кондитерській і хлібопекарській промисловості, в виробництві харчоконцентратів, а також у виготовленні дитячого, спортивного та геродієтичного харчування та інших видів спеціалізованої продукції [8,11]. До того ж попит на продукти на основі молочної сироватки спостерігається як у країнах із розвинутою економікою, де споживачі середнього класу орієнтовані на здоровий спосіб життя та фізичну активність, так і в державах, що розвиваються, де така продукція використовується для забезпечення базових харчових потреб населення.

В молочної сироватці часто відзначаються специфічні присмак і запах, які не звичні для масового споживача, і певною мірою здатні відштовхнути його. Запах, смак і аромат молочної сировини, зокрема молочної сироватки, та продуктів її переробки зумовлюють різні групи хімічних сполук, що утворюються внаслідок перетворень вуглеводів, амінокислот і ліпідів під час технологічного оброблення і зберігання (кислоти, альдегіди, кетони, лактони, етери, спирти та ін.). Значний вплив на формування запаху мають карбонільні сполуки, оскільки багато з них характеризуються високою пороговою концентрацією [11–14]. Важливими компонентами запаху молочної сироватки є леткі жирні кислоти (оцтова, масляна, пропіонова, капронова, каприлова та ін.). Саме через їх наявність під час виробництва напоїв виникає необхідність «маскувати», «приховувати» специфічні

запахи різними смако-ароматичними сполуками та інгредієнтами. Вичерпної інформації щодо конкретних ароматоутворюючих речовин та сполук, які надають сироватці специфічного смаку та аромату, немає. Повністю покращити органолептичні показники традиційними методами деаерації, дезодорації чи згущення під вакуумом не вдається. Тому це питання є актуальним, оскільки незвичні смак і запах молочної сироватки стримують її широке використання в виробництві харчових продуктів.

Отже, проведення комплексних досліджень у зазначеному напрямі сприятиме підвищенню ефективності та ресурсозбереженню в процесі промислового перероблення молочної сироватки.

Реалізація повноцінної переробки молочної сироватки дозволить підвищити ефективність виробництва молочних продуктів та зменшити забруднення навколишнього середовища, що є важливими факторами сталого розвитку молочної галузі [10].

Застосування в якості рецептурних інгредієнтів фруктових соків у технології виготовлення напоїв на основі молочної сироватки дає можливість не тільки урізноманітнити асортиментний склад напоїв, збагатити їх біологічну цінність, але й провести екологізацію виробництва, максимально використовуючи вторинні продукти молокопереробної галузі [8; 9; 11–14].

Розширення асортименту напоїв, особливо напоїв функціонального призначення, вимагає інноваційних підходів, ключовим моментом яких є максимальне збереження в готовому продукті всіх біологічно активних речовин сировини, створених і в оптимальному співвідношенні, скомпонуваною природою [13–20].

Цінність обраної фруктової сировини визначається комплексом біологічно активних речовин, необхідних для здорового функціонування організму. З точки зору створення оздоровчих напоїв, важливим є оптимальне співвідношення поліфенольних сполук і аскорбінової кислоти, які виявляють синергічну дію в організмі, значний вміст вітамінів групи В, мінеральних, пектинових речовин. Важливим є також оптимальне співвідношення в дикорослих ягодах концентрацій моно- та дицукрів і органічних кислот, які надають напоєм особливого смаку,

аромату та кольору. Саме тому створені на основі дикорослої (свіжої та замороженої) сировини напої виявляють капіляррозміщуючу, антисклеротичну, гіпотензивну, протизапальну, антирадіо-нуклідну дію [14,16,21,22].

Актуальність проведених досліджень полягає в використанні фруктової сировини в якості складової рецептурного складу напоїв, приготованих на основі молочної сироватки, що дозволяє одночасно вирішити проблему використання вторинної сировини в технології харчових продуктів і провести збагачення напоїв біологічно активним комплексом рослинних інгредієнтів.

*Мета статті* – дослідження використання різних видів фруктової сировини (соків журавлини, горобини чорноплідної, ірги, чорної смородини) і їх використання в технології виготовлення напоїв на основі молочної сироватки.

### Експериментальна частина

При проведенні досліджень використовували молочну сироватку, ягоди і соки з журавлини, ірги, чорноплідної горобини, чорної смородини та напої з їх використанням.

У ході проведення експериментальних досліджень використовували стандартні методи аналізу: масова частка сухих речовин у сировині – за ДСТУ 7804:2015, масову частку титрованих кислот – методом об'ємного титрування за ДСТУ EN 12147-2003, вміст пектинових речовин – кальцій-пектатним методом, вміст цукрів – за ДСТУ 4954:2008. Якість ягід, соків з фруктової сировини, молочної сироватки на напоїв оцінювали за органолептичними та фізико-хімічними показниками. Для дослідження фракційного складу поліфенольних речовин у фруктової сировині використовували метод високоефективної рідинної хроматографії на хроматографі Agilent Technologies (модель 1100). Для проведення аналізу була використана хроматографічна колонка розміром 2,1 × 150 мм, заповнена октадецилсилильним сорбентом, зернистістю 3,5 мкм, «ZORBAX» SB-C18. Вміст органічних кислот також визначали методом високоефективної рідинної хроматографії на хроматографі Agilent Technologies (модель 1100). Для проведення аналізу була використана карбогідратна хроматографічна

колонка розміром 7.8×300 мм, «Supelcogel-C610H».

Мікробіологічні показники визначали за наступними стандартними методиками: – кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів визначали згідно з ДСТУ 7357:2013, ДСТУ IDF 100B:2003 та ДСТУ IDF 122C:2003; БГКП – на середовищі Кеслера згідно з ДСТУ 7357:2013; – кількість грибів і дріжджів проводили згідно з ДСТУ ISO 7954:2006; – визначення бактерій роду *Salmonella* проводили згідно з ДСТУ IDF 93A:2003.

Під час визначення результатів експериментальних досліджень застосовували методи статистичної обробки з використанням стандартних пакетів програм Microsoft Office.

### Результати та їх обговорення

На початковому етапі проводили дослідження показників якості молочної сироватки і різних видів фруктової сировини: ягід журавлини, смородини чорної, плодів горобини чорноплідної та ірги.

Нативна сироватка молочна є важливим харчовим продуктом, який задовольняє організм людини необхідними нутрієнтами та біологічно-активними речовинами для нормального протікання як біохімічних, так і мікробіологічних процесів у ньому. Аналіз закордонних та українських літературних джерел підтверджує зростаючу тенденцію використання молочної сироватки в технології різних харчових продуктів, зокрема напоїв оздоровчого характеру [11,16,19,20].

Біологічна цінність сироватки зумовлена білковими азотистими компонентами, вуглеводами, залишками жирних кислот, вітамінами, органічними кислотами, ферментами, макро- та мікроелементами, які в ній знаходяться в різних кількостях, що залежить від походження сироватки [9; 15–20].

За органолептичними показниками сироватка молочна – однорідна, прозора рідина з незначним осадом, білого з сіруватим відтінком кольору, незначним кислуватим присмаком і запахом, властивим даному продукту ДСТУ 7515:2014.

Молочну сироватку отримували під час виробництва м'яких сирів в Навчально-науковій лабораторії «Milk Local Product» Полтавського державного аграрного університету (ПДАУ).

Підготовка сироватки для приготування

сироваткового напою складалася з наступних етапів: очищення від часток казеїну, знежирення, пастеризація, охолодження. Пастеризували молочну сироватку за температури 90–92 °С упродовж 10–15 хв,

охолоджували до температури 30–35 °С та залишали для освітлення (осадження білків) протягом 5–6 годин.

Показники якості молочної сироватки наведені в таблиці 1.

Table 1

**Quality parameters of milk whey (n=3, p≤0.05)**

Таблиця 1

<b>Показники якості молочної сироватки (n=3, p≤0.05)</b>	
Назва показника	Показник
Масова частка сухих речовин, у т.ч. лактози, %	5.5 ± 0.10 3.3±0.20
Масова частка жиру, %	0.2±0.04
Титрована кислотність, °Т	62 ±0.80
Активна кислотність, од. рН	4.31 ± 0.20

Для проведення досліджень створених напоїв на основі сироватки молочної та фруктової сировини, була обрана традиційна сировина – ягоди чорної смородини і не зовсім традиційна для промислової переробки – дикорослі ягоди журавлини, ірги та плоди чорноплідної горобини, зібрані на території Полтавської та Житомирської областей.

Спільним або об'єднуючим фактором для обраної сировини є наявність в її складі значного вмісту поліфенольних речовин [21; 22].

Чорноплідна горобина була чорно-пурпурового кольору, кислувато-солодкувата

на смак, злегка в'яжуча, з терпкуватим присмаком. Ягоди ірги мали округлу, злегка грушоподібну форму, чорного кольору з сизуватим нальотом, приємного солодкого смаку, без запаху. Ягоди журавлини за зовнішнім виглядом мали кулясту форму, яскраво-червоного кольору, зі специфічним для цих ягід смаком та ароматом. Ягоди чорної смородини мали також кулясту форму, поверхня ягід чорного, майже фіолетового кольору, м'якоть зеленувата, смак і запах кисло-солодкий, специфічний.

Фізико-хімічні показники обраної сировини наведені в табл. 2.

Table 2

**Physicochemical characteristics of fruit raw material (n = 3, p ≤ 0.05)**

Таблиця 2

Назва показників	<b>Фізико-хімічні показники фруктової сировини (n = 3, p ≤ 0.05)</b>			
	Найменування сировини			
	Чорноплідна горобина	Ірга	Журавлина	Чорна смородина
Сухі речовини, %	19.40	14.30	10.20	15.50
Титрована кислотність, %	0.98	0.75	1.80	1.10
Пектинові речовини, %	0.80	0.70	1.10	1.24
Загальна кількість цукрів, %	13.20	10.30	6.65	10.05

Отримані дані за результатами досліджень (табл. 2) показують значну титровану кислотність в обраній сировині – 0.75 % (ірга)–1.80 % (журавлина) та значний вміст пектинових речовин – 0.70 % (ірга)–1.24 % (чорна смородина), що підтверджує результати попередніх досліджень [21; 22; 25].

Проведені хроматографічні дослідження (табл. 3) свідчать, що за вмістом органічних кислот у всіх видах сировини виявлені лимонна, яблучна й бурштинова кислоти. Розподіл органічних кислот у плодово-ягідній сировині наведено на рис. 1.

Встановлено (рис. 1), що в складі ягід журавлини та чорної смородини домінує лимонна кислота, на частку якої припадає 56.50 % (журавлина) і 65.38 % (чорна смородина) від загального вмісту кислот. У плодах горобини чорноплідної та ірги переважаючою є яблучна кислота, частка якої становить 52.63 % (горобина чорноплідна)–77.10 % (ірга) від загального вмісту кислот, що корелює з попередньо проведеними дослідженнями [21,22,24].

## Organic acid composition in fruit raw materials (n = 3, p ≤ 0.05)

Таблиця 3

## Склад органічних кислот у фруктовій сировині (n = 3, p ≤ 0.05)

Найменування сировини	Масова частка, г/100 г				Домінуюча кислота	Частка від загального вмісту кислот, %
	Органічні кислоти			Лимонна		
	лимонна	яблучна	бурштинова			
Журавлина	1.66	0.97	0.31	Лимонна	56.50	
Чорноплідна горобина	0.04	1.20	1.04	Яблучна	52.63	
Ірга	0.08	1.01	0.22	Яблучна	77.10	
Чорна смородина	3.38	0.65	1.14	Лимонна	65.38	

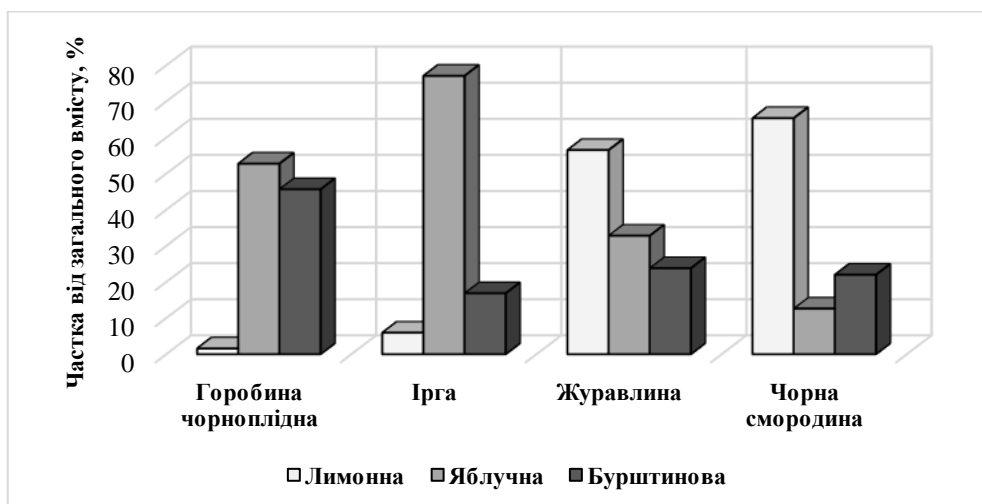


Fig. 1. Distribution of organic acids in fruit and berry raw materials  
Рис. 1. Розподіл органічних кислот у плодово-ягідній сировині

Наявні бурштинова та яблучна кислоти володіють антиоксидантними властивостями. Зокрема, бурштинова кислота вважається відновлювальним і радикал-акцепторним агентом, відповідальним за антиоксидантний захист. Яблучній кислоті притаманні захисні та зміцнюючі властивості щодо імунітету, нормалізації клітинного обміну, кровообігу, захисних властивостей організму [21; 22; 25].

Серед цукрів у плодово-ягідній сировині виявлено фруктозу і глюкозу, а в дикорослій

сировині наявний поліспирт сорбіт, вміст якого коливається від 0.40 % (журавлина) до 7.22 % (горобина чорноплідна). Фруктоза і сорбіт широко застосовуються в рецептурах продуктів дієтичного харчування і рекомендовані для людей, які хворіють на цукровий діабет [21; 24; 25].

У складі плодово-ягідної сировини виявлені біологічно активні речовини: L-аскорбінова кислота, фенольні та барвні речовини (табл. 4).

## Content of bioactive compounds in fruit and berry raw materials, mg/100 g (n = 3, p ≤ 0.05)

Таблиця 4

## Вміст біологічно-активних речовин в плодово-ягідній сировині, мг/100 г (n = 3, p ≤ 0.05)

Назва показників	Найменування сировини			
	Чорноплідна горобина	Ірга	Журавлина	Чорна смородина
L-аскорбінова кислота	32.50	20.50	17.20	86.50
Поліфенольні речовини	1005.00	288.00	95.00	781.00
Барвні речовини	650.80	129.00	49.00	722.70

За проведеними дослідженнями (табл. 4) видно, що вміст L-аскорбінової кислоти в їхньому складі коливається в межах 17.20 мг/100 г (журавлина)–86.50 мг/100 г (чорна смородина). В складі обраної сировини спостерігається значний вміст поліфенольних

речовин: 95.00 мг/100 г (журавлина)–1005,00 мг/100 г (горобина чорноплідна).

Фракційний склад фенольних сполук, визначений за допомогою хроматографічних досліджень, наведений в табл. 5.

Fractional composition of phenolic compounds in fruit raw materials, mg/100 g (n = 3, p ≤ 0.05)

Фракційний склад фенольних сполук в фруктовій сировині, мг/100 г (n = 3, p ≤ 0.05)

Найменування сировини	Оксикоричні кислоти та їх похідні	Флавоони та їх похідні	Антоціани	Флаван-3-оли	Сума флавоноїдів
Журавлина	19.46	24.44	43.40	-	67.84
Чорноплідна горобина	181.00	29.00	687.50	-	716.50
Ірга	79.95	29.65	129.39	17.52	176.56
Чорна смородина	32.17	25.29	722.00	-	747.29

Отримані дані (табл. 5) показують, що найбільший вміст фенольних речовин виявлено в плодах горобини чорноплідної. Серед поліфенольного складу переважають антоціани, частка яких становить 44.3 % (ірга)–93.0 % (чорна смородина) від

загального вмісту поліфенольних речовин (рис. 2). У всіх зразках сировини, окрім антоціанів, виявлені в фенольному складі представники груп оксикоричних кислот, флавонів та їх похідних, а в ягодах ірги – флаван-3-оли [26].

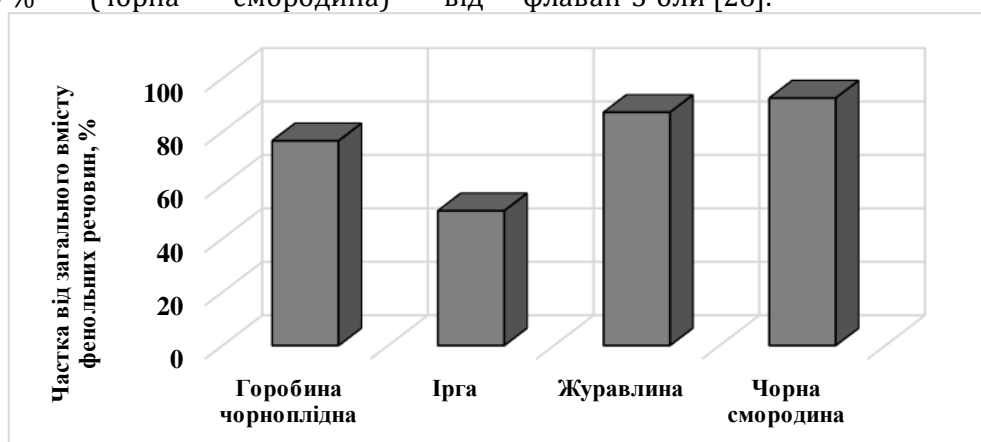


Fig. 2. Proportion of anthocyanins in the total content of phenolic compounds in fruit and berry raw materials  
Рис. 2. Частка антоціанів в загальному вмісті фенольних речовин плодово-ягідної сировини

Серед оксикоричних кислот виявлено кумарову кислоту та її похідні, хлорогенову кислоту, яка вважається однією із найпотужніших інгібіторів мікросомальних глюкозо-6-фосфат транслоказ, які використовують під час проведення хіміопрофілактики онкологічних захворювань. У складі групи флавонів домінуючим є рутин, який має антигіпертензивну, протизапальну, антиалергічну, кардіо- та гепатопротекторну, гіполіпідемічну, протипухлинну і радіопротекторну дію [26–29].

Найбільша частка антоціанів у загальному вмісті фенольних речовин фруктової сировини виявлена в ягодах журавлини та чорної смородини, частка яких становить 87.39–92.64 % від загального вмісту, які також мають високу антиоксидантну здатність.

Антоціани горобини чорноплідної (617.80 мг/100 г) та ірги (129.40 мг/100 г) представлені глікозидами ціанідинів, серед яких переважає ціанідин-3-О-галактозид. У складі антоціанів журавлини (43.40 мг/100 г)

виявлені глікозиди ціанідину та глікозиди пеонідину з трьома вуглеводами – глюкозою, галактозою та арабінозою. Переважають глікозиди пеонідину, на їх частку припадає 61.0 % від загального вмісту антоціанів. У складі чорної смородини виявлені глікозиди ціанідину та дельфінідину, домінуючим є дельфінідин-3-О-рутинозид.

Отже, аналіз хімічного складу обраної сировини підтвердив наявність у їхньому складі значного вмісту біологічно активних речовин, що свідчить про доцільність їх використання в рецептурному складі напоїв, приготованих на основі молочної сироватки.

В подальшому фруктова сировина піддавалася попередній обробці (сортуванню, миттю, а також бланшуванню гострою парою упродовж 5–10 хв в залежності від структурних особливостей сировини) і потрапляла на вилучення соку. В отриманих соках проводили дослідження фізико-хімічних показників якості, які наведені в таблиці 6.

## Quality parameters of fruit juices (n = 3, p ≤ 0.05)

Таблиця 6

## Показники якості фруктових соків (n = 3, p ≤ 0.05)

Найменування соків	Масова частка, %		Вміст, мг/100 г		рН, од. рН
	сухих речовин	титрованої кислотності	L-аскорбінової кислоти	фенольних речовин	
Журавлиновий	7.50	1.20	12.32	39.50	2.57
Ірговий	12.50	0.42	9.50	95.00	4.01
Чорноплідногоробиний	17.50	0.60	14.08	405.00	3.63
Чорносмородиновий	12.00	0.87	69.40	235.00	2.88

Аналіз даних, наведених у таблиці 6, свідчить про суттєві відмінності в фізико-хімічному складі ягід журавлини, ірги, горобини та смородини чорної, що зумовлено їх біологічними особливостями та хімічною природою.

Показник титрованої кислотності істотно різнився між зразками (0,42–1.20 %). Найвищу титровану кислотність встановлено в соці з ягід журавлини (1.20 %), що підтверджує його інтенсивно кислий смак, найнижчий показник був у соці ягід з ірги (0,42 %), що зумовлює більш м'який смак та ширші можливості використання у харчових продуктах без додаткової корекції кислотності, але й ускладнює процес теплової обробки та зберігання.

Вміст L-аскорбінової кислоти у соках значно варіював залежно від виду ягід. Найвищу концентрацію вітаміну було зафіксовано у

соку із ягід чорної смородини (69,4 мг/100 г), що підтверджує її провідне значення як природного джерела аскорбінової кислоти. Соки з ягід горобини чорноплідної (14,08 мг/100 г) та журавлини (12,32 мг/100 г) також містять у своєму складі L-аскорбінову кислоту, проте поступаються чорній смородині за цим показником, найменше вітаміну С було виявлено в соку з ягід ірги, в якому цей показник знаходився на рівні 9.50 мг/100 г.

Отримані соки також характеризувалися значним вмістом фенольних речовин, вміст яких коливався в межах 39.50 мг/100 г (журавлина)–405.00 (горобина чорноплідна). Переважаючими в їх складі були барвні речовини. Хроматограми вмісту антоціанів у соках з ягід журавлини і плодів горобини чорноплідної наведені на рис. 3.

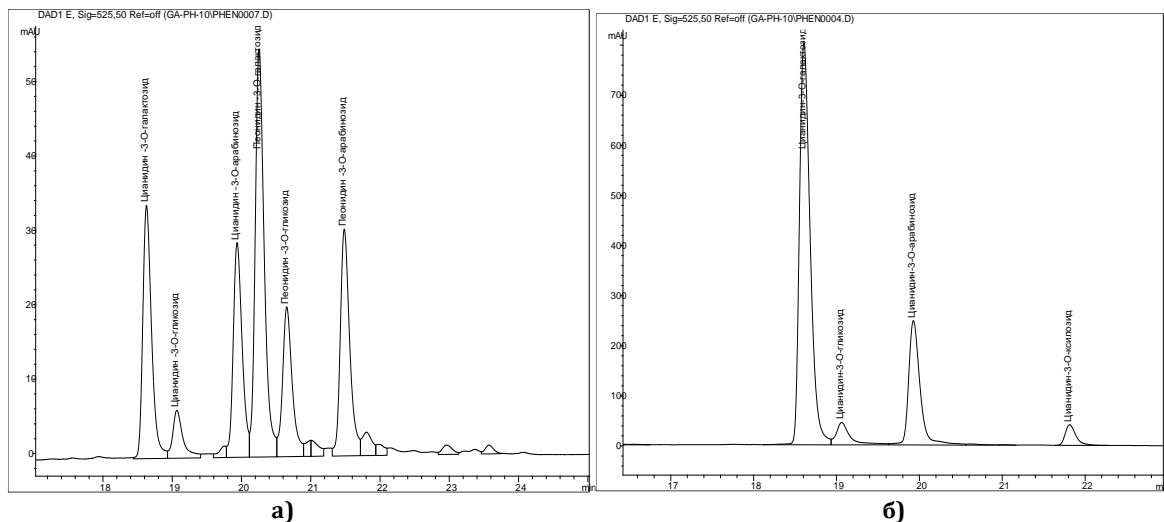


Fig. 3. Chromatograms of anthocyanin content in juices from cranberry berries (a) and black chokeberry fruits (b)  
Рис. 3. Хроматограми вмісту антоціанів у соках з ягід журавлини (a) і плодів горобини чорноплідної (b)

Мікробіологічні показники належать до одних із найважливіших, що контролюються, як у сировині, так і в готовій продукції; саме в залежності від кількісного мікробного забруднення сировини обираються оптимальні, ефективні режими пастеризації. Оскільки якість та безпечність готового

продукту залежить безпосередньо від показників вихідної сировини, були проведені дослідження мікробіологічних показників основних компонентів рецептури, зокрема молочної сироватки та фруктових соків і пюре (табл. 7).

## Microbiological parameters of raw materials

Таблиця 7

## Мікробіологічні показники сировини

Найменування показника	Сироватка сирна			Сік (пюре) з ягід			
	норма ДСТУ 7515:2014	сироватка а молочна	ДСТУ 8640:2016	журавлини	ірги	гороби-ни чорно-плідної	смородини чорної
Кількість МАФАНМ, КУО/г не більше	$2 \times 10^5$	$1.8 \times 10^3$	не нормується	$1.2 \times 10^2$	$1.9 \times 10^3$	$1.4 \times 10^3$	$1.6 \times 10^2$
БГКП (коліформи) в 1 г	не допускається	не виявлен	не нормується	не виявлено			
Патогенні м/о, у т. ч. бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 25 г	не нормується	не виявлен	не нормується	не виявлено			
Плісеневі гриби, КУО в 1 г, не більше ніж	не нормується	не виявлен	не нормується	-	$0,1 \times 10$	-	-
Дріжджі, КУО в 1 г, не більше ніж	не нормується	не виявлен	не нормується	не виявлено			

У сироватці-сировині переважають представники молочнокислої мікрофлори, яку вносять у молоко для виробництва сирів, а також мікроскопічні гриби, пропіоновокислі бактерії та дріжджі [23]. Переважаючою мікрофлорою плодів і ягід є плісеневі гриби, що пояснюється значною лабільністю їхніх ферментів та швидкістю росту міцелію. Переважання мікроміцетів обумовлюється також значною кількістю вуглеводів у фруктовій сировині, низьким вмістом білкових речовин, кислотністю (рН) клітинного соку. Пюре та соки є гарним середовищем для розвитку мікрофлори за рахунок доступності поживних речовин, високого вмісту вологи й цукрів [30]

У дослідних зразках соку з ірги були виявлені – хоч і в невеликій кількості та в

межах норми – мікроміцети. Під час мікроскопії препаратів встановлена наявність багатоклітинного міцелію та конідіальне спороношення гриба з роду *Aspergillus*. Імовірно, пов'язано це з нижчою кількістю в ягодах ірги органічних кислот, які володіють фунгітоксичними властивостями.

Результати досліджень співвідношення молочної сироватки і фруктових соків показали, що за органолептичними показниками раціональним співвідношенням сироватки і соків є 80 : 20. Відповідне співвідношення було обране під час розроблення рецептур напоїв. Рецептúra напою на основі молочної сироватки з додаванням фруктових соків (пюре) наведена в табл. 8.

Table 8

## Formulation of whey-based beverages

Таблиця 8

## Рецептура напоїв на основі молочної сироватки

Найменування напою	Найменування компонентів	Рецептура, %
Напій на основі молочної сироватки з додаванням фруктових соків (пюре)	Молочна сироватка	76.3
	Фруктовий сік (пюре)	19.1
	Цукровий сироп 50 % концентрації	4.6

Рецептурне співвідношення компонентів коливалося в залежності від виду обраного фруктового компоненту. Через надмірну солодкість ірги в рецептурі напоїв був відсутній цукровий сироп.

Органолептичні показники напоїв на основі сироватки та соків дикорослих ягід (табл. 9) за рівнем якості отримали різну кількість балів і відповідно різну комплексну оцінку. Найвищу

оцінку отримали напої на основі молочної сироватки та соку ягід журавлини ( $18.2 \pm 0.96$ ); напої із соку ягід чорної смородини та горобини чорноплідної отримали оцінки:  $17.8 \pm 0.96$  та  $17.4 \pm 1.28$  відповідно. Найнижчу оцінку отримали напої з додаванням соку ягід ірги ( $15.8 \pm 0.96$ ), які мали надміру солодкий смак.

## Organoleptic characteristics of beverages based on whey and wild berry juices

Таблиця 9

## Органолептичні показники напоїв на основі сироватки та соків дикорослих ягід

Назва показника	Напої із додаванням соку з ягід			
	журавлини	ірги	горобини	смородини
Зовнішній вигляд, консистенція	однорідна не прозора рідина	однорідна, не прозора, рідина	однорідна не прозора рідина	однорідна не прозора рідина
Запах	молочний з нотками журавлини	молочний з фруктовим ароматом	молочний з приємним фруктовим ароматом	молочний з нотками чорної смородини
Смак	легкий молочний з присмаком журавлини	слабо молочний, надміру солодкий	легкий молочний з фруктовим присмаком	легкий молочний з фруктовим присмаком
Колір	рожевий насичений	темно-роже-вий з фіолето-вим відтінком	темно бордовий	бордовий

За фізико-хімічними дослідженнями вітаміну С та мали різну титровану і активну отриманих напоїв було встановлено, що вони кислотність (табл. 10). Фотофіксація містили різну масову частку сухих речовин, отриманих напоїв наведена на рис. 4.

Table 10

## Physicochemical quality indicators of unfermented beverages based on pasteurized whey and plant juices

Таблиця 10

## Фізико-хімічні показники якості неферментованих напоїв на основі пастеризованої молочної сироватки та соків рослинної сировини

(n = 3, p ≤ 0.05)

Найменування напоїв на основі молочної сироватки	Масова частка сухих речовин, %	Титрована кислотність, °Т	Вміст мг/100 г		рН, од. рН
			L-аскорбінової кислоти	фенольних речовин	
Напій з журавлиною	13.00	82.00	2.20	10.80	3.38
Напій з іргою	5.20	73.00	1.70	20.50	4.20
Напій з чорноплідною горобиною	10.00	78.00	2.70	87.30	3.97
Напій з чорною смородиною	9.20	80.00	10.5	49.00	3.59

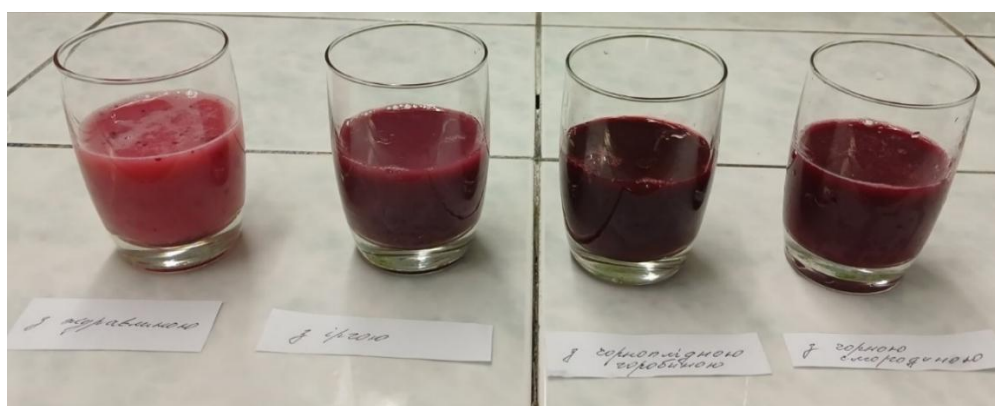


Fig. 4. Photographic documentation of beverages based on milk whey with the addition of fruit juices  
Рис. 4. Фотофіксація напоїв на основі молочної сироватки з використанням фруктових соків

Найвищу масову частку сухих речовин, яка визначає консистенцію та смакові характеристики напою, мав напій із використанням соку журавлини (13.00 %), також у ньому відмічалася і найвища титрована кислотність (82 °Т), що свідчить про збалансовану кислотно-лужну реакцію, та наявність вітаміну С (2.2 мг/100 г). Гарні показники були отримані в напої із

чорноплідною горобиною, який характеризувався високою часткою сухих речовин (10.0 %), мав найвищу кількість вітаміну С – 2.7 мг/100 г та характеризувався помірною титрованою кислотністю (78 Т), що надавало йому приємної м'якої кислинки. Напої з використанням соків з чорної смородини й ірги також характеризувалися гарними фізико-хімічними показниками, які

відповідали типовим показникам напоїв на основі молочної сироватки.

Нами були досліджені мікробіологічні показники напоїв на основі вторинної

молочної сировини й соків дикорослих ягід (рис. 5, табл. 11).



Fig. 5. Microbial growth in beverages based on whey and wild berry juices on MPA and CA  
Рис. 5. Ріст мікрофлори в напоях на основі сироватки та соків дикорослих ягід на МПА та СА

Таблиця 11

Microbiological indicators of unfermented beverages based on pasteurized dairy whey and juices (purees) of the investigated fruit raw materials

Таблиця 11

Мікробіологічні показники неферментованих напоїв на основі пастеризованої сироватки молочної та соків (пюре) із досліджуваної фруктової сировини

Найменування показника	Норма за ДСТУ 8549	напої із соком (пюре) ягід			
		журавлини	ірги	горобини чорноплідної	смородини чорної
Кількість МАФАНМ, КУО/г не більше	$1 \times 10^5$	$2.8 \times 10^2$	$3.1 \times 10^3$	$1.4 \times 10^2$	$1.9 \times 10^2$
БГКП (коліформи) в 1 г	не допускається			не виявлено	
Патогенні м/о, в тому числі бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 25 г	не допускається			не виявлено	
Плісневі гриби, КУО в 1 г, не більше ніж	50	-	$0.1 \times 10$	-	-
Дріжджі, КУО в 1 г, не більше ніж	50			не виявлено	

За результатами проведених досліджень з'ясовано, що в напоях, які рекомендуються для реалізації в закладах ресторанного господарства, кількість МАФАНМ становила  $1.4 \times 10^2$ – $3.1 \times 10^3$  КУО в 1 г, що значно нижче нормативних показників, у пробах не виявлені БГКП, патогенні мікроорганізми, в тому числі роду *Salmonella* та *Staphylococcus*.

Мікробіологічні показники досліджували також після зберігання впродовж 72 год. Результати досліджень після зберігання зразків впродовж 3-х діб за температури +2–+4 °С (табл. 12) свідчать про те, що загальне мікробне забруднення не перевищує допустимих рівнів. Це зумовлено превентивними маніпуляціями, які гальмують активний ріст мікроорганізмів, зокрема, це бланшування ягід, підвищена кислотність напоїв за рахунок наявності в їх складі органічних кислот та природних консервантів

плодово-ягідної сировини, низька температура зберігання.

Отримані результати свідчать, що загальне мікробне забруднення та кількість умовно-патогенних, патогенних мікроорганізмів і збудників псування в напоях на основі молочної сироватки в процесі зберігання протягом 72 годин знаходяться в межах вимог нормативної документації. Підвищення кількісних мікробіологічних показників продукту через 72 год зберігання до  $4.7 \times 10^3$  у напої з соком журавлини, до  $9.2 \times 10^4$  у напої з соком ірги свідчить про необхідність їх термічної обробки, проте в закладах ресторанного господарства такі напої подаються свіжоприготовленими, а для їх промислового виробництва є потреба в проведенні пастеризації.

Результати, наведені в табл. 1–12 та на рис. 1–5, є власними дослідженнями авторів.

**Microbiological indicators of unfermented beverages based on pasteurized dairy whey and juices (purees) of the investigated berries after 72 hours of storage**

Таблиця 12

**Мікробіологічні показники неферментованих напоїв на основі пастеризованої молочної сироватки та соків (пюре) із досліджуваних ягід через 72 години зберігання**

Найменування показника	Напої із соками (пюре) з ягід			
	журавлини	ірги	горобини чорноплідної	смородини чорної
Кількість МАФАНМ, КУО/г не більше	4,7×10 <sup>3</sup>	9,2×10 <sup>4</sup>	6,3×10 <sup>3</sup>	5,1×10 <sup>3</sup>
БГКП (коліформи) в 1 г	не виявлено			
Патогенні м/о, в т. ч. бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 25 г	не виявлено			
Плісеневі гриби, КУО в 1 г, не більше ніж	-	1,0×10	-	-
Дріжджі, КУО в 1 г, не більше ніж	-	-	-	-

### Висновки

Результати проведених досліджень підтверджують доцільність використання соків з різних видів ягідної сировини (журавлини, горобини чорноплідної, чорної смородини) в якості рецептурної складової у технології напоїв на основі молочної сироватки. Введення до рецептурного складу

напоїв соків з фруктової сировини виявляє статичну дію на життєдіяльність мікроорганізмів, позитивно впливає на органолептичні, фізико-хімічні показники напоїв, підвищує їх біологічну цінність та дозволяє максимально використати ресурсний потенціал вторинної молочної сировини.

### References

- [1] Bilyk, O. Ya., Dronyk, H. V. (2009). [Whey is a valuable dairy by-product used as a raw material for the production of functional food products] *Naukovyi visnyk LNUVMBT imeni S. Z. Gzhytskoho - Scientific Herald of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies named after S. Z. Gzhytskyi* 11(2/41), Ч. 5, 422–432. (in Ukrainian)
- [2] Deinychenko, H., Huzenko, V., Dmytrevskiy D., Zolotukhina I., Perekrest V. (2022). Introduction of waste-free technologies for processing secondary dairy raw materials. *Restoranni i hotelnyi konsaltnyh. Innovatsii - Restaurant and Hotel Consulting. Innovations*, 5(1), 82–96. (in Ukrainian)
- [3] Hnitsevych V. A., Nykyforov R. P., Fedotova N. A., Kravchenko N. V. (2014). [Technology of Food Products with Specified Properties Based on Secondary Dairy and Plant Raw Materials]. Monograph. Donetsk, Ukraine: Don NUET. (in Ukrainian)
- [4] Novhorodska, N. V. (2022). [Functional milk beverage based on whey]. In: *Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference "Intehratsiini ta innovatsiini napriamy rozvytku kharchovoi industrii - Integration and Innovative Directions of Food Industry Development"* (3–4 November 2022), ChNU, 44–47. (in Ukrainian)
- [5] Sydorenko, V. A. (2020). [Biotechnological approaches to the use of whey in beverages]. *Biotehnolohiia - Biotechnology*, 8(1), 23–30. (in Ukrainian)
- [6] Petrenko, N. V. (2019). [Use of whey for the development of functional beverages]. *Kharchova nauka i tekhnolohiia - Food Science and Technology*, 14(2), 45–52. (in Ukrainian)
- [7] Rybalova, O. V., Pavlenko, V. S. (2024). [Ecological aspect of whey utilization at enterprises in France and Ukraine]. In: *Social Communications in the Conditions of Globalization of Society: Challenges and Prospects*. Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference (September 23–25, 2024, Lyon), 190–193.
- [8] Akhundova, N. A., Babashli, A. (2025). Development of a production technology for functional beverages based on whey enriched with natural juices from plant-based raw materials. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(11 (137)), 86–93. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.338568>
- [9] Ahmed, T., Sabuz, A. A., Mohaldar, A., Fardows, H. M. S., Inbaraj, B. S., Sharma, M., Rana, M. R., Sridhar, K. (2023). Development of a novel mixed beverage based on whey and mango: effect of storage on physicochemical, microbiological, and sensory characteristics. *Foods*, 12(2), 237. <https://doi.org/10.3390/foods12020237>
- [10] Shymkiv, O. S., Kravets, O. I. (2024). [Processing and use of whey as a factor of sustainable development of the dairy industry]. In: *Materialy XIII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh uchenykh ta studentiv "Aktualni zadachi suchasnykh tekhnolohii"* (11–12 December 2024), Ternopilskiyi natsionalnyi tekhnichnyi universytet imeni Ivana Puliui - Ternopil National Technical University named after Ivan Puliui, p. 350. (in Ukrainian)
- [11] Bandara, T. A., Munasinghe-Arachchige, S. P., Gamlath, S. J. (2023). Fermented whey-based beverages: a review of technological foundations, current developments, and nutritional potential. *International Journal of Dairy Technology*, 76(4), 737–757. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12993>
- [12] Buchanan, D., Martindale, W., Romey, E., Hebishi, E. (2023). Recent advances in whey processing and valorization: technological and environmental aspects. *International Journal of Dairy Technology*, 76(2), 291–312. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12935>
- [13] Islam, M. Z., Tabassum, S., Harun-ur-Rashid, M., Vegarud, G. E., Alam, M. S., Islam, M. A. (2021). Development of a probiotic beverage using whey and

- pineapple (*Ananas comosus*) juice: sensory, physicochemical properties and probiotic survival during in vitro gastrointestinal digestion. *Journal of Agriculture and Food Research*, 4, 100144. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100144>
- [14] Kotsaki, P., Aspri, M., Papademas, P. (2025). Novel fermented whey-based beverage enriched with juice concentrates: antimicrobial, antioxidant and ACE-inhibitory activities before and after simulated gastrointestinal digestion. *Microorganisms*, 13(7), 1490. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13071490>
- [15] Leon-Lopez, A., Perez-Marroquin, J. A., Estrada-Fernandez, A. G., Campos-Losada, G., Morales-Penalosa, A., Campos-Montiel, R. G., Aguirre-Alvarez, G. (2022). Whey protein hydrolysates as high value-added natural polymers: functional properties and applications. *Polymers*, 14(6), 1258. <https://doi.org/10.3390/polym14061258>
- [16] Mirzakulova, A., Sarsembayeva, T., Suleimenova, Z., Kowalski, L., Gajdzik, B., Wolniak, R., Bembenek, M. (2025). Whey: composition, processing, utilization and perspectives in functional and beverage applications – a review. *Foods*, 14(18), 3245. <https://doi.org/10.3390/foods14183245>
- [17] Naik, B., Kohli, D., Walter, N., Gupta, A. K., Mishra, S., Khan, J. M., Saris, P. E. J., Irfan, M., Rustagi, S., Kumari, V. (2023). Development and storage stability of a functional whey-based carrot beverage. *Journal of King Saud University – Science*, 35(6), 102775. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102775>
- [18] O'Donoghue, L. T., Murphy, E. G. (2023). Non-dairy utilization routes of whey and whey permeates: direct and indirect applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22(4), 2652–2677. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13157>
- [19] Soumati, B., Atmani, M., Benabderrahmane, A., Benjelloun, M. (2023). Whey valorization: innovative strategies for sustainable development and high value-added products. *Journal of Ecological Engineering*, 24(10), 86–104. <https://doi.org/10.12911/22998993/169505>
- [20] Sychevskyi, M., Romanchuk, I., Minorova, A. (2019). Whey processing: prospects in Ukraine. *Food Science and Technology*, 13(4), 58–68. <https://doi.org/10.15673/fst.v13i4.1557>
- [21] Khomych, H. P., Tkach, N. I. (2009). [*The use of wild raw materials to provide food products with biologically active substances*]. Monograph. Poltava: Poltava University of Economics and Trade (PUSKU). (in Ukrainian)
- [22] Khomych, H. P., Kaprelyants, L. V. (2013). [*Phenolic compounds of wild fruits and berries: composition, properties, changes during processing*]. Monograph. Poltava: PUET. (in Ukrainian)
- [23] Borba, K. K. S., Gadêlha, T. S., Sant'Ana, A. M. S., Pacheco, M. T. B., Pinto, L. S., Madruga, M. S., Medeiros, A. N., Bessa, R. J. B., Alves, S. P. A., Magnani, M., Pimentel, T. C. (2022). Fatty acid profile, essential amino acids, minerals and proteins in goat cheese whey: influence of housing system. *Small Ruminant Research*, 217, 106842. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106842>
- [24] Zhakupova, G., Kakimov, M., Tultabaeva, T., Sagandyk, A., Shoman, A. (2023). Study of the effect of juices from wild raw materials of Northern Kazakhstan on the chemical composition of whey-based beverages. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(11/125), 42–50. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.290095>
- [25] Borodai, A. B., Khomych, G. P., Horobets, O. M., Nakonechna, Yu. G., Matsuk, Yu. A. (2024). Use of different types of currants as an ingredient structure creators. *Journal of Chemistry and Technologies*, 32(2), 320–332. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v32i2.302520>
- [26] Brown, J. M., Keller, S. T., Thompson, M. A. (2023). Polyphenolic profiles of a variety of wild berries from the Pacific Northwest region of North America. *Current Research in Food Science*, 6, 100564. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100564>
- [27] Zhang, Y., Li X., Wang J. (2023). Studies of value in use, chemical compositions, biological and pharmacological activities, and quality control of *Rubus* berries: a comprehensive review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 124, 105707. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105707>
- [28] Yamamoto, T., Suzuki, K., Sato, H. (2024). Anthocyanins and the antioxidant capacities of wild berries that grow in Shizuoka, Japan. *International Journal of Fruit Science*, 24(1), 1–15. <https://doi.org/10.1080/15538362.2024.2348716>
- [29] Salazar, M. C., Ramos, J. P., Gutierrez, L. E. (2024). Study of the physicochemical characteristics, antimicrobial activity, and in vitro multiplication of wild blackberry species from the Peruvian highlands. *Scientific Reports*, 14, 54058. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54058-0>
- [30] Chen, Y., Li X., Zhang, Y. (2023). Effects and mechanisms of plant bioactive compounds in preventing fungal spoilage and mycotoxin contamination in postharvest fruits: a review. *Food Chemistry*, 415, 135787. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135787>