

Влияние параметров экстрагирования на характеристики экстрактов из вегетативных частей и плодов *Sórbus aucupária*

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, п. Краснообск, Российская Федерация

К. Н. Нициевская, С. В. Станкевич, Е. В. Бородай

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Ксения Николаевна Нициевская
E-mail: nitsievskayakn@sfsca.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Нициевская, К.Н., Станкевич, С.В., & Бородай, Е.В. (2025). Влияние параметров экстрагирования на характеристики экстрактов из вегетативных частей и плодов *Sórbus aucupária*. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 33(1), 49-67. <https://doi.org/10.36107/spfp.2025.1.591>

ПОСТУПИЛА: 20.09.2024

ДОРАБОТАНА: 19.02.2025

ПРИНЯТА: 15.03.2025

ОПУБЛИКОВАНА: 31.03.2025

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.



АННОТАЦИЯ

Введение: Несмотря на известные биологические свойства рябины красной (*Sórbus aucupária*), методы экстрагирования и оптические характеристики экстрактов из ее вегетативных частей и плодов изучены недостаточно. Углубление этих знаний важно для создания технологий переработки растительного сырья, что открывает новые возможности для пищевой промышленности и использования малоизученных вегетативных частей растения.

Цель: Исследование спектрофотометрических характеристик экстрактов, полученных из вегетативных частей (листьев, веток) и плодов рябины красной сорта Невежинская (*Sorbus aucuparia* Nevezhinskaya) для оптимизации технологических процессов экстрагирования.

Материалы и методы: В качестве объектов исследования использовались экстракты из высушенных вегетативных частей (листьев, веток) и плодов рябины красной сорта Невежинская, полученные с использованием очищенной и озонированной воды. Анализ проводился по следующим параметрам: активная кислотность (ионометрический метод), оптическая плотность и коэффициент поглощения (колориметр фотоэлектрический концентрационный КФК-2). Статистическая обработка данных с расчетом стандартного отклонения осуществлялась в программе MS Excel. Эксперименты проводились в трехкратной повторности.

Результаты: Активная кислотность экстрактов составила: для плодов – $\text{pH } 3,16 \pm 0,20$, для листьев – $\text{pH } 5,50 \pm 0,40$, для веток – $\text{pH } 4,85 \pm 0,10$. Показатели термодинамической устойчивости варьировались следующим образом: для экстрактов из плодов – 1038,2–1044,1 мВ, из листьев – 898,4–913,7 мВ, из веток – 937,9–944,9 мВ. По цветовым характеристикам экстракты из плодов отличались слабой окраской (0,03–0,04 е.д.), экстракты из листьев характеризовались как интенсивно окрашенные, а экстракты из веток – как умеренно окрашенные. Результаты представлены в виде графиков, таблиц и регрессионных уравнений.

Выводы: Сравнительный анализ показал отсутствие значительных различий между экстрактами, полученными с использованием очищенной и озонированной воды. Измеренные параметры находились в пределах погрешности не более 0,05. Экстракты, полученные из вегетативных частей и плодов рябины красной, обладают антиоксидантным потенциалом для применения в производстве напитков, соусов, кондитерских изделий и других продуктов питания.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

рябина красная Невежинская; *Sórbus Aucupária*; активная кислотность; окислительно-восстановительный потенциал экстрактов; вязкость экстрактов

The Effect of Extraction Parameters on the Characteristics of Extracts from Vegetative Parts and Fruits of *Sórbus Aucupária*

Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Russian Federation

Kseniya N. Nitsievskaya, Svetlana V. Stankevich, Elena V. Boroday

CORRESPONDENCE:

Kseniya N. Nitsievskaya

E-mail: nitsievskayakn@sfsca.ru

FOR CITATIONS:

Nitsievskaya, K.N., Stankevich, S.V., & Boroday, E.V. (2025). The effect of extraction parameters on the characteristics of extracts from vegetative parts and fruits of *Sórbus Aucupária*. *Storage and Processing of Farm Products*, 33(1), 49-67. <https://doi.org/10.36107/spfp.2025.1.591>

RECEIVED: 20.09.2024

REVISED: 19.02.2025

ACCEPTED: 15.03.2025

PUBLISHED: 31.03.2025

DECLARATION OF COMPETING

INTEREST: none declared.



ABSTRACT

Introduction: Despite the known biological properties of red mountain ash (*Sórbus aucupária*), the extraction methods and optical characteristics of extracts from its vegetative parts and fruits are not well examined. Deepening this knowledge is important for creating technologies for processing plant raw materials, which opens up new opportunities for the food industry and the use of poorly studied vegetative parts of the plant.

Purpose: To study the spectrophotometric characteristics of extracts obtained from vegetative parts (leaves, branches) and fruits of red mountain ash (*Sorbus aucuparia* Nevezhinskaya) to optimize extraction processes.

Materials and Methods: Extracts from dried vegetative parts (leaves, branches) and fruits of Nevezhinskaya red mountain ash, obtained using purified and ozonized water, were investigated. The analysis was carried out according to the following parameters: active acidity (ionometric method), optical density and absorption coefficient (photoelectric concentration colorimeter KFK-2). Statistical processing of data with calculation of standard deviation was carried out in MS Excel program. The experiments were carried out in threefold repetition.

Results: The active acidity of the extracts was: for fruits – pH 3.16 ± 0.20 , for leaves – pH 5.50 ± 0.40 , for branches – pH 4.85 ± 0.10 . Thermodynamic stability indicators varied as follows: for extracts from fruits – 1038.2–1044.1 mV, from leaves – 898.4–913.7 mV, from branches – 937.9–944.9 mV. In terms of color characteristics, extracts from fruits were slightly colored (0.03–0.04 e.u.), extracts from leaves were characterized as intensely colored, and extracts from branches were characterized as moderately colored. The results are presented as graphs, tables and regression equations.

Conclusion: The comparative analysis showed no significant differences between the extracts obtained using purified and ozonized water. The measured parameters were within 0.05 error range. Extracts obtained from vegetative parts and fruits of red mountain ash have antioxidant potential for their use in the production of beverages, sauces, confectionery products and other foodstuffs.

KEYWORDS

Nevezhinskaya red mountain ash; *Sórbus Aucupária*; active acidity; redox potential of extracts; viscosity of extracts

ВВЕДЕНИЕ

Разработка технологий производства безалкогольных тонизирующих напитков на растительной основе представляет собой важное направление современной пищевой промышленности. Такой подход позволяет сочетать улучшение органолептических характеристик напитков с повышением их пищевой ценности, что особенно актуально в рамках популяризации здорового образа жизни. Особый интерес вызывает использование местного растительного сырья, обладающего высокой экологической устойчивостью и экономической доступностью. В условиях Сибири перспективным сырьем для получения растительных экстрактов является рябина красная (*Sorbus aucuparia* L.), благодаря её значительному ресурсному потенциалу и низкой себестоимости (Стародубцева, 2019).

Рябина обыкновенная относится к числу нетрадиционных плодовых культур, характеризующихся устойчивостью к неблагоприятным экологическим условиям, стабильностью плодоношения и высокой урожайностью. Биохимический состав рябины включает широкий спектр биологически активных соединений: витамины, сахара, дубильные вещества, пектин, эфирные масла, аминокислоты и органическую сорбиновую кислоту, являющуюся природным консервантом (Cairone et al., 2023; Стародубцева, 2019). Помимо плодов, интерес для исследований представляют листья и ветки, которые также богаты биологически активными веществами. Зарубежные исследования показали, что экстракты из рябины содержат полифенолы, такие как кофейная и хлорогеновая кислоты, обладающие антиоксидантными и противовоспалительными свойствами (Razina, 2016; Šavikin et al., 2017; Krivoruchko, 2018; Bobinaitė et al., 2020; Rutkowska, 2021). Эти соединения являются вторичными метаболитами растительных клеток и широко используются в создании функциональных продуктов (Ajila & Rao, 2011; Cairone et al., 2023).

Особое внимание в последнее десятилетие уделяется инновационным методам обработки растительного сырья, таким как использование озонированной воды. Этот метод обладает рядом преимуществ: озонированная вода обеспечивает минимальное повышение температуры при обработке, сохраняет антимикробную активность, обладает хорошей растворимостью и стабильностью,

а также способствует увеличению содержания антиоксидантов и вторичных метаболитов в экстрактах (Бурак, 2022). Более того, озон легко разлагается до кислорода, что исключает образование побочных продуктов разложения, делая метод экологически безопасным.

Важным аспектом разработки напитков является их цвет, который оказывает значительное влияние на психоэмоциональное восприятие продукта потребителем. Цветовые характеристики экстрактов, такие как яркость, насыщенность и цветовой тон, напрямую зависят от содержания биологически активных соединений, включая антоцианы и их производные (Anikina et al., 2019; Campbell, 2021). Исследования показали, что содержание полифенолов в листьях растений может превосходить их количество в плодах, что делает вегетативные части перспективным сырьем для получения экстрактов (Carradori et al., 2020).

Инструментальные методы анализа цветовых характеристик, такие как определение яркости (L^*), угла оттенка (h^*) и цветности (C^*), позволяют получать объективные данные о качестве экстрактов и создают базу для разработки напитков с заданными сенсорными свойствами. Эти подходы широко применяются при оценке качества продуктов, включая спиртные напитки, вина, безалкогольные напитки и экстракты из лекарственных растений (Abramova, 2018; Koldaev, 2020; Plotnikova, 2017; Nechiporenko, 2018; Ревина, 2016; Макаров, 2017; Остроухова, 2015).

Несмотря на значительный объем исследований, остается недостаточно изученным влияние различных параметров экстракции, таких как температура и состав экстрагента, на цветовые характеристики экстрактов из вегетативных частей рябины. Изучение этого вопроса особенно важно для создания инновационных напитков на основе местного растительного сырья, которые соответствовали бы современным требованиям к качеству и органолептическим свойствам.

Цель исследования: исследование спектрофотометрических характеристик экстрактов, полученных из вегетативных частей (листьев, веток) и плодов рябины красной сорта Невежинская (*Sorbus aucuparia* Nevezhinskaya) для оптимизации технологических процессов экстрагирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы

В работе использовали экстракты, полученные из сухих вегетативных частей (листья и ветки) и плодов рябины красной сорта Невежинская (лат. *Sorbus aucuparia Nevezhinskaya*), в качестве растворителя использовали очищенную и озонированную воду. Распительное сырье собрано в Новосибирской области в сухую погоду, период сбора — сентябрь 2022 г.

Оборудование

Установка УПВА-159 (г. Белгород, Россия), озонатор бытовой «Озонид — К» (группа компаний «ГРАНАТ» (Россия, г. Санкт-Петербург), сухожарочный шкаф с принудительной вентиляцией «Binder» (Германия), лабораторная мельница ЛМ 201 фирмы «Плаун» (Россия, г. Москва), водяная баня фирмы «Loir» (Россия, г. Санкт-Петербург), центрифуга IKA mini G (Германия), рН-метр марки Нитрон (Биомер, Россия), термометр Testo 905-T1 (Германия) с погрешностью измерений $\pm 0,5^\circ\text{C}$, колориметр фотоэлектрический концентрационный КФК-2 (ЗОМЗ, Россия).

Инструменты

Стеклянная тара номиналом 100 см³, цилиндры мерные, дистиллированная вода, 1 %-ный соляной раствор, 40 % спирт этиловый, набор кювет.

Методы

Очищенную воду получали согласно требованиям к воде типа II по ГОСТ 52501–2005 «Вода для лабораторного анализа» (посредством фильтрации через установку УПВА-159 г. Белгород, Россия). Озонированную воду получали с использованием озонатора бытового «Озонид — К» (группа компаний «ГРАНАТ», Россия, г. Санкт-Петербург) (процесс контакта молекулы воды с молекулами озона, в результате окисляются и уничтожаются все инородные соединения, в том числе и бактерии). Сырье подвергалось сушке: листья и ветки при естественной сушке ($T = 20 \pm 2^\circ\text{C}$, влажность 75%), плоды при конвективной сушке (сухожароч-

ный шкаф с принудительной вентиляцией «Binder», Германия) ($T = 55 \pm 3^\circ\text{C}$, конвекции 100%), сушка сырья проводилась до содержания влаги в конечном продукте $6,0 \pm 1,0\%$ (методом Чиждова). Хранение образцов проводили в температурном режиме $t = 20 \pm 3^\circ\text{C}$, влажности воздуха $W = 67 \pm 2\%$. Активную кислотность (рН, е.д.) определяли ионометрическим методом с использованием рН-метра марки Нитрон (Биомер, Россия) с нормальным водородным электродом (НВЭ), который был откалиброван по стандартным показателям буфера (ЗАО научно-производственное инвестиционное предприятие «Уралхиминвест» ТУ 2642–004–33813273–2006 с погрешностью измерений $\pm 0,05$ е.д.). Измерения проводили при температуре $t = 21,0 \pm 1,0^\circ\text{C}$. Температуру замеряли термометром Testo 905-T1 (Testo, Германия) с погрешностью измерений $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Исследование сухих веществ по ГОСТ 6687.2–90 «Продукция безалкогольной промышленности. Методы определения сухих веществ». Исследование экстракции проводили оптическими методами: измерением оптической плотности (D , е.д.), коэффициента пропускания (T , %) и коэффициента поглощения (ϵ , е.д.) с использованием колориметра фотоэлектрического концентрационного КФК-2 (ЗОМЗ, Россия).

За контролируемые параметры были взяты следующие показатели: активная кислотность (рН, е.д.), верхняя граница термодинамической стабильности раствора ($\phi_{\text{ср}}$), температура (t , $^\circ\text{C}$), плотность экстракта (г/см³), коэффициент поглощения (ϵ , е.д.), коэффициента пропускания (T , %), интенсивность цвета (I , е.д.), оттенок цвета (T , е.д.), хроматографическая структура, содержание фенольных соединений, % (антоцианов, в пересчете на цианидин-3,5-дигликозид), дубильных соединений (в пересчете на галловую кислоту) и гидроксикоричные кислоты (в пересчете на хлорогеновую кислоту). Математическую обработку данных с расчетом стандартного отклонения проводили с помощью программы MS Excel, опыты проводились в трехкратной повторности.

Процедура исследования

Для исследования были взяты образцы растительного сырья в сухом измельченном виде ($\varnothing$ фракций $\approx 0,5$ см) измельчение проводили на лабораторной мельнице ЛМ 201 фирмы «Плаун» (Россия,

г. Москва) и в виде экстрактов. Для исследований готовили экстракты из измельчённого растительного сырья, путем смешивания навески с очищенной или озонированной водой (рН $6,5 \pm 0,3$ е.д.) в соотношениях 5:100 (г:мл). Экстрагирование проводили в течение 20 мин при температуре 60 ± 2 °С на водяной бане фирмы «Loir» (Россия, г. Санкт-Петербург). Параметры мацерации были следующие: продолжительность экстрагирования на водяной бане 20 минут при температуре ≈ 60 °С. По окончании процесса экстрагирования для удаления взвеси проводили очищение на центрифуге IKA mini G (Германия) в течении 5 минут при частоте вращения 6000 об/мин. Кодировка образцов осуществлялась в следующей последовательности и представлена в Таблице 1.

Таблица 1

Кодировка образцов экстрактов *Sorbus aucuparia* (при $p \leq 0,05$)

Table 1

Coding of *Sorbus aucuparia* Extract Samples (at $p \leq 0.05$)

№	Вид сырья	Растворитель	Температура, °С	Продолжительность, мин
1	плоды	очищенная вода	55	60
2	плоды	озонированная вода	55	60
3	плоды	очищенная вода	55	120
4	плоды	озонированная вода	55	120
5	плоды	очищенная вода	55	180
6	плоды	озонированная вода	55	180
7	листья	очищенная вода	55	60
8	листья	озонированная вода	55	60
9	листья	очищенная вода	55	120
10	листья	озонированная вода	55	120
11	листья	очищенная вода	55	180
12	листья	озонированная вода	55	180
13	ветки	очищенная вода	55	60
14	ветки	озонированная вода	55	60
15	ветки	очищенная вода	55	120
16	ветки	озонированная вода	55	120
17	ветки	очищенная вода	55	180
18	ветки	озонированная вода	55	180

Верхнюю границу термодинамической стабильности раствора ($\Phi_{\text{ст}}$) рассчитывали по следующей формуле (1) (Аристова, 2011):

$$\Phi_{\text{ст}} = (-59 \cdot \text{pH}) + 1227 \text{ мВ.} \quad (1)$$

Плотность раствора (г/см³) определяли расчетным методом при использовании формулы (2):

$$\rho = \frac{m}{V}. \quad (2)$$

В работе использовали светофильтры синий ($\lambda = 440$ нм), зеленый ($\lambda = 540$ нм) и красный ($\lambda = 670$ нм). В качестве раствора сравнения использовали дистиллированную воду.

Расчеты коэффициента поглощения проводили по формуле (3):

$$\varepsilon = \frac{D}{c \cdot l}, \quad (3)$$

где D — оптическая плотность спектра поглощения, отн. ед.,
 C — концентрация извлечения в массовых процентах, l — длина кюветы, см³.

Интенсивность цвета (I , е.д.) выражалась согласно формуле (4) и с учетом всех пигментов (5) (Аникина, 2019; Рожнов, 2022):

$$I_1 = D_{440} + D_{540}; \quad (4)$$

$$I_2 = D_{440} + D_{540} + D_{640}, \quad (5)$$

где D — оптическая плотность спектра поглощения, отн. ед.,

Установлено, что интенсивность цвета I менее 0,10 характеризовала экстракты как слабо окрашенные, от 0,11 до 0,30 как средне окрашенные, от 0,31 до 0,50 хорошо окрашенные, более 0,51 интенсивно окрашенные [Аникина, Н.С., 2019].

Определяли долю красной окраски в сложении цвета в виде показателя $dA(\%)$ по формуле (6) (Аникина, 2019):

$$dA(\%) = \left(1 + \frac{D_{440} + D_{640}}{2 \cdot D_{540}}\right) * 100. \quad (6)$$

Оттенок цвета (T , е.д.), выражался согласно формуле (7) (Аникина, 2019; Рожнов, 2022):

$$T = \frac{D_{440}}{D_{540}}, \quad (7)$$

где D — оптическая плотность спектра поглощения, отн. ед.,

Хроматографическая структура рассчитывалась по формуле (8) (Аникина, 2019):

$$D_{440,540,670}(\%) = \frac{D_{440} \cdot 540 \cdot 670}{I_2}, \quad (8)$$

Концентрацию антоцианов, в пересчете на цианидин-3,5-дигликозид (X , %) определяли спектрофотометрически на КФК — 2 (ЗОМЗ, Россия) в 1 %-ном соляном растворе экстракта при длине волны в зеленом цвете фильтра ($\lambda = 540$ нм), предварительно

гомогенат центрифугировали (центрифуга IKA mini G S000 (Германия)) при 4500 g в течение 30 мин. Содержание суммы антоцианов рассчитывали по цианидин-3,5-дигликозиду, расчеты по формуле (9) (Абрамова, 2018):

$$X = \frac{D \cdot 250 \cdot 100}{453 \cdot m \cdot (100 - W)}, \quad (9)$$

где D — оптическая плотность исследуемого раствора; 453 — удельный показатель поглощения цианидин-3,5-дигликозид в 1 % растворе хлористоводородной кислоты; m — масса сырья в граммах; W — потеря в массе при высушивании сырья в процентах.

Определение общего количества дубильных веществ по Абрамовой (2015)

Определение оптической плотности растворов проводили на спектрофотометре. Около 2 г (точная навеска) измельченного сырья, помещали в колбу вместимостью 500 мл, заливали 250 мл нагретым до кипения экстрагентом (40 % спиртом этиловым) и нагревали на водяной бане с обратным холодильником в течение 30 минут при периодическом перемешивании. Охлаждали до комнатной температуры, доводили водой до 250 мл, процеживали через вату (первые 50 мл фильтрата отбрасывали). Затем 1 мл извлечения помещали в мерную колбу вместимостью 50 мл, доводили водой до метки (раствор 1). Измеряли оптическую плотность раствора 1 при длине волны 277 нм. В качестве растворов сравнения использовали воду или 40 % спирт этиловый, соответственно.

$$X = \frac{D \cdot 250 \cdot 50 \cdot 100}{m_{\text{нав}} \cdot V_a \cdot 508 \cdot (100 - W)}, \quad (10)$$

где X — содержание общего количества таннидов, пересчитанного по галловой кислоте, %; D — значение плотности оптической раствора; $m_{\text{нав}}$ — точное значение массы сырья в навеске (г); V_a — объем пробы (мл); 250 — количество общего объема раствора (мл); 50 — объем раствора № 1 (мл); 508 — значение плотности оптической 1 %-го раствора кислоты галловой 1 мг/мл (значение удельного показателя поглощения галловой кислоты); W — значение влажности сырья (%).

Определение содержания гидроксикоричных кислот по Погоржельской (2019)

Около 0,5 г (точная навеска) сырья, измельченного до размера частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями диаметром 1 мм, помещали в плоскодонную колбу со шлифом вместимостью 100 мл и экстрагировали 50 мл 70 % этилового спирта в течение 30 мин. После охлаждения извлечение декантировали и фильтровали через бумажный фильтр в мерную колбу вместимостью 100 мл. Остаток в колбе заливали 50 мл 70 % этилового спирта и экстрагировали еще раз в течение 30 мин. Объединенные извлечения в мерной колбе доводили 70 % этиловым спиртом до метки (раствор А). 2 мл раствора А переносили в мерную колбу вместимостью 25 мл и доводили объем 95 % этиловым спиртом до метки (раствор Б). Оптическую плотность полученного раствора измеряли на спектрофотометре СФ-2000 (РФ) в кювете с толщиной слоя 10 мм при длине волны $\lambda = 315$ нм. Раствором сравнения служил 95 % этиловый спирт. Содержание суммы гидроксикоричных кислот (в пересчете на хлорогеновую кис-

лоту), в процентах (X) в пересчете на абсолютно сухое сырье вычисляли по формулам соответственно:

$$X, \% = \frac{A \cdot W_1 \cdot W_2 \cdot 100\% \cdot 100\%}{m \cdot E^{1\%} \cdot 100 \cdot V \cdot (100\% - B\%)}, \quad (11)$$

где А — оптическая плотность раствора Б в соответствующем максимуме поглощения; m — масса сырья, г; В — потеря в массе при высушивании сырья, %; — удельный показатель поглощения, равный 507 для хлорогеновой кислоты; W_1 и W_2 — объемы мерных колб, использованных для разведения, мл; V_a — объем аликвоты, взятый на анализ, мл.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Оценка экстрактов *Sorbus aucuparia* с применением измерительных методов

Исследование экстрактов из различного исходного сырья анализировали по нескольким показателям, представленным в Таблице 2.

Таблица 2

Исследование показателя активной кислотности, термодинамической устойчивости, плотности и сухих веществ образцов ($n = 3, p = 0,90$)

Table 2

Investigation of Active Acidity, Thermodynamic Stability, Density, and Dry Matter Content of Samples ($n = 3, p = 0.90$)

№	pH, е.д	$\phi_{ст}$, мВ	Плотность, г/см ³	Сухие в-ва, %
1	3,16 ± 0,01	1040,60 ± 0,01	0,99 ± 0,01	6,00 ± 0,04
2	3,15 ± 0,01	1041,20 ± 0,01	0,99 ± 0,01	7,00 ± 0,05
3	3,20 ± 0,02	1038,20 ± 0,02	0,96 ± 0,03	7,00 ± 0,03
4	3,18 ± 0,03	1039,40 ± 0,03	0,98 ± 0,02	8,00 ± 0,04
5	3,18 ± 0,02	1039,40 ± 0,02	0,98 ± 0,02	7,00 ± 0,05
6	3,10 ± 0,03	1044,10 ± 0,03	0,99 ± 0,01	11,00 ± 0,04
7	5,31 ± 0,01	913,71 ± 0,01	0,97 ± 0,03	5,00 ± 0,04
8	5,51 ± 0,03	901,91 ± 0,03	0,98 ± 0,02	5,00 ± 0,05
9	5,56 ± 0,01	898,96 ± 0,01	0,96 ± 0,03	7,00 ± 0,03
10	5,57 ± 0,02	898,37 ± 0,02	0,98 ± 0,02	7,00 ± 0,04
11	5,51 ± 0,01	901,91 ± 0,01	0,97 ± 0,01	6,00 ± 0,04
12	5,54 ± 0,01	900,14 ± 0,01	0,95 ± 0,03	7,00 ± 0,05
13	4,78 ± 0,02	944,98 ± 0,02	0,97 ± 0,03	4,00 ± 0,03
14	4,80 ± 0,01	943,80 ± 0,01	0,95 ± 0,03	4,00 ± 0,04
15	4,86 ± 0,01	940,26 ± 0,01	0,95 ± 0,03	4,00 ± 0,03
16	4,90 ± 0,03	937,90 ± 0,03	0,97 ± 0,02	4,00 ± 0,03
17	4,89 ± 0,03	938,49 ± 0,03	0,96 ± 0,03	4,00 ± 0,04
18	4,85 ± 0,02	940,85 ± 0,02	0,95 ± 0,03	4,00 ± 0,04

Активная кислотность (рН, е.д.) полученных экстрактов зависела от экстрагируемого растительного сырья в интервале: экстракты из плодов имели в среднем рН от 3,15 е.д до 3,20 е.д, экстракты из листьев рН от 5,31 е.д до 5,57 е.д и экстракты из веток рН от 4,78 е.д до 4,90 е.д. В сравнении с работами Сергуновой Е.В., Мараховой А.И. и Аврач А.С. [Сергунова Е.В., 2013] где активная кислотность для водного настоя из плодов *Sorbus aucuparia* Nevezhinskaya составляла $4,52 \pm 0,03$ е.д., а в отваре $3,70 \pm 0,03$ е.д., у Шестопаловой и Уваровой (2012) рН зафиксировано 4,02 е.д., что указывало на смещение активной кислотности при температурной обработке в кислую сторону.

Разница в показателях термодинамической устойчивости (Φ_{CT} , мВ) была минимальна, варьировалась в зависимости от взятого растительного сырья: экстракты из плодов от 1038,2 мВ до 1044,1 мВ; экстракты из листьев от 898,4 мВ до 913,7 мВ, экстракты из веток от 937,9 мВ до 944,9 мВ.

Исследование цветовых характеристик экстрактов

Анализ данных показателя коэффициента поглощения образцов представлен на Рисунках 1, 2 при длине волн $\lambda = 440$ и 540 нм соответственно. Анализ данных показателя коэффициента по-

глощения образцов представлен на Рисунках 1, 2 при длине волн $\lambda = 440$ и 540 нм соответственно.

Анализ данных Рисунка 1 указывал на высокую экстрактивность веществ из листьев *Sorbus aucuparia* Nevezhinskaya. Минимальный переход был отмечен при использовании плодов.

Для анализа цвета анализировали три компонента: красный, желтый и синий. Желтый компонент экстракта, поглощение которого в синем цвете фильтра при длине волны $\lambda = 440$ нм, характеризуется продуктам разложения фенольных соединений, а именно, танина (дубильные вещества) и антоциана. Красный компонент исследуемых образцов — свободные антоцианы в форме катионов флавилия и антоцианово — танинного комплекса анализировали на желтом цвете фильтра при длине волны $\lambda = 540$ нм. Синий компонент характеризуется свободными антоцианами в хинонной форме или комбинациям дубильных веществ и антоцианов, исследовали на красном цвете фильтра при $\lambda = 670$ нм. Данные исследований обобщены в Таблицах 3, 4.

Образцы экстрактов из плодов *Sorbus aucuparia* Nevezhinskaya описали как слабоокрашенные, интенсивность цвета в числовом выражении 0,03–0,04 е.д. при расчете трех цветовых компонентов.

Рисунок 1

Динамика изменения коэффициента поглощения при $\lambda = 440$ нм, при $p \leq 0,10$

Figure 1

Dynamics of Absorption Coefficient Changes at $\lambda = 440$ nm, at $p \leq 0.10$

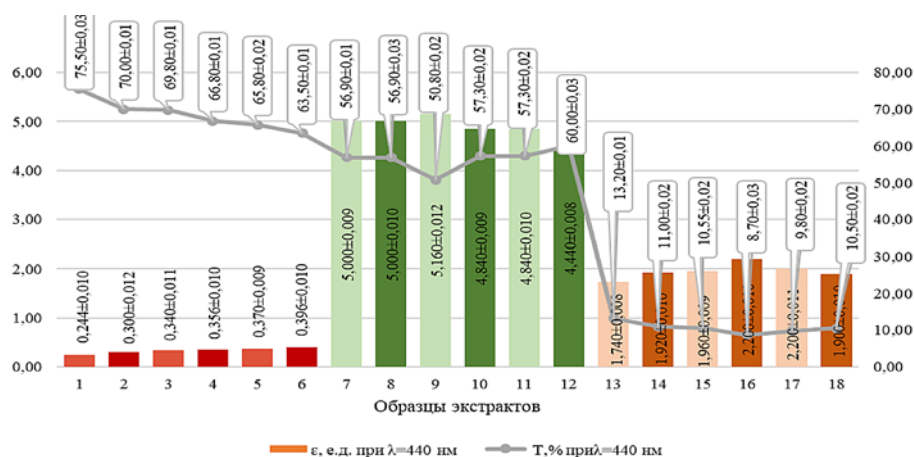


Рисунок 2

Динамика изменения коэффициента поглощения при $\lambda = 540$ нм, при $p \leq 0,10$

Figure 2

Dynamics of Absorption Coefficient Changes at $\lambda = 540$ nm, at $p \leq 0,10$



Таблица 3

Определение цветности экстрактов (растворитель-очищенная вода), ($n = 3, p = 0,90$)

Table 3

Determination of Extract Color Intensity (Solvent: Purified Water), ($n = 3, p = 0.90$)

Наименование показателя	Образцы								
	1	3	5	7	9	11	13	15	17
Расчет $dA\%$ ¹	27,08 ± 0,02	25,52 ± 0,03	25,52 ± 0,02	358,62 ± 0,05	405,33 ± 0,05	440,00 ± 0,07	29,60 ± 0,03	28,87 ± 0,02	29,03 ± 0,03
I_1 , е.д. ²	0,02 ± 0,001	0,03 ± 0,002	0,03 ± 0,001	0,34 ± 0,02	0,33 ± 0,01	0,31 ± 0,02	0,11 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,13 ± 0,01
I_2 , е.д. ²	0,03 ± 0,001	0,04 ± 0,001	0,04 ± 0,001	0,54 ± 0,01	0,53 ± 0,01	0,51 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,13 ± 0,02	0,13 ± 0,02
T , е.д. ³	0,19 ± 0,01	0,20 ± 0,02	0,20 ± 0,02	2,87 ± 0,02	3,44 ± 0,03	3,72 ± 0,03	0,38 ± 0,02	0,37 ± 0,02	0,37 ± 0,02
$D_{440}(\%)$ ⁴	42,51 ± 0,03	47,62 ± 0,03	48,05 ± 0,03	46,55 ± 0,03	48,41 ± 0,03	47,73 ± 0,03	77,89 ± 0,03	77,47 ± 0,03	77,64 ± 0,03
$D_{540}(\%)$ ⁴	22,65 ± 0,02	24,37 ± 0,02	25,97 ± 0,03	16,20 ± 0,01	14,07 ± 0,01	12,82 ± 0,01	20,32 ± 0,02	20,95 ± 0,01	20,81 ± 0,02
$D_{670}(\%)$ ⁴	34,84 ± 0,03	28,01 ± 0,02	25,97 ± 0,02	37,24 ± 0,03	37,52 ± 0,03	39,45 ± 0,03	1,79 ± 0,02	1,58 ± 0,03	1,55 ± 0,01

Примечание:

¹ Долю красной окраски в сложении цвета dA (%).

² Интенсивность цвета (I_1 , е.д. и I_2 , е.д.).

³ Оттенок цвета (T , е.д.);

⁴ Хроматографическая структура D_{440} (%), D_{540} (%), D_{670} (%).

Note.

¹ Proportion of red coloration in color composition dA (%);

² Color intensity (I_1 , units; I_2 , units);

³ Color shade (T , units);

⁴ Chromatographic structure D_{440} (%), D_{540} (%), D_{670} (%).

Таблица 4

Определение цветности экстрактов (растворитель-озонированная вода), ($n = 3, p = 0,90$)

Table 4

Determination of Extract Color Intensity (Solvent: Ozonized Water), ($n = 3, p = 0.90$)

Наименование показателя	Образцы								
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
Расчет $dA\%$ ¹	27,12 ± 0,03	25,98 ± 0,02	16,93 ± 0,03	421,43 ± 0,04	440,00 ± 0,05	434,92 ± 0,05	28,49 ± 0,03	28,36 ± 0,03	28,51 ± 0,03
I_1 , е.д. ²	0,02 ± 0,001	0,03 ± 0,002	0,04 ± 0,002	0,32 ± 0,03	0,31 ± 0,03	0,29 ± 0,02	0,12 ± 0,01	0,14 ± 0,01	0,12 ± 0,01
I_2 , е.д. ²	0,03 ± 0,001	0,04 ± 0,001	0,05 ± 0,002	0,52 ± 0,03	0,51 ± 0,03	0,49 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,14 ± 0,01	0,12 ± 0,01
T , е.д. ³	0,21 ± 0,02	0,20 ± 0,01	0,09 ± 0,02	3,57 ± 0,02	3,72 ± 0,02	3,52 ± 0,03	0,36 ± 0,03	0,36 ± 0,03	0,36 ± 0,02
$D_{440}(\%)$ ⁴	46,44 ± 0,03	48,77 ± 0,04	38,60 ± 0,02	48,08 ± 0,03	47,73 ± 0,02	45,77 ± 0,02	77,11 ± 0,03	77,19 ± 0,03	77,11 ± 0,03
$D_{540}(\%)$ ⁴	22,60 ± 0,02	23,84 ± 0,02	41,91 ± 0,03	13,46 ± 0,01	12,82 ± 0,01	12,99 ± 0,01	21,29 ± 0,02	21,40 ± 0,02	21,27 ± 0,01
$D_{670}(\%)$ ⁴	30,96 ± 0,03	27,40 ± 0,02	19,49 ± 0,02	38,46 ± 0,03	39,45 ± 0,04	41,24 ± 0,04	1,61 ± 0,03	1,40 ± 0,02	1,62 ± 0,03

Примечание:

¹ Долю красной окраски в сложении цвета dA (%).

² Интенсивность цвета (I_1 , е.д. и I_2 , е.д.).

³ Оттенок цвета (T , е.д.);

⁴ Хроматографическая структура D_{440} (%), D_{540} (%), D_{670} (%).

Note.

¹ Proportion of red coloration in color composition dA (%);

² Color intensity (I_1 , units; I_2 , units);

³ Color shade (T , units);

⁴ Chromatographic structure D_{440} (%), D_{540} (%), D_{670} (%).

Исследуемые образцы отличались показателями оптической плотности, следовательно, и расчетными характеристиками — интенсивность цвета, оттенок цвета. В отличие от работы Ниловой Л.П. и др. соавторов [Нилова Л.П., 2019], где исследовали плоды брусники, клюквы, черники, голубики и Рожнова Е.Д. [Рожнов Е.Д., 2022] при исследовании плодов облепихи — плоды *Sorbus aucuparia* сухие, полученные с гидромодулем 1:20 имели менее выраженные числовые значения интенсивности цвета (при сочетании длин волн $\lambda = 440, 540$ и 670). В образцах экстрактов из сухих вегетативных частей (листья и ветки) интенсивность цвета была стабильна при увеличении времени обработки до 180 минут. Таким образом экстракты из листьев характеризовали как образцы — интенсивно окрашенные, из веток — средне окрашенные. Снижение хроматографической структуры по D_{540} (%) в экс-

трактах из листьев произошло с 16,20 до 12,82 е.д. (образцы № 7–11).

Оттенок цвета (T , е.д.) на максимальном уровне в экстрактах из листьев *Sorbus aucuparia* Nevezhinskaya достигал в процессе обработки на 180 — й минуте 3,72 е.д. (образец № 11), что являлось максимальным значением при обработке растительного сырья.

В сравнении с предыдущими образцами, экстракты, где в качестве растворителя использовали озонированную воду имели отличительные особенности. Так интенсивность по трем цветовым компонентам немного выше в экстрактах из плодов и веток *Sorbus aucuparia* на 0,01 е.д. (образцы сравнения № 2–4 и № 14–18), в экстрактах из листьев на 0,10 е.д. (образцы сравнения № 8–12), что не является

значительным расхождением и может варьироваться в пределах ошибки измерений.

Образцы из веток описываются высокими показателями хроматографической структуры D_{440} (%) $\approx 77,00\%$, указывая на преобладание полимерных фенольных соединений при экстрагировании. Экстракты из плодов можно описать сочетанием мономерных форм фенолов, в частности присутствием свободных антоцианов — анализ D_{540} (%) и D_{670} (%).

Исследование фенольных соединений экстрактов

Антоцианы — растительные пигменты, которые могут присутствовать у растений как в генеративных органах (цветках, пыльце), так и в вегетативных (стеблях, листьях, корнях), а также в плодах и семенах [Аникина, Н.С., 2019]. Образуются в клетке растения постоянно или могут появляться на стадии развития растений. Также под воздействием стрессовых ситуаций. Антоцианы — комплексное соединение фенольной природы, не только придающее окраску, но и способ борьбы с внешними раздражителями, иначе выражаясь стресса. Все антоцианы объединяет их строение — C_{15} -углеродный скелет — два бензольных кольца А и В, соединённые

ные C_3 -фрагментом, который с атомом кислорода образует γ -пироновое кольцо (С-кольцо). Отличие антоцианов от других представителей флавоноидных соединений — наличие положительного заряда и двойной связи в С-кольце. При всем многообразии антоциановые соединения — производные лишь шести основных антоцианидинов: пеларгонидина, цианидина, пеонидина, дельфинидина, петунидина и мальвидина (Струкова, 2015; Колдаев, 2009; Колдаев, 2013; Колдаев, 2015; Колдаев, 2017; Колдаев, 2018; Колдаев, 2020]. Для антоцианов известна способность менять свою окраску в зависимости от значения pH среды.

Антоцианы — группа водорастворимых пигментов, относящихся к классу флавоноидов, переход антоцианов проанализирован графически на Рисунке 3.

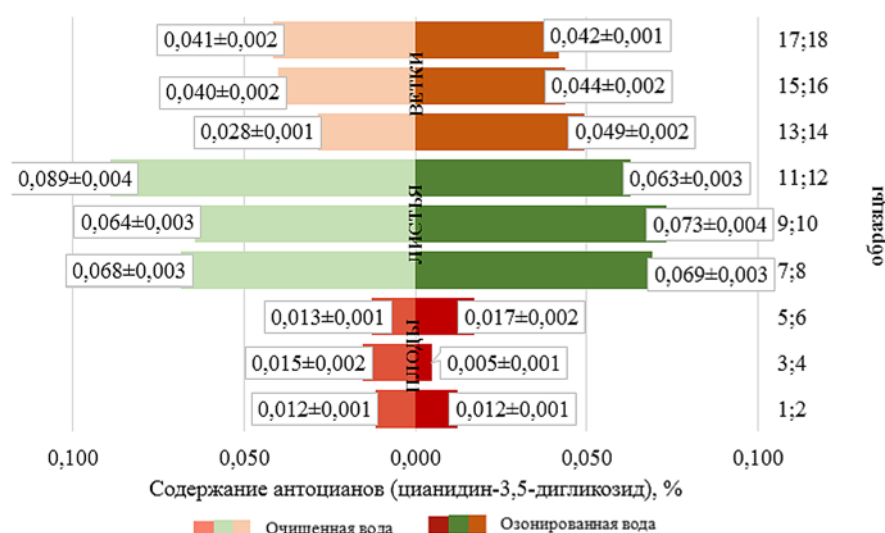
Анализ Рисунка 3 свидетельствовал о высоком переходе антоцианов при мацерации листьев *Sorbus aucuparia*. В сравнении растворителей при экстрагировании листьев, наиболее выражен переход исследуемых флавоноидов в очищенной воде, максимальное значение зафиксировано 0,089% (образец № 11). При экстрагировании плодов небольшое увеличение при использовании озонированной воды, в сравнении с очищенной составило 0,002% (образцы сравнения № 1–6). Выражен переход в образце № 14 (растворитель — озонированная вода),

Рисунок 3

Содержание антоцианов (в пересчете на цианидин-3,5-дигликозид),% ($n = 3, p = 0,90$)

Figure 3

Anthocyanin Content (Calculated as Cyanidin-3,5-diglucoside),% ($n = 3, p = 0,90$)



который составил 0,049%, дальнейшая обработка приводила к снижению исследуемого параметра, содержание одинаковое было при анализе образцов № 17 (растворитель — очищенная вода) и № 18 (растворитель — озонированная вода). При сравнении данных по содержанию антоцианов в экстрактах *Sorbus aucuparia* и исходном растительном сырье, переход составил $\approx$ от 1,0 до 5,0%, так содержание цианидин-3,5-дигликозид в листьях составил $\approx$ 4,0%, в ветках $\approx$ 1,0%, в плодах $\approx$ 2,0%.

Анализ дубильных веществ представлен на Рисунке 4.

В исходном сырье (контроль) содержание дубильных веществ было следующим: листья — 1,96%; ветки — 0,68%, плоды — 0,68%. При исследовании экстрактов, при сравнении с контролем, исходным образцом переход дубильных веществ из веток в очищенной воде составил $\approx$ 55,88% (максимальный переход в образце № 17), в озонированной $\approx$ 48,53% (наибольший выход веществ в образце № 18). При экстрагировании листьев переход дубильных веществ относительно исходного сырья: для очищенной воды $\approx$ 75,15% (наибольший выход зафиксирован в образце № 9), озонированной воде $\approx$ 76,53% (максимальное значение показателя в образце № 8). Анализ экстрагирования плодов неоднозначный, так для очищенной воды отмечен

переход $\approx$ 64,71% (с максимальным выходом в образцах № 1 и № 5) он относительно стабильный при увеличении времени обработки. При использовании озонированной воды наибольшее значение показателя было определено в образце № 4 и составило $\approx$ 85,29%, дальнейшая обработка в образце № 6 привела к осаждению дубильных веществ и снижению показателя $\approx$ 64,70% (с учетом погрешности измерений).

Дальнейшие исследования фенольных соединений, по содержанию гидрохлоркоричных кислот представлены на Рисунке 5.

Обобщенные данные по содержанию гидрохлоркоричных кислот (%) представлены следующим образом: в исходном сырье 1,57% (листья), 0,53% (ветки) и 0,63% — плоды. Переход указанных фенольных соединений — из плодов *Sorbus aucuparia* Nevezhinskaya в среднем при использовании в качестве растворителя очищенной воды составил $\approx$ 60,30%, при экстрагировании в озонированной воде $\approx$ 95,08%. Увеличен выход хлорогеновой кислоты из плодов *Sorbus aucuparia* при использовании в качестве растворителя воды, насыщенной озоном, максимальный % перехода в образце № 6. Из вегетативных частей выход хлорогеновой кислоты не отличался от выбранного экстрагента и составил $\approx$ 93,11% (для листьев) и $\approx$ 56,92% (для веток).

Рисунок 4

Содержание дубильных веществ (в пересчете на галловую кислоту), %
($n = 3, p = 0,90$)

Figure 4

Tannin Content (Calculated as Gallic Acid), % ($n = 3, p = 0.90$)

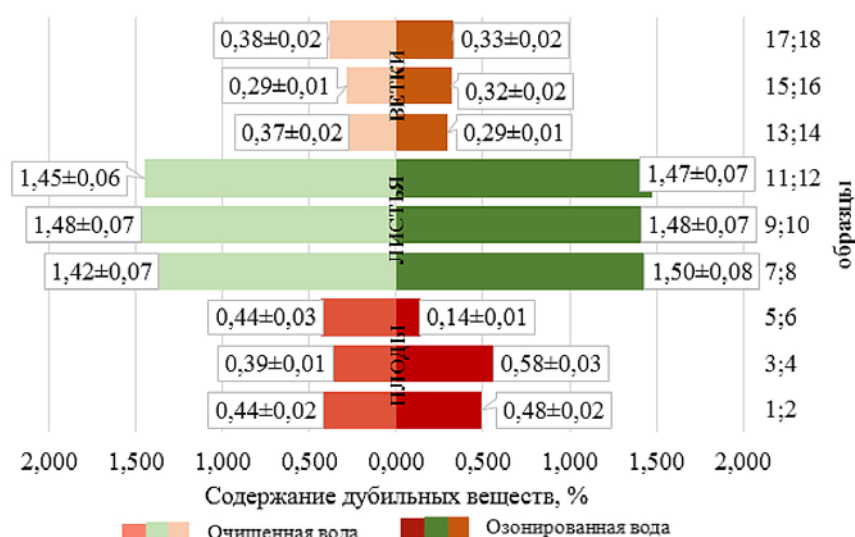
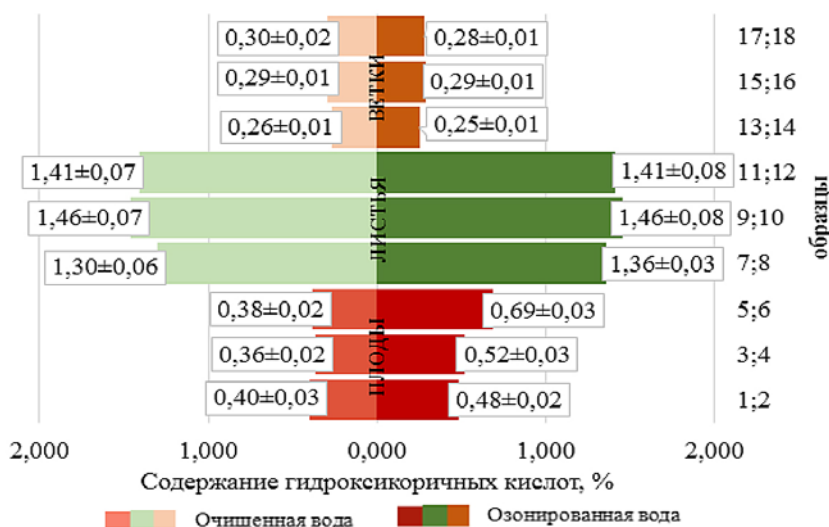


Рисунок 5

Содержание гидроксикоричных кислот (в пересчете на хлорогеновую кислоту), % ($n = 3, p = 0,90$)

Figure 5

Content of Hydroxycinnamic Acids (Calculated as Chlorogenic Acid), % ($n = 3, p = 0.90$)



Сравнительный анализ показал, что между образцами экстрактов, полученных с использованием очищенной или озонированной воды, существенных различий не выявлено. Так изменение спектральных параметров интенсивности по трем цветовым компонентам в экстрактах с применением озонированной воды находилось в пределах ошибки измерения.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В рамках настоящего исследования был проведен анализ цветовых характеристик и содержания фенольных соединений в экстрактах из плодов, листьев и веток *Sorbus aucuparia*. Полученные результаты позволяют сделать ряд выводов, которые сопоставимы с существующими литературными данными, а также дают новые сведения о составе вегетативных частей растения.

Как и предполагалось, содержание антоцианов в листьях *Sorbus aucuparia* оказалось значительно выше, чем в плодах и ветках. Это подтверждается данными о цветовых характеристиках экстрактов, где показатель интенсивности цвета (I_1 , е.д.) для экстрактов из листьев в 11,6 раза превышал аналогичный показатель для экстрактов из плодов

и в 3,0 раза — для экстрактов из веток. Данные коррелируют с ранее проведенными исследованиями, которые показывают высокое содержание фенольных соединений в листьях других представителей семейства Розоцветные (Rosaceae), таких как *Crataegus submollis* Sarg. ($3,12 \pm 0,05$ %, гиперозид) и *Fragaria vesca* L. ($3,90$ %) (Куркин, 2018; Шалдаева, 2013). В то же время, для корней *Fragaria vesca* L. этот показатель составил лишь $0,3$ %, что также указывает на значительные различия в распределении фенольных соединений в разных частях растений (Шалдаева, 2013).

Содержание дубильных веществ и гидроксикоричных кислот в исследованных экстрактах также показало сходную тенденцию. Листья *Sorbus aucuparia* оказались богатым источником этих соединений, что согласуется с результатами исследования полифенольных профилей других растений, таких как *Crataegus arnoldiana* Sarg., где содержание фенольных соединений составило $2,15 \pm 0,11$ % (Андреев, 2023).

Ранее в литературе акцентировалось внимание на составе плодов *Sorbus aucuparia* (Исайкина, 2017; Жангазиева, 2018; Тараховский, 2013; Bobinaitė et al., 2020), однако данное исследование впервые предоставляет количественные данные о составе

вегетативных частей (листьев и веток). Высокая концентрация антоцианов и других фенольных соединений в листьях открывает новые возможности для использования этого сырья в качестве источника биологически активных веществ.

Ограничение исследования

Исследование проводилось с использованием высушенного растительного сырья, что могло повлиять на концентрацию целевых соединений из-за возможных потерь при сушке. Это обстоятельство следует учитывать при интерпретации результатов и сопоставлении их с данными, полученными на свежем сырье. Для дальнейших исследований целесообразно провести сравнительный анализ полученных данных с использованием других методов экстракции и анализа фенольных соединений, чтобы минимизировать погрешности и получить более точные количественные оценки. Это также позволит расширить представления о влиянии технологических параметров на состав и свойства экстрактов из различных частей растений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе анализа и обобщения полученных данных параметры оценки экстрактов (коэффициент поглощения, интенсивность цвета, оттенок) при использовании разных растворителей не выявили значительных расхождений и варьировались в пределах ошибки измерений. В совокупности использование предлагаемых методов возможно при исследовании показателей цвета с помощью инструментальных способов.

Практическая значимость исследования заключается в дальнейшем использовании полученных экстрактов из вегетативных частей и плодов *Sorbus aucuparia Nevezhinskaya* при производстве продуктов питания. Введение сырья растительного происхождения в рецептуру продуктов питания (напитков, соусов, кондитерских изделий и т.д.), позволяет не только расширить ассортимент продукции, изменить органолептические и потребительские характеристики, но и обогатить изделия микро- и макроэлементами, пищевыми волокнами. Сочетание полученных экстрактов из растительного сырья с другими ингредиентами способствует

улучшению вкуса, аромата и цвета, что позволяет исключить из рецептурного состава продукта красители, ароматизаторы, кислоты.

Результаты настоящей работы подтверждают целесообразность использования экстрактов из *Sorbus aucuparia Nevezhinskaya* в пищевой промышленности. Это направление требует дальнейшего исследования для оптимизации технологических процессов экстрагирования, изучения взаимодействия растительных экстрактов с другими компонентами рецептуры и оценки их влияния на функциональные и сенсорные свойства конечной продукции. Таким образом, настоящее исследование закладывает основу для разработки инновационных продуктов с повышенной биологической ценностью и улучшенными характеристиками, соответствующих современным требованиям к качеству и натуральности.

АВТОРСКИЙ ВКЛАД

Ксения Николаевна Нициевская: научное руководство исследованием; концептуализация; разработка методологии исследования; валидация данных.

Светлана Владимировна Станкевич: визуализация; проведение исследования.

Елена Валерьевна Бородай: написание-рецензирование и редактирование рукописи.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Kseniya N. Nitsievskaya: supervision; conceptualization; methodology; validation.

Svetlana V. Stankevich: visualization; investigation.

Elena V. Boroday: writing — reviewing and editing.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Абрамова, И. М., Головачева, Н. Е., Морозова, С. С., Воробьева, Е. В., Галлямова, Л. П., & Шубина, Н. А. (2018). Исследование влияния ферментативной обработки на показатели качества спиртованных морсов из плодово-ягодного сырья. *Пищевая промышленность*, 10, 77–81.
- Abramova, I. M., Golovacheva, N. E., Morozova, S. S., Vorob'eva, E. V., Gallyamova, L. P., & Shubina, N. A. (2018). Investigation of the effect of enzymatic treatment on the quality indicators of spirituous drinks from fruit and berry raw materials. *Food Industry*, 10, 77–81. (In Russ.)
- Абрамова, И. М., Поляков, В. А., Савельева, В. Б., Сурин, Н. М., & Приёмухова, Н. В. (2015). Определение цветности спиртных напитков с использованием спектрофотометрического метода анализа. *Пиво и напитки*, 1, 40–42.
- Abramova, I. M., Poliakov, V. A., Savelieva, V. B., Surin, N. M., & Priyomuhova, N. V. (2015). Determination of chromaticity of alcoholic beverages using the spectrophotometric analysis method. *Beer and Beverages*, 1, 40–42. (In Russ.)
- Андреев А.А., Правдивцева О.Е., Куркина А.В., Рыжов В.М., & Браславский В.Б. (2023). Изучение содержания суммы флавоноидов в листьях некоторых культивируемых видов рода *Crataegus* L. Пути и формы совершенствования фармацевтического образования. Актуальные вопросы разработки и исследования новых лекарственных средств. Сборник трудов 9-й Международной научно-методической конференции (с. 141–145). Воронеж: Воронежский государственный университет. <https://doi.org/10.17308/978-5-9273-3827-6-2023-142-145>
- Andreev, A.A., Pravdivtseva, O.E., Kurkina, A.V., Ryzhov, V.M., & Braslavsky, V.B. (2023). The study of the amount of flavonoids in the leaves of some cultivated species of the genus *Crataegus* L. In *Ways and forms of improving pharmaceutical education. Current issues of development and research of new drugs. Proceedings of the 9th International Scientific and Methodological Conference* (pp. 141–145). Voronezh: Voronezh State University. (In Russ.) <https://doi.org/10.17308/978-5-9273-3827-6-2023-142-145>
- Аникина, Н. С., Червяк, С. Н., & Гниломедова, Н. В. (2019). Методы оценки цвета вин. Обзор. *Аналитика и контроль*, 23(2), 158–167. <https://doi.org/10.15826/analitika.2019.23.2.003>
- Anikina, N. S., Chervyak, S. N., & Gnilomedova, N. V. (2019). Methods for evaluating the color of wines. The review. *Analitika i Kontrol'*, 23(2), 158–167. (In Russ.) <https://doi.org/10.15826/analitika.2019.23.2.003>
- Аристова, Н.А., & Пискарев, И.М. (2011). *Физико-химические методы получения экологически чистой активированной питьевой воды*. Нижний Тагил: НТИ (ф) УрФУ.
- Aristova, N.A., & Piskarev, I.M. (2011). *Physico-chemical methods for obtaining environmentally friendly activated drinking water*. Nizhny Tagil: NTI (f) UrFU. (In Russ.)
- Бурак, Л. Ч. (2022). *Использование озоновой технологии в пищевой промышленности*. Минск: СтройМедиаПроект.
- Burak, L. Ch. (2022). *Using ozone technology in the food industry*. Minsk: Stroymediaproject. (In Russ.)
- Жангазиева, И.Т., Калганова, Н.В., & Полотнянко, Н.А. (2018). Определение флавоноидных комплексов в составе рябины обыкновенной (литературный обзор). *Материалы X Международной студенческой научной конференции*. Издательство: ООО «Научно-издательский центр «Академия Естествознания».
- Zhangazieva, I.T., Kolganova, N.V., & Polotnyanko, N.A. (2018). Determination of flavonoid complexes in mountain ash composition (literature review). *Materials of the X International Student Scientific Conference*. Scientific Publishing Center "Academy of Natural Sciences". (In Russ.)
- Исайкина, Н.В., Калинкина, Г.И., Разина, Т.Г., Зуева, Е.П., Рыбалкина, О.Ю., Ульрих, А.В., Фёдорова, Е.П., & Шилова, А.Б. (2017). Плоды рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.)

- как источник средства для повышения эффективности химиотерапии опухолей. *Химия растительного сырья*, 4, 165–173. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2017041839>
- Isaikina, N.V., Kalinkina, G.I., Razina, T.G., Zueva, E.P., Rybalkina, O.Yu., Ulrich, A.V., Fedorova, E.P., & Shilova, A.B. (2017). Fruits of *Sorbus aucuparia* L. as a source for increasing chemotherapy effectiveness against tumors. *Chemistry of Plant Raw Materials*, 4, 165–173. (In Russ.) <https://doi.org/10.14258/jcprm.2017041839>
- Колдаев, В. М. (2013). Оптические свойства экстрактов из лепестков цветков. *Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН*, 10, 15–18.
- Koldaev, V. M. (2013). The optical properties of extracts from petals flowers. *Bulletin of the Botanical Garden-Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*, 10, 15–18. (in Russ.)
- Колдаев, В. М. (2013). *Спектры поглощения экстрактов из лекарственных растений Приморья*. Москва: Спутник+.
- Koldaev, V. M. (2013). *Absorption spectra of extracts from medicinal plants of Primorye*. Moscow: Sputnik+. (in Russ.)
- Колдаев, В. М. (2015). Спектрофотометрические показатели извлечений из ревеня. *Тихоокеанский медицинский журнал*, 2, 52–54.
- Koldaev, V. M. (2015). The spectrophotometric values of extracts from rhubarb. *Pacific Medical Journal*, 2, 52–54. (in Russ.)
- Колдаев, В. М. (2017). Интегральные показатели спектров поглощения экстрактов из зеленых листьев. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, 19, 2(3), 463–467.
- Koldaev, V. M. (2017). Integrated indexes of absorption spectrums from green leaves extracts. *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 19, 2(3), 463–467. (in Russ.)
- Колдаев, В. М. (2018). Оптические свойства антоцианосодержащих извлечений из растительного сырья. *Тихоокеанский медицинский журнал*, 2, 50–52. <https://doi.org/10.17238/Pmj1609-1175.2018.2.50-52>
- Koldaev, V. M. (2018). The optical properties of including anthocyan extracts from plant's material. *Pacific Medical Journal*, 2, 50–52. (in Russ.) <https://doi.org/10.17238/Pmj1609-1175.2018.2.50-52>
- Колдаев, В. М., & Кропотов, А. В. (2020). Оптические свойства извлечений из боярышника. *Тихоокеанский медицинский журнал*, 2, 64–67. <https://doi.org/10.34215/1609-1175-2020-2-64-67>
- Koldaev, V. M., & Kropotov, A. V. (2020). The optical properties of hawthorn's extracts. *Pacific Medical Journal*, 2, 64–67. (in Russ.) <https://doi.org/10.34215/1609-1175-2020-2-64-67>
- Колдаев, В. М., Вашенко, В. В., & Бездетко, Г. Н. (2009). Фотометрические параметры абсорбционных спектров экстрактов из растений. *Тихоокеанский медицинский журнал*, 3, 49–51.
- Koldaev, V. M., Vaschenko, V. V., & Bezdetko, G. N. (2009). Photometrical parameters of absorption spectra of plant-derived extracts. *Pacific Medical Journal*, 3, 49–51. (In Russ.)
- Куркин, В.А., Зайцева, Е.Н., Морозова, Т.В., Правдивцева, О.Е., Авдеева, Е.В., Куркина, А.В., & Агапов, А.И. (2018). Изучение флавоноидов и антидепрессантной активности листьев и жидкого экстракта боярышника полумягкого. *Химия растительного сырья*, 4, 105–112. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2018043883>
- Kurkin, V.A., Zaitseva, E.N., Morozova, T.V., Pravdivtseva, O.E., Avdeeva, E.V., Kurkina, A.V., & Agapov, A.I. (2018). The study of flavonoids and antidepressant activity of leaves and liquid extract of *Crataegus submollis*. *Chemistry of Plant Raw Materials*, 4, 105–112. (In Russ.) <https://doi.org/10.14258/jcprm.2018043883>
- Макаров, А. С., Яланецкий, А. Я., Лутков, И. П., Шмигельская, Н. А., Шалимова, Т. Р., Максимовская, В. А., & Кречетова, В. В. (2017). Цветовые характеристики виноматериалов для розовых и красных игристых вин. *Магарах. Виноградарство и виноделие*, 3, 44–47.

- Makarov, A. S., Yalaneskii, A. Ya., Lutkov, I. P., Shmigelskaia, N. A., Shalimova, T. R., Maksimovskaia, V. A., & Krechetova, V. V. (2017). Color characteristics of wine materials for red and rosé sparkling wines. *Magarach. Viticulture and Winemaking*, 3, 44–47. (In Russ.)
- Нечипоренко, А. П., Мельникова, М. И., Нечипоренко, У. Ю., Плотникова, Л. В., & Успенская, М. В. (2018). Оптические свойства масляных экстрактов и шротов лечебных и пряно-ароматических трав. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*, 8(4), 6–12. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2018-8-4-6-12>
- Nechiporenko, A. P., Melnikova, M. I., Nechiporenko, U. Yu., Plotnikova, L. V., & Uspenskaya, M. V. (2018). Optical properties of oil extracts and residues of medicinal and aromatic herbs. *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*, 8(4), 6–12. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2018-8-4-6-12>
- Нилова, Л.П., Икрамов, Р.А., & Малютенкова, С.М. (2019). Влияние СВЧ-нагрева на оптические характеристики ягодных экстрактов. *Вестник ВГУИТ*, (81), 1, 218–224. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-218-224>
- Nilova, L.P., Ikramov, R.A., & Malyutenkova, S.M. (2019). The effect of microwave heating on the optical characteristics of berry extracts. *Vestnik VGUIT*, (81), 1, 218–224. (In Russ.) <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-1-218-224>
- Остроухова, Е. В., Пескова, И. В., & Луткова, Н. Ю. (2015). Исследование сенсорных профилей белых столовых вин из винограда сорта Мускат белый. *Магарач. Виноградарство и виноделие*, 4, 44–46.
- Ostroukhova, E. V., Peskova, I. V., & Lutkova, N. Yu. (2015). Study of sensory profiles of table wine materials made from the grape 'White Muscat.' *Magarach. Viticulture and Winemaking*, 4, 44–46. (In Russ.)
- Плотникова, Л. В., Нечипоренко, У. Ю., Плотникова, Н. А., Успенская, М. В., & Ишевский, А. Л. (2017). Оптические методы в исследовании масляных экстрактов и шротов растительного сырья. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*, 3, 33–42. <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2017-10-3-33-42>
- Plotnikova, L. V., Nechiporenko, U. Yu., Plotnikova, N. A., Uspenskaya, M. V., & Ishevskiy, A. L. (2017). Optical methods in the study of oil extracts and meals of vegetable raw materials. *Processes and Food Production Equipment*, 3, 33–42. (In Russ.) <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2017-10-3-33-42>
- Погоржельская, Н. С., Абрамова, И. М., & Кудряшов, В. Л. (2019). Ультразвуковая обработка растительного сырья в производстве ликероводочных изделий. *Пищевая промышленность*, 10, 84–88. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10166>
- Pogorzelskaya, N. S., Abramova, I. M., & Kudryashov, V. L. (2019). Ultrasonic processing of vegetable raw materials in the production of alcoholic beverages. *Food Industry*, 10, 84–88. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10166>
- Ревина, А. А., Геворгиз, Р. Г., Лозинина, С. С., Железнова, С. Н., Тхан, Т., Павлов, Ю. С., Нехорошев, М. В., & Рябушко, В. И. (2016). Оптические свойства и радиационная стабильность экстрактов морской диатомеи *Cylindrotheca closterium* (Ehrenb.) Reimann et Lewin. *Сорбционные и хроматографические процессы*, 16(2), 173–182.
- Revina, A. A., Gevorgiz, R. G., Lozinina, S. S., Zheleznova, S. N., Than, T., Pavlov, Yu. S., Nekhoroshev, M. V., & Ryabushko, V. I. (2016). Optical properties and radiation stability of extracts of the marine diatom *Cylindrotheca closterium* (Ehrenb.) Reimann et Lewin. *Sorption and Chromatography Processes*, 16(2), 173–182. (In Russ.)
- Рожнов, Е.Д., Школьников, М.Н., Пушмина, И.Н., Кудрявцев, М.Д., & Галимова, А.Г. (2022). Исследование влияния аскорбиновой кислоты на процесс потемнения сока облепихи как ингредиента специального питания спортсменов. *Человек. Спорт. Медицина*, (22), S1, 72–84. <https://doi.org/10.14529/hsm22s113>
- Rozhnov, E.D., Shkolnikova, M.N., Pushmina, I.N., Kudryavtsev, M.D., & Galimova, A.G. (2022). The effect of ascorbic acid on the color of sea buckthorn juice as an ingredient of sports nutrition. *Human. Sport. Medicine*, (22), S1, 72–84. (In Russ.) <https://doi.org/10.14529/hsm22s113>

- Сергунова, Е.В., Марахова, А.И., & Аврач, А.С. (2013). Методы количественного определения органических кислот в лекарственном растительном сырье и водных извлечениях. *Фармация*, 4, 8–11.
- Sergunova, E.V., Marakhova, A.I., & Avrach, A.S. (2013). Methods for the quantification of organic acids in raw medicinal plant materials and aqueous extracts. *Pharmacy*, 4, 8–11. (In Russ.)
- Стародубцева, М. Н., & Потапова, Е. А. (2019). Получение компонентов для производства безалкогольных тонизирующих напитков. *Инновации в пищевой биотехнологии. Сборник тезисов VII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых* (том 2, с. 132–133). Кемерово: Кемеровский государственный университет.
- Starodubtseva, M. N., & Potapova, E. A. (2019). Obtaining components for the production of non-alcoholic tonic drinks. *Innovations in Food Biotechnology. Collection of Abstracts of the VII International Scientific Conference of Students, Postgraduates and Young People* (vol. 2, p. 132–133). Kemerovo State University. (In Russ.)
- Струкова, В. Е., Таланян, О. Р., Стрибижева, Л. И., & Гусев, П. В. (2015). Разработка рецептур безалкогольных напитков специального назначения на основе растительных биологически активных веществ. *Научные труды КубГТУ*, 8, 88–94.
- Strukova, V. E., Talanyan, O. R., Stribizheva, L. I., & Gusev, P. V. (2015). Development of formulations of soft drinks of special purpose plant-based biologically active substances. *Scientific Works of KubSTU*, 8, 88–94. (In Russ.) <http://ntk.kubstu.ru/file/670>
- Тараховский, Ю.С., Ким, Ю.А., Абдрасилов, Б.С., & Музафаров, Е.Н. (2013). *Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина*. Пушкино: Sunchrobook.
- Tarakhovsky, Yu.S., Kim, Yu.A., Abdrasilov, B.S., & Muzafarov, E.N. (2013). *Flavonoids: Biochemistry, biophysics, medicine*. Pushchino: Sunchrobook. (In Russ.)
- Шалдаева, Т.М. (2013). Содержание флавоноидов в некоторых представителях семейства *Rosaceae* Juss. из природных популяций лесостепной зоны Западной Сибири. *Химия растительного сырья*, 1, 239–241. <https://doi.org/10.14258/jcprm.1301239>
- Shaldaeva, T.M. (2013). Content of flavonoids in some representatives of the family *Rosaceae* Juss. from natural populations of the forest-steppe zone of Western Siberia. *Chemistry of Plant Raw Materials*, 1, 239–241. (In Russ.) <https://doi.org/10.14258/jcprm.1301239>
- Шестопалова, И.А., & Уварова, Н.А. (2012). Влияние экстрактов дикорастущих плодов и ягод на цвет рубленых полуфабрикатов из мяса птицы. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*, 1, 53–59.
- Shestopalova, I.A., & Uvarova, N.A. (2012). Influence of extracts of wild-growing fruits and berries on the color of minced semi-finished poultry products. *Scientific Journal of ITMO University. Series "Processes and Devices of Food Production"*, 1, 53–59. (In Russ.)
- Ajila, C. M., Brar, S. K., Verma, M., Tyagi, R. D., Godbout, S., & Valéro, J. R. (2011). Extraction and analysis of polyphenols: Recent trends. *Critical Reviews in Biotechnology*, 31(3), 227–249. <https://doi.org/10.3109/07388551.2010.513677>
- Bobinaité, R., Grootaert, C., Van Camp, J., Šarkinas, A., Liaudanskas, M., Žvikas, V., Viškelis, P., & Rimantas Venskutonis, P. (2020). Chemical composition, antioxidant, antimicrobial and antiproliferative activities of the extracts isolated from the pomace of rowanberry (*Sorbus aucuparia* L.). *Food Research International*, 136, 109310. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109310>
- Cairone, F., Frascchetti, C., Menghini, L., Zengin, G., Filippi, A., Casadei, M. A., & Cesa, S. (2023). Effects of processing on chemical composition of extracts from sour cherry fruits, a neglected functional food. *Antioxidants*, 12(2), 445. <https://doi.org/10.3390/antiox12020445>
- Campbell, J., Sarkhosh, A., Habibi, F., Gajjar, P., Ismail, A., Tsolova, V., & El-Sharkawy, I. (2021). Evaluation of biochemical juice attributes and color-related traits in muscadine grape population. *Foods*, 10(5), 1101. <https://doi.org/10.3390/foods10051101>
- Carradori, S., Cairone, F., Garzoli, S., Fabrizi, G., Iazzetti, A., Giusti, A. M., Menghini, L., Uysal, S., Ak, G., Zengin, G., & Cesa, S. (2020). Phytocomplex characterization and biological

- evaluation of powdered fruits and leaves from *Elaeagnus angustifolia*. *Molecules*, 25(9), 2021. <https://doi.org/10.3390/molecules25092021>
- Krivoruchko, E., Markin, A., Samoilova, V., Ilina, T., & Koshovyi, O. (2018). Research in the chemical composition of the bark of *Sorbus aucuparia*. *Ceska Slov Farm*, 67(3), 113–115.
- Razina, T. G., Zueva, E. P., Ulrich, A. V., Rybalkina, O. Y., Chaikovskii, A. V., Isaikina, N. V., Kalinkina, G. I., Zhdanov, V. V., & Zyuz'kov, G. N. (2016). Antitumor effects of *Sorbus aucuparia* L. extract highly saturated with anthocyanins and their mechanisms. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 162(1), 93–97. <https://doi.org/10.1007/s10517-016-3554-4>
- Rutkowska, M., Kolodziejczyk-Czepas, J., Owczarek, A., Zakrzewska, A., Magiera, A., & Olszewska, M. A. (2021). Novel insight into biological activity and phytochemical composition of *Sorbus aucuparia* L. fruits: Fractionated extracts as inhibitors of protein glycation and oxidative/nitrative damage of human plasma components. *Food Research International*, 147, 110526. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110526>
- Šavikin, K. P., Zdunić, G. M., Krstić-Milošević, D. B., Šircelj, H. J., Stešević, D. D., & Pljevljakušić, D. S. (2017). *Sorbus aucuparia* and *Sorbus aria* as a source of antioxidant phenolics, tocopherols, and pigments. *Chemistry & Biodiversity*, 14(12). <https://doi.org/10.1002/cbdv.201700329>