

UDC 664.002.8

WASTE-FREE TECHNOLOGY OF PROCESSING WILD PLANT RAW MATERIALS

Marina M. Samilyk, Evgenia V. Demidova, Natalia V. Bolgova

Sumy National Agrarian University, 160 Herasyma Kondratieva str., Sumy, 40000, Ukraine

Received 17 May 2022; accepted 19 September 2022; available online 31 October 2022

Abstract

The article proposes waste-free technology of processing wild plant raw materials of *Hippophae rhamnoides*, *Viburnum opulus*, *Sambucus nigra* into powders. Methods. To determine the physicochemical parameters, standard research methods were used. The mass fraction of moisture was determined by drying to constant weight. The mass fraction of total sugar was determined by the permanganate method. Identification of the amino acid spectrum was carried out by ion-exchange column chromatography using the BIOTRONIK amino acid analyzer. Results. Moisture removal mode, which involves pre-dehydration for 1 hour by osmotic dehydration and subsequent drying in infrared dryers can reduce the process duration. The dried materials have final humidity, which allows grinding the dried material into powders ≤ 0.45 mm. Besides the reduction of the drying period, osmotic dehydration preserves the taste and aromatic properties of derivatives of processed wild berries and their natural color, which makes it possible to use powders as natural food additives in various sectors of the food industry. The proposed mode of heat treatment allows reducing energy consumption for the process and reducing the drying time to 2–2.5 hours. Conclusions. Analysis of the amino acid composition of powders made from derivatives of wild berries showed that they have high biological value and can be used to make functional food products.

Keywords: waste-free technology; osmotic dehydration; drying; wild plant raw materials; powders; derivatives of berry processing products.

БЕЗВІДХОДНА ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ДИКОРΟΣЛОЇ СИРОВИНИ

Марина М. Самілик, Євгенія В. Демидова, Наталія В. Болгова

Сумський національний аграрний університет, вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, 40000, Україна

Анотація

У статті запропонована безвідходна технологія переробки дикорослої сировини *Hippophae rhamnoides*, *Viburnum opulus*, *Sambucus nigra* у порошки. Методи досліджень. Для визначення фізико-хімічних показників використовували загальноприйнятні стандартні методи досліджень. Масову частку вологи визначали методом висушування до постійної ваги. Масову частку загального цукру визначали перманганатним методом. Ідентифікацію амінокислотного спектра проводили методом іонообмінної колонкової хроматографії за допомогою амінокислотного аналізатора «BIOTRONIK». Результати. Режим видалення вологи, що передбачає попереднє зневоднення протягом 1 години способом осмотичної дегідратації та подальше сушіння в інфрачервоних сушарках дозволяє скоротити тривалість процесу. Висушені матеріали мають кінцеву вологість, яка дозволяє подрібнити висушений матеріал у порошки ≤ 0.45 мм. Крім зменшення тривалості сушіння, осмотична дегідратація забезпечує збереження смако-ароматичних властивостей похідних продуктів переробки дикорослих ягід, їх природного забарвлення. Це дає можливість застосування порошоків в якості натуральних харчових добавок в різних галузях харчової промисловості. Запропонований режим термічної обробки дозволяє зменшити енерговитрати на процес і скоротити час сушіння до 2.5 годин. Висновки. Аналіз амінокислотного складу порошоків, виготовлених із похідних переробки дикорослих ягід, показав, що вони мають високу біологічну цінність і можуть використовуватися для створення функціональних харчових продуктів.

Ключові слова: безвідходна технологія; осмотична дегідратація; сушіння; дикоросла сировина; порошки; похідні продукти переробки ягід.

*Corresponding author: e-mail address: lera072010@ukr.net

© 2022 Oles Honchar Dnipro National University;

doi: 10.15421/jchemtech.v30i3.256924

Вступ

Ягоди вважаються суперфудами, оскільки містять багато фітохімічних речовин, харчових волокон, вітамінів і мінералів. Особливої уваги заслуговує дикоросла сировина, яка є джерелом багатьох фітохімічних речовин. Фітохімічні речовини містять фенольні кислоти та флавоноїди – біологічно активні сполуки, пов'язані зі значними антиоксидантними, протидіабетичними, протизапальними та протипухлинними властивостями [1]. Крім того, зазвичай дикорослі ягоди виростають на екологічно безпечних ресурсах, без використання пестицидів, агрохімікатів та інших стимуляторів росту. Дикорослі ягоди та продукти їх переробки можуть бути додатковими джерелами корисних нутрієнтів, тому актуальним питанням є розробка технології їх переробки.

Предметом наших досліджень стали обліпіха (*Hippophae rhamnoides L.*), калина (*Viburnum opulus*) та бузина чорна (*Sambucus nigra*).

Ягоди обліпіхи (*Hippophae rhamnoides L.*) є найбільш поживними і багатими на вітаміни, незамінні жирні кислоти, амінокислоти, фітостерини та флавоноїди, вітамін Е (160 мг/100 г), В1, В2, К, каротиноїди (314 до 2139 мг/100 г), пігменти та ліпопротеїди [2].

Зазвичай ягоди обліпіхи складаються із м'якоті (68 %), насіння (23 %) і шкірки (7.75 %). Вміст вологи в ягодах коливається в межах 80–87 %. Вони мають кислий смак та в'язку консистенцію, їх неприємно їсти сирими. Для зниження терпкості рекомендується їх заморозувати або змішувати із солодкими речовинами [3].

Плоди бузини (*Sambucus nigra*) багаті на цукри, органічні кислоти, а також на антоціани та інші полі феноли [4]. Є одним з найбільших джерел антиоксидантів [5] використовується як сировина для промислового виробництва антиоксидантів, барвників та біологічно активних сполук. Традиційно їх використовують як лікарські компоненти та харчові інгредієнти у фруктах, вареннях, соках. Вони також використовуються у виробництві різноманітних лікерів.

Бузина є джерелом білків, амінокислот, харчових волокон, фітохімічних речовин, вітамінів В, А і С. Ягоди бузини містять поліненасичені жирні кислоти [6]. Бузина є одним з найбагатших джерел біологічно

активних сполук, таких як флавоноли, флаваноли, фенольні кислоти, проантоціанідини та антоціани [7]. Феноли підвищують їх антиоксидантну активність, але й містять шкідливі ціаногенні глікозиди, кількість яких знижується в процесі теплової обробки [8]. Ягоди бузини характеризуються також протизапальними, антибактеріальними та противірусними властивостями, нормалізують тиск [9]. Встановлено, що вичавки бузини є перспективним недорогим біосорбентом для високоефективного відновлення заліза зі стоків та покращення якості води [10–12].

Калина (*Viburnum opulus*) має не лише естетичну цінність, із її плодів готують варення, мармелад, соки, пироги та трав'яні чаї [13; 14]. Ягоди калини містять біологічно активні сполуки, такі як фенольні сполуки (включаючи фенольні кислоти, антоціани та хлорогенові кислоти), органічні кислоти (включаючи аскорбінову та L-яблучну кислоти), каротиноїди, тритерпени, іридоїди, ефірні олії, сапоніни та харчові волокна [13]. Калина є природним джерелом різних сполук з антиоксидантними властивостями, таких як аскорбінова кислота (вітамін С), α -токоферол (вітамін Е), каротиноїди, хлорофіли та фенольні сполуки [15]. Вміст вітаміну С у плодах *Viburnum opulus* був різноманітним і становив від 12.4 до 164 мг/100 г свіжої маси залежно від місця вирощування та генотипів [16; 17].

Свіжі ягоди калини мають неприємний, гіркий смак, пов'язаний з тим, що вони містять сапонін, глікозиди та вінбурнін, які вважаються малотоксичними і потребують заморожування перед вживанням [18]. Незважаючи на високу антиоксидантну активність [19], використання плодів калини в промислових масштабах, як і інших дикорослих ягід, дуже обмежене [20]. Аналіз літературних джерел показав, що дикоросла сировина має величезний потенціал щодо використання у харчовій промисловості. Проте, враховуючи специфічні органолептичні властивості, слід правильно підібрати спосіб її обробки перед застосуванням.

Одним із оптимальних способів термічної обробки дикорослих ягід є сушіння. Зазвичай у промислових умовах віддається перевага методам штучного сушіння [21]. Багато науковців віддають перевагу сублимаційному методу сушіння, який передбачає обробку вакуумом за низьких температур, що

мінімізує ферментативні реакції потемніння, дозволяє зберегти біологічну цінність, текстуру та аромат [22].

Одним із способів попередньої підготовки сировини перед сушінням, який дозволяє підвищити якість висушеної сировини, зберегти її сенсорні властивості та біологічну цінність, є осмотична дегідратація [23]. Осмотична дегідратація – це процес, який використовується для часткового виділення води із рослинних тканин шляхом занурення в гіпертонічний розчин для зниження вологості перед процесом сушіння [24]. Порівняно з іншими методами видалення вологи осмотичне зневоднення дозволяє зберегти колір, аромат, вміст нутрієнтів та цінність збереження смакових сполук [25].

Метою дослідження є розробка безвідходної технології переробки дикорослої сировини у харчові добавки, здатні підвищувати біологічну цінність харчових продуктів.

Для досягнення мети було поставлено наступні завдання дослідження:

- розробити технологічну схему комплексної переробки дикорослих ягід;
- визначити оптимальний режим сушіння похідних продуктів дикорослих ягід;
- дослідити фізико-хімічні показники (масову частку вологи, масову частку загального цукру) в порошках, виготовлених із похідних продуктів дикорослих ягід;
- проаналізувати амінокислотний склад порошків, виготовлених із похідних продуктів переробки дикорослих ягід.

Експериментальна частина

Ретельно відмиті ягоди заморожували ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$), а безпосередньо перед переробкою дефростували ($5\text{ }^{\circ}\text{C}$) для покращення смакових властивостей. Змішували у співвідношенні 1 : 1 із 70 %-вим розчином сахарози, нагрітим до $65\text{ }^{\circ}\text{C}$. Протягом 1 години суміш ретельно перемішували за постійної температури $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Внаслідок цього відбувалося часткове зневоднення ягід. Видалення води відбувається за рахунок дифузії та капілярного потоку. За рахунок осмотичного тиску, створеного високою концентрацією сахарози в цукровому розчині, вода проникала через напівпроникні мембрани

ягід. У результаті вміст сухих речовин у розчині сахарози зменшувався на 10–12 %.

Частково зневоднені ягоди відокремлювали від осмотичного розчину та направляли на висушування в лабораторній інфрачервоній сушарці за температури $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Висушені похідні ягід подрібнювали у порошки за допомогою лабораторного дискового млина ЛЗМ-1 до крупності, яка забезпечує повний прохід матеріалу через плетене латунне сито (0.45 мм).

Для визначення фізико-хімічних показників використовували загальноприйнятні стандартні методи досліджень. Для визначення масової частки вологи подрібнену наважку порошків масою 5 г зважували в попередньо висушеному і зваженому бюксі зі склянню паличкою, кришкою та піском. Відкритий бюкс з наважкою поміщали в сушильну шафу, нагріту до температури (105 ± 2) $^{\circ}\text{C}$. В процесі внесення бюкси в шафу температура в ній трохи знижується, тому відлік часу висушування проводили з того моменту, коли термометр показував $105\text{ }^{\circ}\text{C}$. Висушування проводили протягом 40 хв. Після закінчення висушування бюкси з наважкою нещільно прикривали кришками, поміщали в ексікатор на 20 хв., а потім, щільно закривши бюкси кришками, зважували.

Масову частку вологи (X) у відсотках обчислювали за формулою:

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_3} \cdot K \cdot 100, \quad (1)$$

де m_1 – маса бюкси з кришкою, паличкою, піском та наважкою до висушування, г; m_2 – маса бюкси з кришкою, паличкою, піском та наважкою після висушування, г; m_3 – маса бюкси з кришкою, паличкою, піском, г; K – поправочний коефіцієнт.

Масову частку загального цукру визначали перманганатним методом. Наважку досліджуваного продукту зважували у склянці з точністю до 0.0001 г . Наважку переносили у мірну колбу об'ємом 250 см^3 , обмиваючи склянку 120 см^3 дистильованої води. Органічні кислоти наважки нейтралізували розчином натрію карбонату до рН 7.0, застосовуючи для контролю лакмусовий папірець. Після нейтралізації колбу з розчином нагрівали на водяній бані 15 хв за температури $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, часто перемішуючи. Після цього вміст колби охолоджували до кімнатної температури та розчином плюмбум (II)

ацетату осаджували речовини, що заважають визначенню цукрів.

Перед визначенням вмісту загального цукру проводили інверсію сахарози. Для цього 50 см³ фільтрату піпеткою переносили в колбу об'ємом 100 см³, додавали 5 см³ хлоридної кислоти та перемішували. Колбу з термометром поміщали у нагріту до 70 °С водяну баню. Доводили температуру розчину в колбі до 70 °С і витримували 5 хв. Після інверсії розчин одразу охолоджували під струменем холодної води до кімнатної температури. Термометр необхідно вийняти та промити. Додали одну каплю розчину метилового оранжевого і обережно нейтралізували, додаючи краплями спочатку розчин гідроксиду натрію. Масова концентрація гідроксиду натрію на початку має складати 200 г/дм³. Після завершення нейтралізації концентрація гідроксиду натрію має складати 10 г/дм³ до появи жовто-оранжевого кольору. Потім нейтралізований розчин доводили дистильованою водою до об'єму 100 см³. Загальний вміст цукру знаходили тим самим методом, що для визначення масової частки редукуючих цукрів, у відсотках до маси:

$$\omega_{\text{ц}} = \frac{m_1 \cdot V}{m \cdot V_1} \cdot 10^{-1}, \quad (2)$$

де m_1 – маса редукуючих цукрів знайдена за таблицями, мг; V – об'єм випробувального розчину, який готують з наважки, см³; m – маса наважки продукту, г; V_1 – об'єм розчину, який використано для визначення цукрів, см³; 10^{-1} – коефіцієнт перерахування у відсотки.

Ідентифікацію амінокислотного спектра проводили методом іонообмінної колонкової хроматографії за допомогою амінокислотного аналізатора «BIOTRONIK» (Німеччина). Для визначення загального вмісту амінокислот наважку сировини 0.3 г поміщали у пробірку з притертою пробкою місткістю 50 мл, додавали 10 мл води дистильованої та 10 мл концентрованої хлоридної кислоти, ретельно перемішували та залишали у сухожаровій шафі за 130 °С протягом 8 годин. Після закінчення гідролізу розчин фільтрували, упарювали та доводили рН до 2.2. До 1 мл підготовленої проби додавали 1 мл буферного розчину з рН 2.2, пропускали суміш через мембранний фільтр з діаметром пор 0.45 мкм. Відбирали 50 мкл очищеної проби і вводили в хроматографічну іонобмінну колонку аналізатора.

Результати та їх обговорення

Шляхом ряду проведених експериментальних досліджень було встановлено оптимальні режими переробки дикорослих ягід. Технологічна схема комплексної переробки рослинної сировини представлена на рис. 1.

Для визначення динаміки зміни вологості та інтенсивності процесу сушіння було проведено експериментальні дослідження, в процесі яких відпрацьовували технологічні режими сушіння ягідної сировини із застосуванням осмотичної дегідратації та без неї. Процес сушіння описується кривими сушіння (рис. 3), які характеризують зміну середньої (інтегральної) вологості матеріалу φ під час сушіння τ .

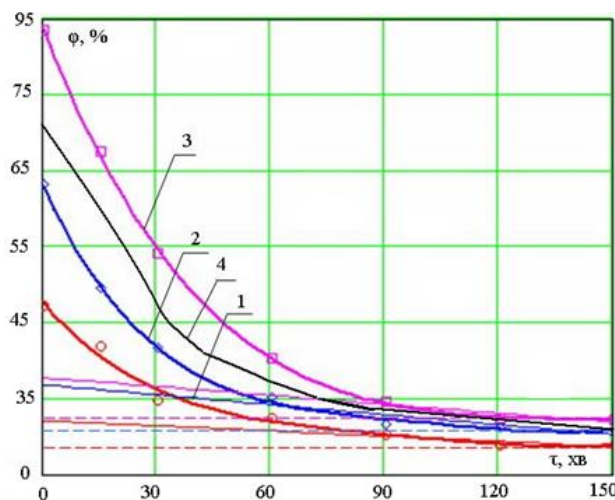


Fig. 2. Kinetics of drying of derivatives of processing of wild berries *Hippophae rhamnoides L.*, *Viburnum opulus*, *Sambucus nigra*

Рис. 2. Кінетика сушіння похідних переробки дикорослих ягід *Hippophae rhamnoides L.*, *Viburnum opulus*, *Sambucus nigra*

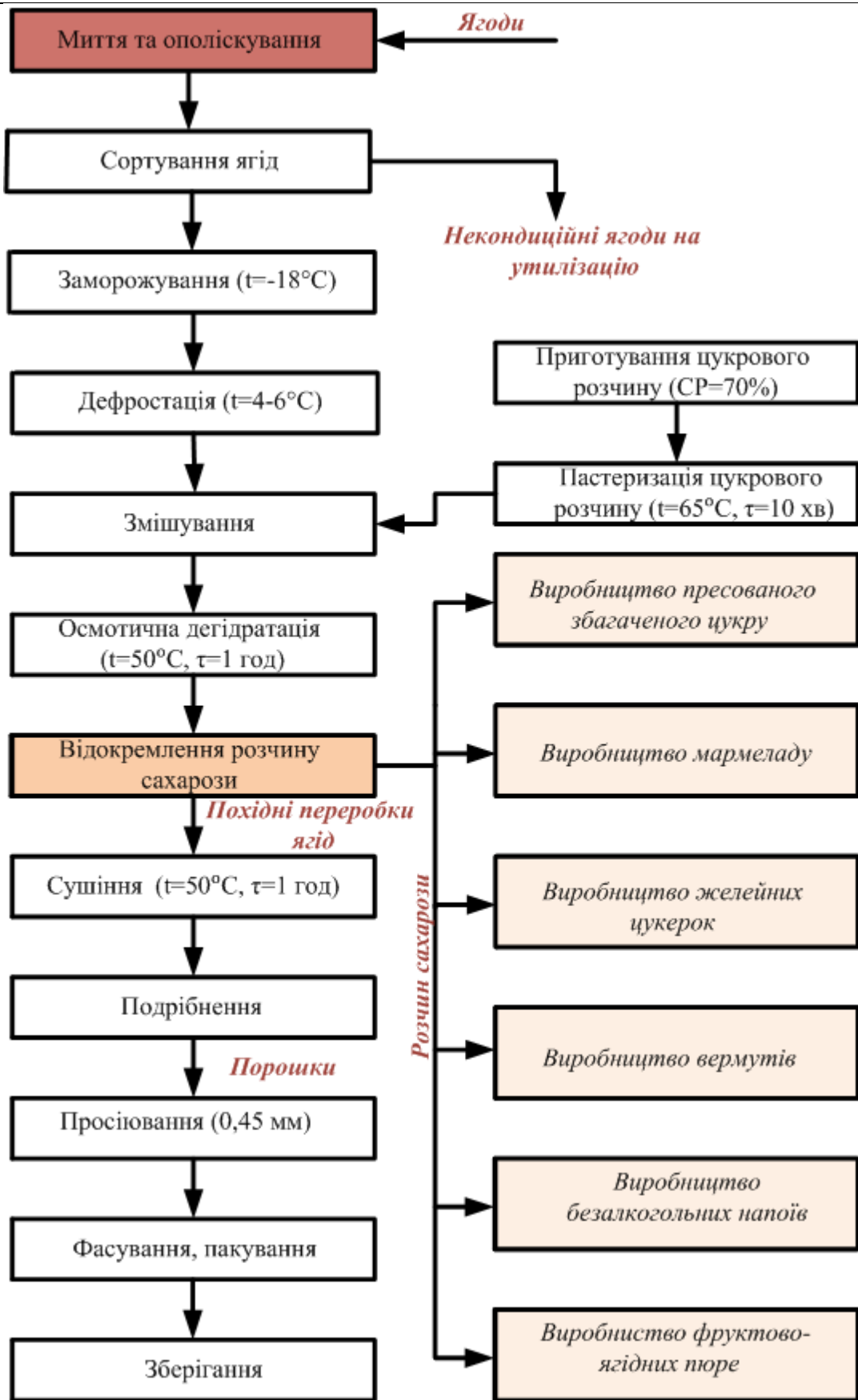


Fig. 1. Technological scheme of complex processing of wild berries *Hippophae rhamnoides L.*, *Viburnum opulus*, *Sambucus nigra*

Рис. 1. Технологічна схема комплексної переробки дикорослих ягід *Hippophae rhamnoides L.*, *Viburnum opulus*, *Sambucus nigra*

Аналіз таких кривих показує, що на початку процесу (в перші 30 хв) відбувається короткочасна стадія прогріву матеріалу (I період) та адіабатне випаровування вологи (II період). Тривалість цієї стадії залежить від товщини зразка. В цей період процес відбувається швидко за рахунок того, що є велика різниця між парціальним тиском водяної пари над поверхнею і в середовищі. Починаючи з 30-тої хв (перша критична точка) швидкість випаровування знижується (III період сушіння), ця точка відповідає початку випаровування з матеріалу зв'язаної (гігроскопічної) вологи. Наприкінці сушіння крива сушіння асимптотично наближається до лінії рівноважної вологості, причому рівноважна вологість відповідає вибраному режиму сушіння. За рівноважної вологості сушіння закінчується, його швидкість дорівнює нулю. В нашому випадку процес сушіння можна завершувати через 2 години, оскільки вологість досягає бажаного рівня 5–8 %.

Процес сушіння можна інтенсифікувати за рахунок збільшення кінетичних коефіцієнтів, які залежать від фізико-хімічних властивостей матеріалів та рушійних сил (хімічний потенціал речовини та

температура). Однак слід врахувати, що ці фактори залежать від температури і вологості тіла. За підвищення температури сушіння зростає негативний вплив на біологічно активні нутрієнти (руйнуються вітаміни), змінюється забарвлення порошоків внаслідок меланоїдинової реакції Майяра. Оскільки нами пропонується використання порошоків в якості добавок, здатних підвищувати біологічну цінність харчових продуктів, підвищувати температуру вище 50–60 °C не рекомендується.

Зазвичай під час I періоду сушіння, перш за все із матеріалу випарюється вільна вода, яка залишається на поверхні у механічно зруйнованих клітинах. Після цього починає випарюватися волога, яка знаходиться в макрокапілярах, тому велика кількість тепла витрачається на випаровування води. Застосування осмотичної дегідратації перед сушінням зменшує тривалість процесу, оскільки перший період практично відсутній. Вільна волога виштовхується із клітин осмотичним розчином за рахунок збільшення осмотичного тиску. Крім того, це сприяє покращенню якості висушених продуктів. Вони мають більш виражений колір та аромат (рис. 3).



Fig. 3. Derivatives of processing of berries and powders from them: 1 – *Hippophae rhamnoides L.*; 2 – *Viburnum opulus*; 3 – *Sambucus nigra*

Рис. 3. Похідні переробки ягід і порошки із них: 1 – *Hippophae rhamnoides L.*; 2 – *Viburnum opulus*; 3 – *Sambucus nigra*

Запропонована нами технологія переробки дикорослих ягід є безвідходною (за виключенням некондиційних ягід). Дана технологія має ряд переваг порівняно з класичними технологіями переробки ягід:

- ефективне використання ресурсів: завдяки осмотичній дегідратації час сушіння скорочується на 2 години, а відповідно, і витрати енергії на процес;

- попереднє заморожування сировини дозволить здійснювати переробку протягом всього року, а зазвичай переробка ягід має сезонний характер;

- зменшується вплив на екологію, оскільки відсутня потреба у переробці або утилізації відходів;

- впровадження цієї технології дозволить збільшити число зайнятого населення в сільській місцевості, оскільки дикорослі ягоди в основному зростають там і переробляти їх доцільно в місці збору.

Важливим показником якості рослинних порошоків є масова частка вологи, оскільки від

неї залежить їх здатність до зберігання [26]. Масова частка загального цукру в порошках, виготовлених із похідних продуктів дикорослих ягід, впливає не лише на їх харчову цінність та на харчову цінність продуктів, виготовлених на їх основі. Сахароза є своєрідним консервантом та надає порошкам властивостей підсолоджувачів. Проте варто зазначити, що вміст сахарози в деяких харчових продуктах обмежується, особливо – у продуктах для дитячого харчування. Результати дослідження фізико-хімічних показників представлено в таблиці.

Table

Physico-chemical quality indicators of powders

Таблиця

Фізико-хімічні показники якості порошоків

Name of indicators	Powders from derivatives of processing of wild berries		
	<i>Hippophae rhamnoides L.</i>	<i>Viburnum opulus</i>	<i>Sambucus nigra</i>
Mass fraction of moisture, %	7.46	6.14	4.44
Mass fraction of reducing sugars, %	29.9	37.1	50.0

Порошки з масовою часткою вологи менше 8 % можуть зберігатись тривалий час без погіршення якості за умови майже повного збереження вихідної харчової цінності та використовуватись у технологіях харчових продуктів широкого асортименту.

Амінокислоти є незамінним будівельним матеріалом рослинного та тваринного білка з характерною захисною дією. Вони зустрічаються не лише у складі

білка, а й у вільному стані, як продукт обміну органів та тканин рослини. Вільні амінокислоти значною мірою визначають органолептичні характеристики харчових продуктів. На рис. 3. наведено порівняння амінокислотного профілю порошоків, виготовлених із похідних переробки дикорослих ягід *Hippophae rhamnoides L.*, *Viburnum opulus*, *Sambucus nigra*.

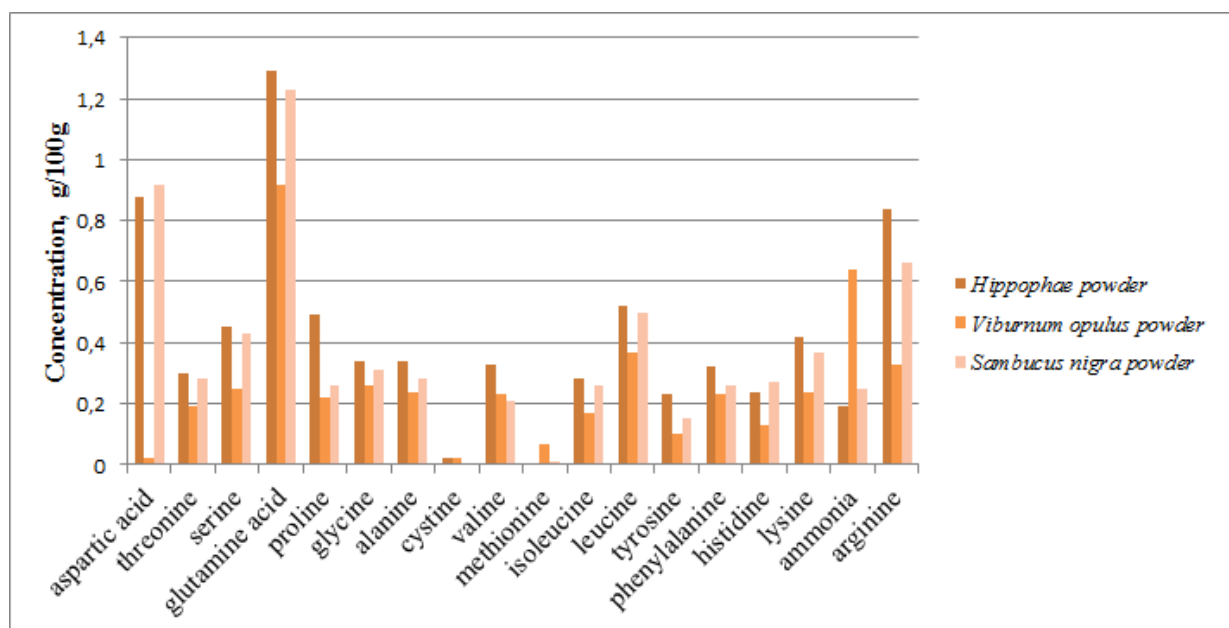


Fig. 4. Amino acid profile of powders from derivatives of processing of wild berries *Hippophae rhamnoides L.*, *Viburnum opulus*, *Sambucus nigra*

Рис. 4. Амінокислотний профіль порошоків із похідних переробки дикорослих ягід *Hippophae rhamnoides L.*, *Viburnum opulus*, *Sambucus nigra*

Порошки ягід містять переважну більшість основних амінокислот, серед них є майже усі незамінні, крім триптофану. Це свідчить про біологічну повноцінність порошоків.

Порошок із похідних переробки обліпихи містить 17 амінокислот у кількості 7.48 г/100 г, з них незамінних амінокислот 2.17 г/100 г таких, як лейцин (0.52 г/100 г), ізолейцин (0.28 г/100 г), лізин (0.42 г/100 г), та валін (0.33 г/100 г), треонін (0.3 г/100г), фенілаланін (0.32 г/100 г). Особливо корисні для дітей та людей похилого віку наступні амінокислоти, що виявлені у похідних переробки обліпихи: аргінін (0.84 г/100г), гістидин (0.24 г/100г). Аргінін бере участь в очищенні печінки і регулюванні зростання м'язової маси. Гістидин впливає на вироблення білих і червоних кров'яних тілець, а також на зростання м'язів, є основою для виробництва гістаміну, необхідного для регулювання циклів сну і неспання, статевої функції і вироблення мієлінової оболонки нервових клітин.

До складу порошку калини входять 18 амінокислот у кількості 4.63 г/100 г, з них незамінних амінокислот виявлено у кількості 1.63 г/100 г (ізолейцин – 0.17; лейцин – 0.37; лізин – 0.24; метіонін – 0.07; фенілаланін – 0.23; треонін – 0.19; валін – 0.23). Варто зазначити, що концентрація деяких амінокислот у порошку калини була значно меншою, ніж у порошках із бузини та обліпихи відповідно: аспарагінової кислоти (на 0.9 та 0.86 г/100 г), серину (на 0.23 та 0.2 г/100 г). Виявлена однакова концентрація цистину у порошках із калини та обліпихи (0.02 г/100 г). Крім того, у порошку калини виявлено незамінну амінокислоту метіонін (0.07 г/100г). Вона добре впливає на стан нирок, знижує токсичність багатьох отруйних речовин і сприяє відновленню функцій печінки.

Загальна кількість амінокислот у порошку із бузини складає 6.65 г/100 г, з них незамінних – 2.16 г/100 г (ізолейцин – 0.26; лейцин – 0.50; лізин – 0.37; метіонін – 0.01; фенілаланін – 0.26; треонін – 0.28; валін – 0.21). Найбільше у порошках із бузини виявлено глутамінової (1.23 г/100 г) та аспарагінової кислоти (0.92 г/100 г). Аспарагінова кислота стимулює синтез білка, знижує рівень аміаку в крові, нормалізує роботу печінки. Найменша кількість метіоніну 0.01 г/100 г.

Існує велика кількість досліджень щодо антиоксидантної, протизапальної,

імуностимулюючої, хіміопротекторної та атеропротекторної дії ягід та квітів *Sambucus nigra*. Хоча в даний час вони здебільшого використовуються в харчовій промисловості як харчові барвники та ароматизатори через свій фітохімічний склад і пов'язану з ними біологічну активність [4]. Вичавки *Sambucus nigra*, які є побічним продуктом виробництва соку, є важливою сировиною для виробництва екстрактів антоціанів та ліофілізованих барвників. Їх використовують як корм для тварин та органічне добриво [11]. Проте, практично відсутні дослідження амінокислотного складу плодів *Sambucus nigra*. Наші дослідження показали, що в бузині містяться майже всі незамінні амінокислоти, що робить її гарною сировиною для виробництва харчових продуктів з покращеним амінокислотним складом. У дослідженнях амінокислотного складу соку бузини [27] було виявлено ті ж амінокислоти в кількості 8.475 г/100 г, що на 1.825 г/100 г більше, ніж у наших зразках, виготовлених із похідних переробки дикорослих ягід. Варто зазначити, що кількість деяких амінокислот практично не відрізняється від результатів наших досліджень (треонін – 0.182 г/100 г, ізолейцин – 0.256 г/100 г). Такі результати свідчать про те, що в похідних переробки ягід залишається значна кількість амінокислот. Концентрація амінокислот у свіжих ягодах набагато менша, ніж у частково зневоднених [10], і становить лише 0.634 г/100 г.

Плодам *Viburnum opulus L.* зазвичай не віддають перевагу для споживання в їжу із-за їх кисло-гіркого смаку, небажаного аромату та присутності деяких компонентів зі специфічним запахом [19]. Разом з тим, завдячуючи цілющим властивостям, продукти, приготовлені із соку калини, характеризуються підвищенням попиту з кожним роком [28]. Калиновий жмих утилізується як відходи виробництва. Розроблена нами технологія передбачає безвідходну переробку. Заморожування і обробка цукровим розчином покращує смакові властивості похідних продуктів переробки ягід. Виготовлені на їх основі порошки можуть стати функціональними добавками не лише в якості джерела харчових волокон, а й цукрів, амінокислот і вітамінів, оскільки всі режими теплової обробки, запропоновані нами, є оптимально помірними.

Те ж саме стосується і ягід *Hippophae rhamnoides L.*, які містять багато вітамінів,

фенольних сполук та каротиноїдів та інших біологічно активних компонентів, які мають фармакологічні ефекти [15]. Обліпіха традиційно використовується як лікарський засіб [29]. З неї добувають олію та сік, а шрот йде на корм тваринам або утилізується. Наші дослідження та результати інших науковців [30; 31] показали, що похідні переробки обліпіхи містять найбільшу кількість аспарагінової та глутамінової кислот, аргініну. Кількість незамінних амінокислот, що містяться у шроті обліпіхи, 23.7 % [30], у м'якоті – 22/6–31.0 % [31], а за нашими результатами кількість незамінних амінокислот у похідних переробки обліпіхи становить 29 %.

Амінокислотний профіль та фізико-хімічний склад похідних переробки дикорослих ягід показав, що вони є надзвичайно перспективною сировиною для виробництва харчових функціональних добавок.

Висновки

Розроблена нами технологічна схема комплексної переробки дикорослих ягід є безвідходною і універсальною. Її можна застосовувати для переробки будь-якої ягідної сировини. Запропоновані нами режими теплової обробки дозволяють

максимально зберегти біологічну цінність всіх продуктів переробки ягід.

Встановлено оптимальний режим сушіння похідних продуктів дикорослих ягід в інфрачервоних сушарках, а саме: температура сушіння 50 °С, тривалість 2.5 год.

Виготовлення порошкоподібних добавок даним способом дає можливість не лише максимально повно зберегти біологічно активні компоненти вихідної сировини, а й збільшити кількість вітамінів та фенольних сполук з Р-вітамінною активністю. Масова частка вологи у порошках, отриманих за нашою технологією та режимом сушіння, не перевищує показник, за якого спостерігається розвиток плісняви ($\leq 8\%$). Масова частка цукру становить 29.9–50 %, враховуючи орієнтовну кількість додавання порошоків у процесі виготовлення харчових продуктів, суттєвого збільшення кількості цукру у готовому продукті не призведе.

Аналіз амінокислотного профілю порошоків із похідних продуктів дикорослих ягід показав, що такі харчові добавки зможуть збагатити харчові продукти амінокислотами, в тому числі і незамінними, підвищити їх біологічну цінність.

References

- [1] Boris, V. Nemzer, Diganta, Kalita, Alexander, Yashin, Y., & Yakov, I. Yashin (2020). Bioactive Compounds, Antioxidant Activities, and Health Beneficial Effects of Selected Commercial Berry Fruits: A Review. *Journal of Food Research*, 9(5), 78–101. <https://doi.org/10.5539/jfr.v9n5p78>.
- [2] Zielińska, A., Nowak, I. (2017). Abundance of active ingredients in sea-buckthorn oil. *Lipids Health Dis* 16, 95. <https://doi.org/10.1186/s12944-017-0469-7>.
- [3] Bal, L. M., Meda, V., Naik, S.N., Satya, S. (2011). Sea buckthorn berries: A potential source of valuable nutrients for nutraceuticals and cosmoceuticals. *Food Research International*, 44, 1718–1727. doi:10.1016/j.foodres.2011.03.002.
- [4] Ferreira, S. S., Silva, A. M., Nunes, F. M. (2020). Sambucus nigra L. Fruits and Flowers: Chemical Composition and Related Bioactivities. *Food Reviews International*, 1237–1265. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1788578>
- [5] Domínguez, R., Zhang, L., Rocchetti, G., Lucini, L., Pateiro, M., Eduardo P., Muneke, J., Lorenzo, M. (2020). Elderberry (*Sambucus nigra* L.) as potential source of antioxidants. Characterization, optimization of extraction parameters and bioactive properties. *Food Chemistry*, 330, 127266. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127266>.
- [6] Krüger, S., Mirgos, M., & Morlock, G.E. (2015). Effect-directed analysis of fresh and dried elderberry (*Sambucus nigra* L.) via hyphenated planar chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1426, 209–219. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2015.11.021>.
- [7] Veberic, R., Jakopic, J., Stampar, F., & Schmitzer, V. (2009). European elderberry (*Sambucus nigra* L.) rich in sugars, organic acids, anthocyanins, and selected polyphenols. *Food Chemistry*, 114(2), 511–515. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.080>.
- [8] Sidor, A., & Gramza-Michałowska, A. (2015). Advanced research on the antioxidant and health benefit of elderberry (*Sambucus nigra*) in food-A review. *Journal of Functional Foods*, 18(B), 941–958. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.07.012>.
- [9] Senica, M., Stampar, F., Veberic, R., Mikulic-Petkovsek, M. (2016). Processed elderberry (*Sambucus nigra* L.) products: A beneficial or harmful food alternative? *LWT - Food Science and Technology*, 72, 182–188. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.04.056>.
- [10] Burak, L.C. (2020). The use of elder marc in the food industry. *New Technologies*, 16(5), 20–27. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2020-16-5-20-27>.
- [11] Seabra, I.J., Braga, M.E., Batista, M.T., & de Sousa, H.C. (2010). Fractioned high pressure extraction of anthocyanins from elderberry (*Sambucus nigra* L.) pomace. *Food and Bioprocess Technology*, 3(5), 674–683. <https://doi.org/10.1007/s11947-008-0134-2>.
- [12] Tomasz, Kalak, Joanna, Dudczak-Hańabuda, Yu, Tachibana, & Ryszard, Cierpiszewski. (2020). Effective use of elderberry (*Sambucus nigra*) pomace in biosorption processes of Fe(III) ions. *Chemosphere*, 246, 125744. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125744>.

- [13] Polka, D., Podsedek, A. & Koziołkiewicz, M. (2019). Comparison of Chemical Composition and Antioxidant Capacity of Fruit, Flower and Bark of *Viburnum opulus*. *Plant Foods Hum Nutr*, 74, 436–442. <https://doi.org/10.1007/s11130-019-00759-1>
- [14] Ersoy, N., Ercisli, S., & Gündoğdu, M. (2017). Evaluation of European Cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) genotypes for agro-morphological, biochemical and bioactive characteristics in Turkey. *Folia Horticulturae*, 29(2), 181–188. <https://doi.org/10.1515/fhort-2017-0017>
- [15] Wei, E, Yang, R, Zhao, H, Wang, P, Zhao, S, Zhai, W, ... Zhou, H. (2019). Microwave-assisted extraction releases the antioxidant polysaccharides from seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries. *Int J Biol Macromol*, 13(123), 280–290. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.074>.
- [16] Ozkan, G., Ercisli, S., Ibrahim, H., & Gulce, S. (2020). Diversity on fruits of wild grown European cranberrybush from coruh valley in Turkey. *Erwerbsobstbau*, 62(3), 275–279. <https://doi.org/10.1007/s10341-020-00489-8>
- [17] Cam, M., Hisil, Y., & Kuscü, A. (2007). Organic acid, phenolic content, and antioxidant capacity of fruit flesh and seed of *Viburnum opulus*. *Chemistry of Natural Compounds*, 43(4), 460–461. <https://doi.org/10.1007/s10600-007-0161-7>.
- [18] Cesonienė, L., Daubaras, R., Vencloviene, J., & Viškelis, P. (2010). Biochemical and agro-biological diversity of *Viburnum opulus* genotypes. *Cent. Eur. J. Biol*, 5, 864–871. <https://doi.org/10.2478/s11535-010-0088-z>
- [19] Kraujalytė, V., Venskutonis, P.R., Pukalskas, A., Česonienė, L., Daubaras, R. (2013). Antioxidant properties and polyphenolic compositions of fruits from different European cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) genotypes. *Food Chem*, 141(4), 3695–702. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.054>.
- [20] Rop, O., Reznicek, V., Valsikova, M., Jurikova, T., Mlcek, J., & Kramarova, D. (2010). Antioxidant properties of Guelder rose (*Viburnum opulus* var. *edule*). *Molecules*, 15(6), 4467–4477. <https://doi.org/10.3390/molecules15064467>.
- [21] Erbay, B., & Küçüköner, E. (2008). Gıda Endüstrisinde Kullanılan Farklı Kurutma Sistemleri http://www.gidadernegi.org/TR/Genel/2409349410b0_d.pdf?DIL=1&BELGEANAH=1612&DOSYASIM=240934941.pdf. Accessed January 6, 2022
- [22] Dirim, S.N., Çalışkan, G., & Ergün, K. (2015). Dondurularak kurutulmuş bazı meyve tozlarının toz ürün özelliklerinin belirlenmesi. *Gıda*, 40(2), 85–92. <https://doi.org/10.15237/gida.GD14059>
- [23] Samilyk, M., Helikh, A., Bolgova, N., Potapov, V., & Sabadash, S. (2020). The application of osmotic dehydration in the technology of producing candied root vegetables. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(11(105)), 13–20. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.204664>
- [24] Ahmed, I., Qazi, I.M., & Jamal, S. (2016). Developments in osmotic dehydration technique for the Preservation of Fruits and Vegetables. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 34, 29–43. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.01.003>.
- [25] Tiwari, R.B. (2005). Application of osmo-air dehydration for processing of tropical fruits in rural areas. *Indian Food Industry*, 24(6), 62–69.
- [26] Ying, D., Sanguansri, L., Cheng, L., & Augustin, M.A. (2021). Nutrient-Dense Shelf-Stable Vegetable Powders and Extruded Snacks Made from Carrots and Broccoli. *Foods*, 10(10), 2298. <https://doi.org/10.3390/foods10102298>
- [27] Kintsurashvili, K.M., Hvedelidze, V.G., & Melkadze, R.G. (2008). Fiziko-himicheskie pokazateli i aminokislотноy sostav soka iz yagod buzinyi travyanistoy (*Sambucus edulis*). *Himiya rastitelnogo syriya*, (3), 93–95.
- [28] Barak, Timur Hakan, Celep, Engin, İnan, Yiğit, Yesilada, Erdem. (2019). Influence of in vitro human digestion on the bioavailability of phenolic content and antioxidant activity of *Viburnum opulus* L. (European cranberry) fruit extracts. *Industrial Crops and Products*, 131, 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.01.037>.
- [29] Zuzana, Ciesarová, Michael, Murkovic, Karel, Cejpek, František, Kreps, Blanka, Tobolková, Richard, ... Zuzana, Burčová. (2020). Why is sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) so exceptional? A review. *Food Research International*, 133, 109170. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109170>.
- [30] Nikulina, E. O., Ivanova, G. V., Kolman, O. Ya. (2015). [Oblepихovyiy shrot kak funktsionalnyiy ingredient dlya sozdaniya produktov funktsionalnogo naznacheniya]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 10, 98–105.
- [31] Koshelev, Yu. A., Ageeva, L. D. (2004). *Oblepiha: Monografiya*. Biysk: NITs BPGU im. V.M. Shukshina.