

УДК 664.8.037.5(02)

## MULBERRIES: THE HEALTHY EFFECTS OF BIOCOMPONENTS AND MINIMIZING THEIR LOSSES DURING STORAGE

G. Simakhina, <http://orcid.org/0000-0002-7836-3114>N. Naumenko, <http://orcid.org/0000-0002-7340-8985>*National University of Food Technologies***Key words:**

*Mulberries*  
*Anthocyanins*  
*Biological value*  
*Functional properties*  
*Biochemical composition*  
*Technology*

**Article history:**

Received 04.11.2025

Received in revised form  
17.11.2025

Accepted 01.12.2025

**Corresponding author:**

G. Simakhina

**E-mail:**

lyutik.0101@gmail.com

**Citation:** Сімахіна Г. О.,  
Науменко Н. В. (2025).  
Ягоди шовковиці: оздо-  
ровчі ефекти біокомпо-  
нентів та мінімізація їх  
втраг при зберіганні.  
*Наукові праці НУХТ*,  
31(6), 268—284.  
DOI: 10.24263/2225-  
2924-2025-31-6-20

**ABSTRACT**

The global trend of healthy nutrition, whose triumphal development started from the late 1990s, sets the new challenges before food industry in the majority of countries, including Ukraine. The healthy nutrition sphere is oriented at the total increase of natural-base food production (without harmful artificial additives), of foodstuffs fortified with complex natural additives, and the broad consumption of superfoods. To accomplish these requirements, it is needed to constantly turn to the plant world, reveal and study the less explored plants, as well as investigate the raw materials that were beyond the interests of scientists and producers during the last decades; this is what becomes the relevant, essential and multi-faceted trend, especially in terms of healthy nutrition sustainable development.

Mulberries are the specimen of such underrated cultures in Ukraine, albeit quite popular and widely studied abroad; it can be proved by the large list of publications that make possible to evaluate this culture on the new level and hence to include it into the food technology sphere.

The purpose of this work is to examine the domestic mulberry sorts, which is to estimate the berries by the amount of the main biologically active components (ascorbic acid, bioflavonoids including anthocyanins); to display their behavior dynamics in order to select the most effective method to store them with minimal losses of the substances researched; to outline the range of mulberries usage in food industry.

Regarding the amounts of antioxidants according to the data obtained, the studied berries are not inferior to such recognized leaders as raspberries, blackberries and bilberries. Mulberry preservation by freezing, with the usage of cryoprotectants, provided the minimal biocomponent losses during 9—12-month storage; the losses of ascorbic acid were from 20.2 to 24.8 percents (for different sorts), bioflavonoids from 11.5 to 12.3 percents, anthocyanins from 6.7 to 15.6 percents. Therefore, substantiated are the conclusions on the perspectives to use mulberries for multi-purpose healthy food products, as well as for natural colorants.

**DOI:** 10.24263/2225-2924-2025-31-6-20

## ЯГОДИ ШОВКОВИЦІ: ОЗДОРОВЧІ ЕФЕКТИ БІОКОМПОНЕНТІВ ТА МІНІМІЗАЦІЯ ЇХ ВТРАТ ПРИ ЗБЕРІГАННІ

Г. О. Сімахіна, <http://orcid.org/0000-0002-7836-3114>

Н. В. Науменко, <http://orcid.org/0000-0002-7340-8985>

Національний університет харчових технологій

*Світовий тренд здорового харчування, тріумфальний розвиток якого почався з кінця 1990-х років, ставить нові виклики перед харчовою промисловістю більшості країн світу, в тому числі України. Сфера здорового харчування орієнтована на тотальне збільшення виробництва продуктів на натуральній основі (без застосування шкідливих штучних добавок); продуктів, збагачених комплексними натуральними добавками; широке вживання суперфудів. Для реалізації цих вимог необхідно постійно звертатись до рослинного світу, виявляти і вивчати малодосліджені рослини; на сучасному рівні знань досліджувати сировину, яка в останні десятиліття залишалася поза увагою науковців і виробників. Саме це є сьогодні актуальним, важливим і багатоплановим напрямом, зокрема з точки зору сталого розвитку індустрії здорового харчування. Характерним прикладом такої недооціненої культури є шовковиця. Хоча за кордоном вона досить популярна і є предметом досліджень багатьох науковців, про що свідчить значний перелік сучасних публікацій, які надають можливість на новому рівні оцінити цю культуру і залучити до сфери харчових технологій.*

*Метою дослідження є вивчення вітчизняних сортів шовковиці: заплановано оцінити ягоди за вмістом основних біокомпонентів (аскорбінової кислоти, біофлавоноїдів та їхньої окремої групи — антоціанів); динаміку поведінки для вибору найбільш ефективного способу зберігання з мінімальними втратами досліджуваних сполук; окреслити спектр використання ягід шовковиці в харчовій промисловості.*

*За отриманими результатами вмісту сполук антиоксидантів досліджені сорти ягід практично не поступають таким визнаним лідерам, як малина, ожина, чорниця. Консервування шовковиці заморожуванням із застосуванням сполук-кріопротекторів забезпечило мінімальні втрати біокомпонентів при зберіганні протягом 9—12 місяців: за аскорбіновою кислотою втрати становлять від 20,2 до 24,8% (для різних сортів), за біофлавоноїдами — від 11,5 до 12,3%, за антоціанами — від 6,7 до 15,6%. Тому обґрунтованими є висновки щодо перспективності використання ягід шовковиці для виробництва оздоровчих продуктів різноспрямованої дії, а також як природних барвників.*

**Ключові слова:** шовковиця, антоціани, біологічна цінність, функціональні властивості, біохімічний склад, технологія.

**Постановка проблеми.** На ранніх стадіях розвитку людської цивілізації головним джерелом харчування та лікування були рослини. Збираючи різноманітні коріння, трави, плоди, наші предки втамовували голод і позбавлялись від страждань, яких завдавали їм різні хвороби. Поступово, з розширенням спектру рослин,

які використовувала людина, було помічено, що деякі із них заспокоюють біль чи допомагають при розладі функцій окремих органів. Життєва необхідність змусила людство вивчати цілющі властивості рослин. І першим учителем стала природа, а першою аптекою — ліси та поля.

Саме життя нагадало нам, що ми — діти Природи, що відхід від неї негативно позначається на нас самих, насамперед на нашому здоров'ї. Людство вкотре пере-свідчилося, що в системі «людина — природа — здоров'я» провідна роль у підтриманні здоров'я належала, належить і належатиме рослинному світові у всьому розмаїтті його харчових і лікарських видів. Бо у єдиному ланцюгу життя рослинні матеріали — ланка не лише необхідна, а найбільш споріднена із живим організмом. У ході тривалої еволюції людина якнайкраще пристосувалася до рослинного світу, тому рослинна їжа та рослинні ліки легко й природно включаються до процесу її життєдіяльності.

Серед усього розмаїття сільськогосподарської рослинної сировини великою популярністю користуються ягоди — дикорослі і культивовані. І це зрозуміло. Саме в ягодах біологічно активні речовини (БАР) перебувають у такому оптимальному співвідношенні, що вони одразу і повністю включаються в метаболізм людського організму, справляючи на нього позитивні фізіологічні впливи. У ягодах із темно-фіолетовим забарвленням (у тому числі у винограді) синтезується найбільше антоціанів — одних із найпотужніших антиоксидантів, які також є природними барвниками.

Обсяги заготовленої і переробленої за останні роки ягідної сировини свідчать про те, що основна увага приділяється декільком її видам: малині, лохині, чорниці, чорній смородині. А ягоди шовковиці, які ще у 50—80-х роках минулого століття були бажаними ласощами, чомусь утратили свою популярність і випали з поля зору харчової індустрії. Хоча навіть побіжний аналіз біохімічного складу ягід шовковиці, оздоровчих ефектів її біокомпонентів, можливість використовувати як поліфункціональні збагачувачі харчових середовищ, а також природні барвники, показує необхідність повернутися до цієї культури; на рівні сучасних знань оцінити її позитивні впливи на організм людини й обґрунтувати перспективи застосування як у харчовій промисловості, так і в домашніх господарствах.

Як свідчить аналіз наведених нижче літературних джерел, поки що мало праць українських науковців, присвячених вивченню унікальних властивостей ягід шовковиці, розробленню оптимальних варіантів її зберігання та перероблення на високоякісні безпечні продукти. Навіть солідний журнал «Медична та клінічна хімія» як основні джерела антоціанів визначає ягоди бузини, чорноплідної горобини, чорниці, смородини та винограду (Кузьмак, 2021). Автори (Єжов, & Гриник, 2020) розглядають біохімічні аспекти селекції лише популярних ягідних культур: малини, ожини, чорної смородини, порічок. Однією з причин байдужого ставлення і науковців, і виробників до такої цінної ягоди, як шовковиця, може бути той факт, що розпорядженням Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2007 року №761-р Інститут шовківництва УААН було ліквідовано.

Наведені дані підкреслюють актуальність, важливість і багатоаспектність обраного в статті напрямку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Шовковиця або тутовник — рослина, чие листя служить їжею для знаменитого тутового шовкопряда, відома в Середній Азії також під назвою цар-дерева за свої унікальні лікувальні та оздоровчі

властивості. Ягоди шовковиці, незважаючи на досить високий вміст моно- та дисукрів (до 10%), відносять до низькокалорійних — 43 ккал/100 г; незначна кількість жирів (до 0,4%) та білків (1,5%).

Та неперевершені властивості ягід шовковиці визначаються наявністю цінних мікро- та макроелементів. Мінеральна компонента ягід представлена аніонами калію (190—200 мг/100 г), кальцію (40—50 мг/100 г), фосфору (35—40 мг/100 г), магнію (75—80 мг/100 г), заліза (10—12 мг/100 г). Кожен із цих мінералів справляє позитивний вплив на певні органи та системи організму людини. З метою популяризації використання цих ягід у вітчизняній промисловості, у домашніх господарствах і мотивації споживачів до введення шовковиці до раціонів харчування, варто дати детальнішу характеристику мінеральних складових ягід.

Калій, який надходить в організм у складі харчових продуктів, нормалізує рівень рідини в клітинах, стабілізує артеріальний тиск, поліпшує постачання мозку киснем, знижує ефективність вияву алергічних реакцій (Hallberg et al., 2016). Кальцій — основний будівельний матеріал для кісток (Cornick et al., 2021), м'язів, зубів; він регулює серцевий ритм та артеріальний тиск, допомагає знизити індекс маси тіла, поліпшує загальне самопочуття.

Фосфор у складі ягід шовковиці — життєво необхідний елемент, бере участь у формуванні здорової кісткової тканини, запобігаючи розвитку таких небезпечних хвороб, як рахіт (Sugiura et al., 2004), остеохондроз, поліпшує діяльність головного мозку і навіть захищає від хвороби Альцгеймера (Parasoglou et al., 2022). Магній розслаблює м'язи (Guerrera et al., 2009), долаючи судоми і болі в суглобах, стабілізує артеріальний тиск. Сучасні дослідження свідчать, що дефіцит цього елемента може спровокувати розвиток аутизму та нервових захворювань (Gröber et al., 2015). Ягоди містять також багато клітковини (до 3%), яка оздоровлює кишечник та організм в цілому (Otlés, & Ozgoz, 2014) та корисні органічні кислоти — яблучну, лимонну, винну, саліцилову. У зрілих ягодах міститься унікальний антиоксидант, природний фітоалексин — ресвератрол. Ця сполука надзвичайно важлива у боротьбі та профілактиці хронічних захворювань, пов'язаних із запаленням (Otlés, & Ozgoz, 2014; Malaguarnera et al., 2019).

Вітамін С не синтезується в ягодах шовковиці у значних кількостях (50—60 мг на 100 г), однак це складає половину добової потреби організму людини за вітчизняними нормами, згідно з наказом «Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах і енергії» (наказ МОЗ України № 1073 від 03.09.2017). Вітамін С володіє потужною омолоджувальною дією — стимулює вироблення тканинами власного колагену, сповільнює процес їх старіння, поліпшує когнітивні функції (Travica et al., 2017), прискорює процеси регенерації тканин, підвищує імунітет, має потужні протипухлинні властивості (Fritz et al., 2014), що обґрунтовує доцільність включення ягід шовковиці та продуктів на її основі до раціонів харчування онкохворих.

Великого значення нині набуває інтеграція підходів молекулярної біології, генетики, нанотехнологій і біохімії, що є перспективним напрямом у боротьбі з передчасним старінням та віковими захворюваннями. Так, на новому рівні розглядаються питання, пов'язані з характеристикою теломерів — захисних структур на кінцях хромосом, які регулюють старіння клітин, запобігання втраті генетичної

інформації. Їх поступове скорочення з кожним поділом клітин є основою клітинного старіння та розвитку серцево-судинних хвороб, нейродегенеративних захворювань і раку (Порубльова, 2006).

Хронічний стрес прискорює скорочення теломер через активацію запальних процесів і підвищення рівня оксидативного стресу (Мідловець, & Красенков, 2024). Цю тезу варто завершити на оптимістичній ноті, оскільки сучасними науковими дослідженнями виявлено ряд зовнішніх чинників, які позитивно впливають на довжину теломер, сповільнюючи, відповідно, старіння клітин. І одним із таких чинників є вітамін С, зважаючи на його потужні протизапальні та антиоксидантні властивості, які виявлено і в ягодах шовковиці.

Ягоди шовковиці входять до переліку тих натуральних продуктів (суперфудів), які позитивно впливають на рівень глюкози в крові і використовуються при лікуванні цукрового діабету (Setiyorini et al., 2022). Важливим ефектом вживання ягід шовковиці є також їхня здатність знижувати рівень «шкідливого» холестерину і зменшувати ступінь накопичення ліпідів у тканинах організму навіть при вживанні жирної їжі (Wu et al., 2013). В умовах воєнного стану 2022—2025 рр. ягоди шовковиці є необхідними у раціоні харчування населення України (особливо військовослужбовців), зважаючи на їхню здатність знімати напругу, оксидативний стрес та депресивні вияви (Sakagami et al., 2006), виявляти терапевтичну ефективність у лікуванні неврологічних і психічних захворювань (Manzoor et al., 2022), підвищувати розумову і фізичну працездатність (Jiang et al., 2013). Оздоровчі ефекти ягід шовковиці, зумовлені наявністю алкалоїдів, флавонолів, антоціанів, виявляються у потужних гепатопротекторних властивостях (Zhang et al., 2018).

Природа створила натуральні противірусні препарати у вигляді смачних і соковитих ягід шовковиці: щодо вірусів грипу (Lee et al., 2014) і навіть для посилення дії фармпрепаратів у лікуванні ВІЛ-інфекцій (Sakagami et al., 2007).

Варто згадати про ягоди шовковиці і при розгляді питань профілактики та лікування захворювань неврологічного спектру, передусім хвороб Паркінсона та Альцгеймера. Доказова медицина довела, що когнітивні порушення — це не наслідок старості, а результат довгих років постійної шкоди, що ми завдаємо мозкові, і дефіциту необхідних для нього поживних сполук. Сучасні ліки лише зменшують прояви і симптоми цих хвороб на обмежений період часу.

За словами Ліси Москоні, авторки книги «Їжа для мозку. Наука розумного харчування», їжу для мозку можна розділити на хорошу й погану. Науковиця вважає, що є сенс говорити про нейрохарчування, або харчування для мозку (Москоні, 2019). Зважаючи на біокомпонентний склад ягід шовковиці, результати численних медичних експериментів, які підтверджують високу ефективність шовковиці і продуктів на її основі (Tam et al., 2021), можна прогнозувати, що вони стануть складником нейрохарчування і чудовим, дешевим та доступним засобом продовжити молодість мозку, а отже і молодість організму загалом.

На жаль, тенденція до розвитку і розповсюдження онкологічних хвороб, особливо раку молочної залози, постійно зростає. І тому жіночий організм постійно потребує продуктів, багатих на поліфенольні сполуки (зокрема кумарини та ресвератрол). Їх наявність у ягодах шовковиці зумовлює потужну протипухлинну активність й обґрунтовує необхідність споживання для профілактики і терапії різноманітних онкологічних хвороб (Wan et al., 2023; Cheng et al., 2020). Цілорічне споживання ягід шовковиці, особливо білих сортів, рекомендується для зниження

артеріального тиску, як досить дієвої і безпечної для здоров'я пацієнтів альтернативи фармацевтичним препаратам (Wang et al., 2019). А ось шовковиця чорних сортів нормалізує роботу кишківника: незрілі плоди швидко долають напади печії, зрілі — нейтралізують інтоксикацію при отруєннях і зупиняють діарею, а перезрілі — справляють послаблюючий і сечогінний ефекти (Akhlraq et al., 2016).

При такому солідному переліку позитивних впливів ягід шовковиці на більшість систем та органів організму людини, протипоказань до їх уживання небагато: алергічні реакції, зниження артеріального тиску (що небажано гіпотонікам) та обмеження споживання хворим на діабет (Papia et al., 2020).

**Мета дослідження:** на основі аналізу літературних джерел та власних наукових досліджень оцінити якісно і кількісно основний біокомпонентний склад ягід шовковиці з точки зору впливу на окремі системи та органи організму людини; запропонувати спосіб тривалого зберігання ягід з мінімальними втратами їхньої харчової та біологічної цінності; окреслити спектр їх використання в харчовій та переробній промисловостях для виробництва продукції антиоксидантної, імуномодулюючої, загальнозміцнюючої дії.

**Матеріали і методи.** Для досліджень обрано такі сорти шовковиці: «Чорний принц» — найсмачніша ягода. Цей сорт славиться мінімальними експлуатаційними витратами, досить рано починає плодоносити, за будь-яких умов забезпечує велику кількість ягід, кожна вагою до 7 г. На цей сорт варто звернути увагу підприємцям, які самі вирощують ягоди для подальшого заморожування; сорт «Галіція» привернув нашу увагу тому, що є надбанням українських селекціонерів, зокрема Галини Бабаєвої (завідувачка відділу шовківництва та технічної ентомології, кандидатка сільськогосподарських наук). Це теж темно-фіолетова ягода, яка априорі містить значні концентрації антоціанів, як і сорт «Чорний принц»; третій предмет досліджень — сорт «Рожева принцеса», декоративно привабливі ягоди вагою 3—5 г, бездоганні з естетичної точки зору.

Держстандарт на ягоди шовковиці в Україні регулюються ДСТУ 8309 2015 «Шовковиця свіжа. Технічні умови». Цей стандарт визначає вимоги до якості, сортування, пакування й транспортування свіжих ягід.

Досі не розроблено об'єктивних критеріїв оцінювання органолептичних показників свіжих ягід у зіставленні із замороженими. Діє лише один стандарт — ДЕСТ 8756:1 «Продукти харчові консервовані. Методи визначення органолептичних показників», який не враховує постійного зростання вимог до якості сировини і готових продуктів, а замороженим напівфабрикатам взагалі не приділено уваги. Тому в пропонованій статті розроблено такі пропозиції (табл. 1 і 2).

*Таблиця 1. Характеристика основних органолептичних показників свіжих та заморожених плодів і ягід*

Показник	Ягоди шовковиці	Характеристика
Зовнішній вигляд	Свіжі	Чисті, свіжі, з плодоніжками, однорідні за ступенем зрілості (без незрілих і перезрілих), відповідної форми
	Заморожені	Чисті, заморожені, з наявністю сизуватого нальоту, тургор пружний, не зім'яті, форма — збережена

Продовження таблиці 1

Смак	Свіжі	Властивий цьому виду, без стороннього смаку, кислий, солодкий, пряний або їх комбінації
	Заморожені	Властивий певному виду, без стороннього смаку, смак — кислий, солодкий, пряний або їх комбінації; внаслідок холодового стресу смак може дещо змінюватись
Колір	Свіжі	Властивий певному виду, відповідає з'ємній зрілості, інтенсивність кольору є маркером зрілості
	Заморожені	Властивий певному виду, відповідає з'ємній зрілості, інтенсивність кольору є маркером зрілості; відсутнє відхилення від природного кольору; можливе посилення інтенсивності кольору за рахунок синтезу антоціанів як реакції плоду на холодовий стрес
Стан поверхні	Свіжі	Суха, чиста, без захворювань та ушкоджень шкірниками, без ознак в'янення; залежно від помологічного сорту може бути зволожена; з'ємної зрілості та забарвлення; покривна тканина ніжна
	Заморожені	Чиста, дещо зволожена, з природним тургором, без ушкоджень покривної тканини, з'ємної зрілості та забарвлення, без утрат клітинного соку
Аромат	Свіжі	Властивий певному виду (слабкий, сильний, тонкий, ніжний)
	Заморожені	Властивий певному виду (слабкий, сильний, тонкий, ніжний); може посилюватись у результаті холодового стресу

Запропоновані органолептичні показники свіжих плодів і ягід рекомендовано оцінювати за розробленою 5-бальною шкалою (табл. 2).

Таблиця 2. Бальна оцінка органолептичних показників заморожених ягід шовковиці

Показник	Співвідношення характеристики і кількості балів				
	5	4	3	2	1
Зовнішній вигляд	чисті, заморожені, з сизуватим нальотом, тургор пружний, цілісність покриву не порушена, форма збережена	чисті, рівномірно заморожені, тургор пружний, примятих не більше 2—3%	чисті, рівномірно заморожені, деяка частина матеріалу (до 5%) деформована	сизо-бурий наліт, значна деформація та порушення цілісності	більшість об'єктів деформовані, наявні мікробні ушкодження
Смак	відсутність стороннього присмаку, смак ідентичний свіжим об'єктам	наявний ледь помітний сторонній присмак як результат холодового стресу	сторонній присмак більш інтенсивний	виражений сторонній присмак з появою гіркої післясмаку	різкий неприємний сторонній смак

Колір	інтенсивний, насичений, відповідає з'ємній зрілості, можливе посилення інтенсивності за рахунок синтезу антоціанів при холодовому стресі	відповідає даному сорту, насичений, можливе легке знебарвлення	знебарвлення більш виражене, можливе незначне побуріння верхнього шару	істотне знебарвлення, втрата природного кольору, об'єкти набрали бурого забарвлення	побуріння значної частини ягід, колір непрямий
Стан поверхні	без дефектів та ушкоджень кристалами льоду, без тріщин, без утрат клітинного соку, без зміни форми ягід	без дефектів та ушкоджень, без утрат клітинного соку	дещо змінена форма, трапляються прим'яті екземпляри (до 5%)	Ступінь деформації вищій, прим'яті екземплярів до 10%; форма значно змінена	деформованих ягід понад 10%, решта мають ушкодження поверхні
Аромат	властивий свіжому ягодам, може посилюватись у результаті синтезу біологічно активних сполук під впливом холодового стресу; без сторонніх запахів	натуральний, без сторонніх запахів, може депо ослаблюватись	помітний сторонній запах з одночасним ослабленням натурального аромату	слабкий натуральний аромат з переважанням стороннього запаху	досить виражений сторонній запах як результат негативних ферментативних процесів

**Примітка:** заморожені ягоди, які оцінено в 3 бали, придатні до нетривалого зберігання (до 1 місяця), а ті, які отримали 1 і 2 бали, не придатні до зберігання і повинні направлятись на перероблення (виробництво джемів, варення, торе тощо).

**Спосіб зберігання ягід шовковиці з мінімальними втратами біокомпонентів.** Ягоди шовковиці містять 80—87% води, тому термін їх зберігання у свіжому вигляді навіть у регульованому газовому середовищі не перевищує 5 діб. Для використання цінної ягоди впродовж року в раціонах харчування необхідні надійні способи її консервування. Світовий і вітчизняний досвід однозначно стверджують (Українець, Сімахіна, Науменко, & Камінська, 2019), що альтернативи низькотемпературним способам зберігання і перероблення сільськогосподарської сировини не існує, принаймні на найближчі десятиріччя. Тому ягоди шовковиці консервували заморожуванням при  $-33...-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  і в такому вигляді зберігали за температури  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}...-24\text{ }^{\circ}\text{C}$  протягом тривалого часу (9—12 місяців) в герметичній упаковці.

Процес заморожування здійснювали за розробленою технологією з використанням сполук-кріопротекторів (Сімахіна, 2024). Попереднє оброблення ягід здійснювали водним 10-відсотковим розчином глюкози як ефективного проникаючого кріопротектора (Жегунов, 2021), спільно з 1-відсотковим розчином лимонної кислоти, протягом 40—60 хв за температури 20 °С після миття та очищення ягід від сторонніх домішок.

Визначення вмісту основних біокомпонентів у свіжих і заморожених ягодах шовковиці здійснювали за загальноприйнятими методами (Abubakar, 2020).

Аскорбінову кислоту визначали титриметричним методом, заснованим на екстрагуванні аскорбінової кислоти з дослідного зразка за допомогою розчину кислоти (хлороводневої, метафосфорної або суміші оцтової та метафосфорної кислот) із подальшим візуальним або потенціометричним титруванням із розчином 2,6-дихлорфенолфеноляту натрію (Majidi et al., 2016).

Вміст біофлавоноїдів визначали за загальновідомою методикою з використанням реактиву Folin-Ciocalteu (Viña et al., 2006) спектрофотометричним методом.

Визначення загальної кислотності ґрунтується на титруванні екстракту з досліджуваної сировини розчином 0,1 н лугу в присутності індикатора фенолфталеїну, а результати перераховують на яблучну кислоту.

Визначення вмісту цукрів проводили фотоколориметричним методом, заснованим на взаємодії карбонільних груп цукрів у лужному середовищі із залізоцианідним калієм, і вимірюванні оптичної щільності отриманого розчину на фотоелектроколориметрі.

Визначення вмісту антоціанів в екстрактах ґрунтується на застосуванні рН-диференційної спектроскопії. Сумарну масову концентрацію антоціанів визначали на основі зміни ступеня поглинання світла з довжиною хвилі 510 нм при зміні кислотності розчину від рН 1 до рН 4,4. Масову частку суми антоціанів розраховували в перерахунку на ціанідин-3-глюкозид за формулою (Horbowicz et al., 2008).

**Виклад основних результатів дослідження.** Найважливішими видами ягід шовковиці є ті, котрі багаті на аскорбінову кислоту, біофлавоноїди, антоціани, мінеральні елементи. Вони мають різне забарвлення — від біло-фіолетового (*Morus alba L.*) до темно-фіолетового (*Morus nigra L.*) Популярними є також ягоди *Morus rubra L.* Досить високий вміст цукрів (особливо від *Morus alba*) і незначна кислотність забезпечують ягодам оптимальне значення глюкоацидометричного індексу, що й визначає їхні виняткові смакові властивості.

З точки зору антиоксидантних властивостей, пріоритет належить виду *Morus nigra*, завдяки високій концентрації антоціанів, які зумовлюють темно-фіолетове забарвлення. Загалом відомо понад 50 видів дикорослих і культивованих ягід; в Україні поширені шовковиця чорна, рожева і біла.

Шовковиця поки що не набрала такої популярності, як ожина, малина, чорниця, хоча за врожайністю, транспортабельністю та корисними властивостями шовковиця не поступається цим культурам, а в деяких випадках навіть переважає їх, про що свідчать результати виконаних нами експериментальних досліджень.

Відомо, що смак і запах продукту, які передусім оцінює споживач, визначається співвідношенням у плодах і ягодах цукрів та органічних кислот, що характеризується глюкоацидометричним (глюкозоксицидометричним) індексом. Тобто в усіх дослі-

джуваних матеріалах необхідно передусім визначити вміст загальних цукрів і кислот, зважаючи на той факт, що оптимальним є їхнє співвідношення як 6—7 : 1. За показниками глюкоацидометричного індексу в зоні оптимальних значень виявились ягоди шовковиці (сорт Чорний принц і Галіція) та ожини. У ягодах малини та чорниці цей показник перевищено.

Таблиця 3. Хімічний склад свіжих ягід шовковиці (збір травень—липень 2025 р.)

Зразки	Вміст цукрів, %	Вміст кислот, %	Вміст, мг/100 г			ГАІ
			Аскорбінова кислота	Біофлавоноїди	Антоціани	
Ягоди шовковиці						
Чорний принц	7,6	1,2	68,4	915,4	405,0	6,33
Галіція	8,1	1,25	53,8	782,0	346,0	6,48
Рожева принцеса	8,9	1,1	40,5	658,8	98,4	7,56
Інші ягоди						
Чорниця	7,5	0,88	47,6	845,8	408,2	8,52
Малина	8,4	1,05	58,6	744,5	384,6	8,0
Ожина	8,6	1,22	66,5	908,0	458,0	7,05
НІР <sub>0,5</sub>	0,8	1,1	1,5	1,3	0,9	

Досліджувані культури мають досить високий вміст аскорбінової кислоти і біофлавоноїдів. Причому, за деякими винятками, спостерігається кореляція між вмістом цих двох біокомпонентів для кожного виду рослин. На думку науковців, динамічна рівновага такої системи може перебувати у стійкому стані лише при певних концентраційних співвідношеннях флавоноїдів і аскорбінової кислоти. Зміна концентрації одного з компонентів системи викликає зсув рівноваги в той чи той бік і призводить до ослаблення стабілізаційного чинника обох вітамінів стосовно один одного (Ковальов, Павлій, & Ісакова, 2004).

Використання ягід шовковиці як природних барвників ґрунтується на їхній здатності синтезувати сполуки-антоціани, які належать до групи біофлавоноїдів. Це рослинні глікозиди, що містять аглікон (антоціанідин) — гідроксипохідні 2-фенілхромену. Вуглеводна частина молекули (залишок глюкози, рамнози, галактози тощо) пов'язана з агліконом у положенні 3 (Kahkonen, & Heinonen, 2003). Зміною рН середовища можна досягти різного забарвлення: при рН 1,5...2 — стійке червоне забарвлення; при рН 3,4...5 — червоно-пурпурове; при рН 6,7...8 — синє або синьо-зелене; при рН = 9 — зелене; при рН = 10 — жовте.

Відповідно до даних табл. 3, усі досліджені ягоди, окрім шовковиці сорту Рожева принцеса, відзначаються досить високим вмістом антоціанів — від 346 мг/100 г (шовковиця сорту Галіція) до 458 мг/100 г (ожина). Таким чином, здійснилися очікувані сподівання на те, що ягоди шовковиці певних сортів (зокрема Чорний принц і Галіція) за вмістом антоціанів практично не поступаються визнаним лідерам — чорниці та ожині і випереджають малину.

Для визначення найбільш ефективного способу зберігання ягід шовковиці протягом 9—12 місяців досліджено 2 варіанти їх заморожування: I варіант — за традиційною технологією; II варіант — за технологією з використанням комбінова-

ного проникаючого кріопротектора. Зберігання заморожених ягід проводили в однакових умовах: при  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  у герметичних пакетах. Отримані результати наведено в табл. 4.

Таблиця 4. Втрати біокомпонентів ягід шовковиці при зберіганні (% до вмісту у сировині)

Зразки сортів шовковиці	Втрати аскорбінової кислоти		Втрати біофлавоноїдів		Втрати антоціанів	
	I	II	I	II	I	II
Чорний принц	66,4	20,2	42,6	12,3	28,7	6,7
Галіція	67,8	23,4	37,4	14,6	30,8	8,5
Рожева принцеса	70,2	24,8	40,8	11,5	34,4	15,6
НР <sub>0,5</sub>	1,0	0,8	0,6	1,1	0,7	0,8

Спосіб заморожування ягід із застосуванням кріопротекторів показав явні переваги перед традиційним, який досі побутує на вітчизняних підприємствах. Слід зіставити цифри втрат, наприклад, аскорбінової кислоти за варіантами I та II: сорт Чорний принц — 66,4% і 20,2%; сорт Галіція — 67,8% і 23,4%; сорт Рожева принцеса — 70,2% і 24,8%. Ці результати, власне, підтвердили ті дані, що їх ми отримали у попередніх дослідженнях майже на 20 різних видах і сортах ягід (Сімахіна, Кочубей-Литвиненко, Науменко, & Камінська, 2022).

Біофлавоноїди меншою мірою піддаються холодовим стресам, хоча закономірність у порівнянні варіантів I та II зберігається. І завдяки попередньому обробленню ягід кріопротекторами втрати біофлавоноїдів навіть через 12 місяців зберігання становлять від 11,5 до 14,6%.

Разом з тим, і досі механізм захисної дії кріопротекторів вивчено недостатньо. Інформація про те, що і як має змінюватись у клітинах біооб'єктів, постійно поповнюється новими даними, в основному в галузях кріобіології та кріомедицини (Leibo, Farrant, Mazur, Hanna Jr, & Smith, 1999). Ці роботи показали, що захисні сполуки використовують у складі кріозахисних середовищ — водних розчинів кріопротекторів (Пушкар, Шраго, & Білоус, 1999), а вибір кріопротектора здійснюється індивідуально для кожної клітинної фракції, оскільки універсальних принципів підбору або синтезу кріопротектора із заданими властивостями досі не існує. Оскільки структура клітин природних біологічних об'єктів у медицині та сільськогосподарській сировині схожа і кристалізація води в них має спільні закономірності, зрозумілою є обґрунтованість і доцільність використання набутого вченими-кріобіологами досвіду в харчових технологіях. І оскільки таких спроб поки що дуже мало, то дослідження в цьому напрямі сприятиме розвитку та застосуванню нових ефективних методів заморожування.

Тут варто згадати ще одну особливість способу заморожування, яка сприяла зменшенню втрат біокомпонентів, — використання проникаючого кріопротектора, зокрема водного розчину глюкози. Проникаючі кріопротектори (одно- та багатоатомні спирти, оксиди, деякі низькомолекулярні цукри, наприклад сахароза і глюкоза) мають вищі кріозахисні властивості за рахунок здатності проникати всередину клітин біооб'єктів, які піддаються заморожуванню (Білоус, & Грищенко, 1994).

Оскільки ягоди шовковиці мають ніжну покривну тканину, кріопротектор, очевидно, досягає центру ягоди, впливаючи на процес кристалізації води в усьому

її об'ємі при зниженні температури до  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  і сприяючи формуванню дрібнокристалічного льоду зі слабкими полями напруги, не здатними руйнувати клітини та тканини.

Окремої уваги потребує аналіз поведінки антоціанів при заморожуванні та зберіганні ягід шовковиці. Їхні втрати порівняно з іншими біокомпонентами мінімальні як за традиційною технологією заморожування, так і за вдосконаленою. На сучасному рівні знань можна передбачити, що антоціани виявилися досить стійкими до ушкоджуючої дії низьких температур і викликаних ними процесів кристалоутворення, що певною мірою може визначатись особливостями просторової і електронної будови молекул антоціанів (Стеценко, Сімахіна, Гойко, & Халапсіна, 2016). Індивідуальні антоціани (ціанідин, дельфінідин, пеларгонідин) розрізняються за кількістю гідроксильних груп, природою та кількістю приєднаних до молекули цукрів, за природою та кількістю аліфатичних або ароматичних кислот, приєднаних до цукру. Можна припустити, що котрась із цих сполук у молекулі антоціанів теж виявляє кріопротекторні властивості, спричиняючи додатковий позитивний ефект. Наступна версія полягає в тому, що, за візуальними спостереженнями, після заморожування ягоди шовковиці набувають ще інтенсивнішого забарвлення, особливо це помітно на ягодах сорту Рожева принцеса. Імовірно, холододовий стрес викликає реакції синтезу антоціанів, тому завдяки сукупному ефектові — дії кріопротекторів і додатковому синтезові антоціанів, досягаються мінімальні втрати цих біокомпонентів при заморожуванні та зберіганні.

Номенклатура регламентованих нормативними документами показників оцінки якості плодів і ягід включає переважно їхні органолептичні властивості. Тому для отримання ще однієї порівняльної характеристики ягід, заморожених за традиційною технологією, і ягід, заморожених під прикриттям кріопротекторів, провели бальне оцінювання їхніх органолептичних показників. Таблиці 5 і 6 сформовано на основі даних таблиць 1 і 2.

Дослідження провели за розробленою нами методикою, в якій розширено трактування характеристики органолептичних показників об'єктів і розроблено 5-бальну шкалу їх оцінювання. Оскільки зовнішній вигляд вважається комплексним показником, який включає форму, величину, ступінь зрілості, свіжість тощо, то ми надали йому максимальної величини коефіцієнта вагомості — 0,35. У разі невідповідності плодів та ягід за зовнішнім виглядом установленим вимогам, використання інших критеріїв оцінки вважається недоцільним.

**Таблиця 5. Бальна оцінка органолептичних показників заморожених ягід шовковиці за традиційною технологією**

Показники	Коефіцієнт вагомості	Бали	Характеристика
Зовнішній вигляд	0,35	3	Ягоди чисті, рівномірно заморожені, деяка частина (до 5%) деформована з порушеною цілісністю покриву; придатні до нетривалого (1 місяць) зберігання
Смак	0,2	2	Наявність вираженого стороннього присмаку з появою гіркого післясмаку
Колір	0,1	3	Досить виражене знебарвлення з незначним побурінням верхнього шару

Продовження таблиці 5

Стан поверхні	0,2	3	Депо змінена форма ягід, трапляються прим'яті екземпляри (до 5%), незначні тріщини з ознаками виділеного клітинного соку
Аромат	0,15	4	Натуральний аромат, без сторонніх запахів, депо ослаблений порівняно із свіжою сировиною

Таблиця 6. Бальна оцінка органолептичних показників заморожених ягід смородини з використанням кріопротекторів

Показники	Коефіцієнт вагомості	Бали	Характеристика
Зовнішній вигляд	0,35	5	Ягоди чисті, рівномірно заморожені, із сизуватим нальотом, тургор пружний, цілісність покриву не порушена, форма збережена; придатні до тривалого зберігання
Смак	0,2	5	Ідентичний натуральним свіжим ягодам, сторонній присмак відсутній
Колір	0,1	5	Інтенсивний, насичений, депо посиленій порівняно зі свіжими ягодами, очевидно, за рахунок синтезу антоціанів при холододовому стресі
Стан поверхні	0,2	5	Без пошкоджень, дефектів, тріщин, без зміни форми, без втрат клітинного соку
Аромат	0,15	5	Властивий свіжим ягодам, навіть депо інтенсивніший за рахунок синтезу ароматоутворюючих сполук при холододовому стресі

За результатами досліджень виявлено, що ягоди, заморожені за традиційною технологією, за жодним органолептичним показником не отримали максимальної кількості балів, вони придатні, за нашими рекомендаціями, лише до нетривалого (протягом місяця) зберігання, тому не варто розраховувати на них як на джерело вітамінів та інших цінних нутрієнтів у зимово-весняний період за відсутності свіжої плодово-ягідної сировини.

На противагу цьому фактові ягоди шовковиці, заморожені з використанням кріопротекторів, за всіма показниками органолептики отримали максимальні 5 балів, підтвердили свій статус надійного джерела вітамінів, мінеральних елементів і вуглеводів у міжсезонний період до нового врожаю. Досягнуті ефекти є результатом дії певних сполук криозахисного середовища (водного розчину кріопротекторів), до складу якого ввійшли глюкоза та лимонна кислота. Позитивний результат оброблення ягід перед заморожуванням кріопротекторами реально пояснити, користуючись теоретичними викладками (Пушкар, Шраго, & Білоус, 1999) щодо їхньої дії на клітинні суспензії. За аналогією можна стверджувати, що присутність кріопротекторів змінює фізико-хімічні властивості поза- і внутрішньоклітинних розчинів біологічних об'єктів так, що наступні впливи низьких температур при заморожуванні є менш згубними для клітинних структур попередньо оброблених ягід. Необроблені ягоди такого захисту не мають, що підтверджується зниженням в них вмісту вітамінів і погіршенням органолептичних показників.

Шовковиця поки що залишається поза увагою великої харчової індустрії, а знаходить застосування переважно в домашніх господарствах для приготування джемів і варення; сиропів, соусів і топінгів до десертів, морозива, млинців; соків, смузі, інших напоїв. Разом з тим, спектр використання ягід шовковиці повинен бути набагато ширшим, зважаючи на її цілющі, оздоровчі, профілактичні властивості; на її здатність нормалізувати функціонування організму навіть у таких критичних умовах, які склались в Україні в результаті російської агресії.

Харчова та переробна промисловість, крафтові виробництва можуть забезпечити в необхідних обсягах випуск, наприклад, такої продукції для щоденного вживання: соки із шовковиці або в комбінації з іншими ягодами; сушені ягоди (отримані при низьких температурах, вони зберігатимуть практично весь спектр цінних біокомпонентів сировини і можуть служити для збагачення кисломолочних продуктів, морозива, вживатись як поліфункціональний інгредієнт для хлібобулочних виробів, мюслі, сумішей для здорового сніданку); порошки сушених ягід (можна додавати до ароматичних спецій та ароматизаторів для кулінарних страв, а також як натуральні барвники, здатні скласти гідну альтернативу штучним Е-добавкам). Належне місце мають посісти ягоди шовковиці й у фармацевтичній промисловості: екстракти, концентрати, мікрокапсульовані порошки у вигляді дієтичних добавок. Доречно згадати, що за Законом України 771/97 ВР «Про основні принципи та вимоги до безпеки та якості харчових продуктів» (редакція від 16.01.2020) дієтичні добавки вперше визнано як «харчовий продукт, що споживається у невеликих кількостях і додатково до звичайного раціону, виготовленні у вигляді таблеток, капсул, порошоків тощо.

Зараз на ринку заморожених ягід в Україні працює три типи підприємств (Оприлюднено, 2022).

По-перше, це великі компанії, які розвивають технології заморожування, перероблення та експорт. Обсяги їхньої продукції (здебільшого чорниця, малина, лохина) становлять понад 1000 т/місяць.

Середню нішу займають компанії, які самі вирощують ягоди, а також розвивають технології заморожування та перероблення з місячними обсягами виготовленої продукції 100—130 т. Не всі з них працюють на експорт, орієнтуючись переважно на внутрішній ринок.

По-третє, є малі компанії, які вирощують власну продукцію та заморожують її. Їхні потужності не перевищують 20—100 т/місяць.

Виробництво заморожених ягід має свої ризики, наприклад орієнтир на продукцію, яка не отримала попиту споживачів. Юрій Шаманський, менеджер компанії «АГРО ФРОСТ РІВНЕ», наводить конкретний приклад, коли в 2022 р. майже всі підприємства активно заморожували чорницю, а попиту на неї практично не було, що призвело до великих збитків.

Хочеться вірити, що підприємці звернуть увагу на ягоди шовковиці, конче необхідні для раціонів харчування населення України. Це розширить асортимент цінної замороженої продукції, адже не лише малина, лохина та чорниця уособлюють природний багатий світ ягідних культур.

### Висновки

За останні десятиліття інтерес до природних біологічно активних речовин значно зріс і в фармацевтичній, і в харчових галузях. Це стосується передусім поліфенольних сполук і, зокрема, антоціанів. Вони мають виражену антиоксидантну спрямованість завдяки унікальній структурі молекул.

Аналіз літературних джерел, отримані експериментальні дані демонструють важливість ягід шовковиці як природних антиоксидантів, барвників, маркерів стресу, високоефективних профілактичних засобів багатьох захворювань людини. За цими якостями ягоди шовковиці є потужним конкурентом таких популярних культур, як лохина, ожина, малина, чорниця, оскільки практично не поступаються їм за вмістом біофлавоноїдів та антоціанів.

Введення до харчових раціонів ягід шовковиці у свіжому або переробленому вигляді надає можливість повноцінно відновити в організмі нестачу необхідних вітамінів і мінеральних елементів, інших есенціальних сполук; вирішити багато проблем зі здоров'ям: від зниження зайвої ваги і зменшення відчуття тривожності до поліпшення когнітивних властивостей, запобігання ризику розвитку онкологічних хвороб, зниження запалення внутрішніх органів і сечостатевої системи, оздоровлення печінки, нормалізації артеріального тиску.

Найбільш ефективним способом тривалого зберігання ягід шовковиці з мінімальними показниками зниження харчової і біологічної цінності є консервування заморожуванням за розробленою нами технологією з використанням сполук — кріопротекторів, призначення яких полягає в захисті об'єктів заморожування від ушкоджуючої дії утворених кристалів льоду.

Напрямом подальших досліджень є популяризація цінних, поки що маловживаних ягідних культур, і залучення їх до сфери харчових технологій на основі обґрунтованих наукових даних; вдосконалення і використання низькотемпературних способів зберігання та перероблення сировини. Продукти перероблення ягід шовковиці стануть новим джерелом антиоксидантів, природних барвників (що, зрештою, мають витіснити шкідливі штучні добавки), поліфункціональних збагачувачів традиційних харчових середовищ. Подальше вивчення малодосліджених сортів ягід і плодів надасть можливість повною мірою використати багатий рослинний світ, подарований людині Природою.

Статтю підготовлено в рамках держбюджетної науково-дослідної роботи «Наукове обґрунтування та розроблення ресурсоефективних технологій харчової продукції цільового призначення як імператив продовольчої безпеки» №0123U02060.

### Література

- Білоус, А. М., Грищенко, В. І. (1994). *Кріобіологія*. Київ: Наукова думка.
- Єжов, В. М., Гриник, І. В. (2020). Біохімічні аспекти селекції ягідних культур родів *Rubus L.* та *Ribes L.* *Садівництво*, 75, 18—31. <https://doi.org/10.35205/0558-1126-2020-75-18.31>.
- Жегунов, Г. Ф., Денисова, О. М. (2021). *Кріопротектори та кріоконсерванти*. Харків: РВВ ДБТУ.
- Ковальов, В. М., Павлій, О. І., Ісакова, Т. І. (2004). *Фармакогнозія з основами біохімії рослин*. Харків: Вид-во НФАУ «МПК-Книга».
- Кузьмак, І. К. (2021). Антоціани і антоціанідини як компоненти функціонального харчування: біохімія та вплив на здоров'я людини. *Медична та клінічна хімія*, 21(4), 111—122. <https://doi.org/10.11603/mcch.2410-681X.2021.i4.12746>.

- Мідловець, К. К., Красненков, Л. С. (2024). Оксидативний стрес у контексті патології та патогенезу хвороби Паркінсона. *Проблеми старіння і довголіття*, 29(1), 25—44.
- Москоні, Л. (2019). *Їжа для мозку. Наука розумного харчування* / пер. з англ. Київ: Наш формат.
- Оприлюднено перелік підприємств із заморозки ягід, овочів і фруктів. <https://agri-gator.com.ua/2022/06/30/opryludneno-perelik-pidpriemstv-iz-zamorozky-iahid-ovochiv-ta-fruktiv-kurkul/> (дата звернення 10.08.2025).
- Основні аспекти якісного заморожування ягід. <http://www.jagodnik.info/osnovni-aspekty-yakisnogo-zamorozhuvannya-yagid-aktsent-na-organiku/> (дата звернення 04.08.2025).
- Порубльова, Л. В. (2006). Молекулярні механізми регуляції активної теломерази. *Біологія і клітина*, 22(5), 96—117.
- Пушкар, М. С., Шраго, М. І., Білоус, А. М. (1999). *Кріопротектори*. Київ: Наукова думка.
- Стеценко, Н. О., Сімахіна, Г. О., Гойко, І. Ю., Халасіна, С. В. (2016). Дослідження антиоксидантних властивостей антоціанів як необхідних компонентів харчових продуктів в екстремальних умовах життєдіяльності. *Наукові праці НУХТ*, 22(4), 167—174.
- Українець, А. І., Сімахіна, Г. О., Науменко, Н. В., Камінська, С. В. (2019). *Заморожені плодово-ягідні напівфабрикати: якість, ефективність, безпека*: монографія. Київ: Видавництво «Сталь».
- Akhlaq, A., Mehmood, M. H., Rehman, A., Ashraf, Z., Syed, S., Bawany, S. A., ..., & Siddiqui, B. S. (2016). The prokinetic, laxative, and antiarrhythmic effects of *Morus nigra*: Possible muscarinic, Ca<sup>2+</sup> channel blocking, and antimuscarinic mechanisms. *Phytotherapy Research*, 30(8), 1362—1376. <https://doi.org/10.1002/ptr.5641>
- Cheng, K. C., Wang, C. J., Chang, Y. C., Hung, T. W., Lai, C. J., Kuo, C. W., & Huang, H. P. (2020). Mulberry fruits extracts induce apoptosis and autophagy of liver cancer cell and prevent hepatocarcinogenesis in vivo. *Journal of food and drug analysis*, 28(1), 84—93. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2019.06.002>.
- Cornick, G., Betran, A. P., Romero, I. B., Cornick, M. S., Belizán, J. M., Bardach, A., & Ciapponi, A. (2021). Effect of calcium fortified foods on health outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 13(2), 316. <https://doi.org/10.3390/nu13020316>.
- Fritz, H., Seely, D., McGowan, J., Skidmore, B., Fernandes, R., Kennedy, D. A. & Fergusson, D. (2014). Black cohosh and breast cancer: a systematic review. *Integrative cancer therapies*, 13(1), 12—29. <https://doi.org/10.1177/1534735414534463>.
- Gröber, U., Schmidt, J., & Kisters, K. (2015). Magnesium in prevention and therapy. *Nutrients*, 7(9), 8199—8226. <https://doi.org/10.3390/nu7095388>.
- Hallberg, I., Ranerup, A., & Kjellgren, K. (2016). Supporting the self-management of hypertension: Patients' experiences of using a mobile phone-based system. *Journal of human hypertension*, 30(2), 141—146. <https://doi.org/10.1038/jhh.2015.3>.
- Horbowicz, M., Kosson, R., Grzesiuk, A., & Debski, H. (2008). Anthocyanins of fruits and vegetables—their occurrence, analysis and role in human nutrition. *Vegetable Crops Research Bulletin*, 68(1), 5—22.
- Jiang, D. Q., Guo, Y., Xu, D. H., Huang, Y. S., Yuan, K., & Lv, Z. Q. (2013). Antioxidant and anti-fatigue effects of anthocyanins of mulberry juice purification (MJP) and mulberry marc purification (MMP) from different varieties mulberry fruit in China. *Food and chemical toxicology*, 59, 1—7. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.05.023>.
- Kahkonen, M. P., Heinonen, M. (2003). Antioxidant activity of anthocyanins and their aglycons. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 628—633.
- Kim, H., & Chung, M. S. (2018). Antiviral activities of mulberry (*Morus alba*) juice and seed against influenza viruses. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/2606583>.
- Lee, J. H., Bae, S. Y., Oh, M., Kim, K. H., & Chung, M. S. (2014). Antiviral effects of mulberry (*Morus alba*) juice and its fractions on foodborne viral surrogates. *Foodborne pathogens and disease*, 11(3), 224—229. <https://doi.org/10.1089/fpd.2013.1633>.

Leibo, S. P., Farrant, J., Mazur, P., Hanna, M. G. Jr, Smith, L. H. (1999). Effects of freezing on marrow stem cell suspensions: interactions of cooling and warming rates in the presence of PVP, sucrose, or glycerol. *Cryobiology*, 4, 315—332.

Majidi, M., Y-ALQubury, H. (2016). Determination of Vitamin C (ascorbic acid) Contents in various fruit and vegetable by UV-spectrophotometry and titration methods. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, 9(4), 2972—2974. <http://dx.doi.org/10.52155/ijpsat.v15.2.1144>.

Malaguamera, L. (2019). Influence of resveratrol on the immune response. *Nutrients*, 11(5), 946. <https://doi.org/10.3390/nu11050946>.

Manzoor, M. F., Hussain, A., Tazeddinova, D., Abylgazanova, A., & Xu, B. (2022). Assessing the nutritional-value-based therapeutic potentials and non-destructive approaches for mulberry fruit assessment: An overview. *Computational intelligence and neuroscience*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/6531483>.

Mulberries, raw <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169913/nutrients>.

Ötles, S., Ozgoz, S. (2014). Health effects of dietary fiber. *Acta scientiarum polonorum. Technologia alimentaria*, 13(2), 191—202.

Papia, F., Incorvaia, C., Genovese, L., Gangemi, S., & Minciullo, P. L. (2020). Allergic reactions to genus *Morus* plants: a review. *Clinical and Molecular Allergy*, 18, 1—5. <https://doi.org/10.1186/s12948-020-00116-7>.

Parasoglou, P., Osorio, R. S., Khagai, O., Kovbasyuk, Z., Miller, M., Ho, A., ..., & Brown, R. (2022). Phosphorus metabolism in the brain of cognitively normal midlife individuals at risk for Alzheimer's disease. *Neuroimage: Reports*, 2(4), 100121. <https://doi.org/10.1016/j.ynrp.2022.100121>.

Sakagami, H., Asano, K., Satoh, K., Takahashi, K., Kobayashi, M., Koga, N., & Nakamura, W. (2007). Anti-stress, anti-HIV and vitamin C-synergized radical scavenging activity of mulberry juice fractions. *In vivo*, 21(3), 499—505. PMID: 17591360.

Setiyorini, E., Qomaruddin, M. B., Wibisono, S., Juwariah, T., Setyowati, A., Wulandari, N. A., & Sari, L. T. (2022). Complementary and alternative medicine for glycemic control of diabetes mellitus: A systematic review. *Journal of Public Health Research*, 11(3), 22799036221106582. <https://doi.org/10.1177/22799036221106582>.

Sugiura, S. H., Hardy, R. W., & Roberts, R. J. (2004). The pathology of phosphorus deficiency in fish: a review. *Journal of fish diseases*, 27(5), 255—265. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2004.00527.x>.

Tam, D. N., Nam, N. H., Elhady, M. T., Tran, L., Hassan, O. G., Sadik, M., & Huy, N. T. (2021). Effects of mulberry on the central nervous system: a literature review. *Current Neuropharmacology*, 19(2), 193—219. <https://doi.org/10.2174/1570159X18666200507081531>.

Travica, N., Ried, K., Sali, A., Scholey, A., Hudson, I., & Pipingas, A. (2017). Vitamin C status and cognitive function: a systematic review. *Nutrients*, 9(9), 960. <https://doi.org/10.3390/nu9090960>.

Viña, S. Z., Chaves, A. R. (2006). Antioxidant response in minimally processed celery during refrigerated storage. *Food Chem.*, 94(1), 68—74. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.051>.

Wang, C., Cheng, W., Bai, S., Ye, L., Du, J., & Zhong, M. (2019). White mulberry Fruit Polysaccharides Enhance Endothelial Nitric Oxide Production to Relax Arteries. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2019.109022>.

Wani, M. Y., Ganie, N. A., Wani, D. M., Wani, A. W., Dar, S. Q., Khan, A. H., & Dehghani, M. H. (2023). The phenolic components extracted from mulberry fruits as bioactive compounds against cancer: A review. *Phytotherapy Research*. <https://doi.org/10.1002/ptr.7713>.

Wu, T., Tang, Q., Gao, Z., Yu, Z., Song, H., Zheng, X., & Chen, W. (2013). Blueberry and mulberry juice prevent obesity development in C57BL/6 mice. *PLoS One*, 8(10), 77585. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077585>.

Sakagami, H., Asano, K., Satoh, K., Takahashi, K., Terakubo, S., Shoji, Y., & Nakamura, W. (2006). Anti-stress activity of mulberry juice in mice. *In vivo*, 20(4), 499—504. PMID: 16900780.

Zhang, H., Ma, Z. F., Luo, X., & Li, X. (2018). Effects of mulberry fruit (*Morus alba L.*) consumption on health outcomes: A mini-review. *Antioxidants*, 7(5), 69. <https://doi.org/10.3390/antiox7050069>.