



Профиль биологически активных веществ листьев аронии мичурина, произрастающей в условиях Центрального Черноземья

О. В. Тринева✉, О. В., Пугачева

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ВГУ»). 394018, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, д. 1

✉ Контактное лицо: Тринева Ольга Валерьевна. E-mail: trineevaov@mail.ru

ORCID: О. В. Тринева – <https://orcid.org/0000-0002-1421-5067>; О. В. Пугачева – <https://orcid.org/0009-0003-9170-3130>.

Статья поступила: 07.01.2024

Статья принята в печать: 17.04.2024

Статья опубликована: 19.04.2024

Резюме

Введение. Арония Мичурина (*Aronia × mitschurinii* A.K. Skvortsov & Maitul) – вид, полученный путем скрещивания аронии черноплодной (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott) и рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.). Данное растение более широко известно в литературе как рябина черноплодная. Арония Мичурина активно культивируется на территории Российской Федерации (РФ) и стран ближнего зарубежья для получения основного сырья – плодов. Не следует путать рябину черноплодную с аронией черноплодной, которая не произрастает в диком виде и практически не культивируется в РФ ввиду несъедобности плодов и малого декоративного значения растения. Листья, в отличие от плодов, рябины черноплодной пока не используются в качестве лекарственного растительного сырья (ЛРС). Однако, по предварительным исследованиям, являются перспективным источником БАВ (дубильные вещества, флавоноиды, лейкоантоцианы, витамины, комплекс микроэлементов и др.), проявляющих вяжущую, антиокислительную и противовоспалительную активность. Поэтому актуальной задачей является разработка показателей подлинности сырья по присутствию основных групп БАВ, а также методик и нормативов их количественного содержания для формирования проекта нормативной документации на листья аронии Мичурина.

Цель. Целью исследования являлось изучение профиля биологически активных веществ листьев аронии Мичурина, произрастающей на территории Центрального Черноземья РФ, для определения целевых групп, определяющих фармакологическую активность данного сырья.

Материалы и методы. Листья аронии Мичурина для исследования заготавливали в период технической зрелости плодов (август – сентябрь 2023 г.) от растения, культивируемого на территории г. Мичуринска (Тамбовской области), и высушивали. Проводили первичный скрининг на присутствие отдельных групп БАВ в листьях аронии Мичурина, применяя известные качественные реакции. Состав флавоноидов определяли методом тонкослойной хроматографии. Количественное определение основных групп БАВ проводили по известным методикам с применением современных физико-химических методов спектрофотометрии и капиллярного электрофореза.

Результаты и обсуждение. В листьях аронии Мичурина обнаружены дубильные вещества, флавоноиды, спирторастворимые сапонины, лейкоантоцианы, аминокислоты, аскорбиновая кислота и полисахариды в форме слизей. Алкалоиды обнаружены не были. При ТСХ-анализе флавоноидов обнаруживалось не менее 4 зон адсорбции с флуоресценцией желто-зеленого цвета, одна из которых идентифицирована как рутин. Содержание тиамин в листьях составило $0,99 \pm 0,084$ мг/кг; рибофлавин – $0,43 \pm 0,025$ мг/кг; холин – $44,4 \pm 3,9$ мг/кг; экстрактивных веществ – $31,52 \pm 0,22$ %; суммы флавоноидов в пересчете на рутин – $3,48 \pm 0,21$ %; суммы дубильных веществ в пересчете на катехин – $8,63 \pm 0,32$ %; суммы антоцианов в пересчете на цианидин-3-О-глюкозид – $11,62 \pm 0,69$ %. В листьях аронии Мичурина выявлено 17 аминокислот (суммарное содержание 5,88 %), 7 из них являются незаменимыми (2,71 %). Преобладающими аминокислотами являются лейцин и глутаминовая кислота – 18,37 и 10,88 % от суммарного содержания аминокислот соответственно. Определено также количественное содержание восьми свободных органических кислот (суммарное содержание 0,49 %). Преобладающими кислотами являются лимонная, яблочная и сорбиновая.

Заключение. В качестве целевых групп БАВ, отвечающих за фармакологическую активность аронии Мичурина листьев, наиболее рационально рассматривать комплекс полифенолов (флавоноиды, антоциановые соединения и дубильные вещества), содержание которых достаточно высоко. Согласно спектральным характеристикам доминирующими БАВ в сумме флавоноидов, дубильных веществ и антоцианов являются рутин, катехин и цианидин-3-О-глюкозид соответственно. Данный вид сырья может рассматриваться как перспективный источник БАВ с целью дальнейшего получения лекарственных растительных препаратов с антиоксидантным, капилляротекторным, вяжущим и противовоспалительным действием.

Ключевые слова: листья, арония Мичурина, *Aronia × mitschurinii* A.K. Skvortsov & Maitul, рябина черноплодная, биологически активные вещества

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. О. В. Пугачева осуществляла заготовку и сушку образцов сырья, проводила пробоподготовку к проведению анализа и исследование химического состава листьев. О. В. Тринева консультировала по полученным результатам, осуществляла написание текста статьи, разделов «Заключение» и «Обсуждение результатов».

Для цитирования: Тринева О. В., Пугачева О. В. Профиль биологически активных веществ листьев аронии мичурина, произрастающей в условиях Центрального Черноземья. *Разработка и регистрация лекарственных средств.* 2024;13(2):48–58. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2024-13-2-1715>

Profile of biologically active substances of *Aronia mitschurinii* leaves growing in the conditions of the Central Black Earth region

Olga V. Trineeva✉, Olga V. Pugacheva

Voronezh State University, 1, Universitetskaya sq., Voronezh, 394018, Russia

✉ Corresponding author: Olga V. Trineeva. E-mail: trineevaov@mail.ru

ORCID: Olga V. Trineeva – <https://orcid.org/0000-0002-1421-5067>; Olga V. Pugacheva – <https://orcid.org/0009-0003-9170-3130>.

Received: 07.01.2024

Accepted: 17.04.2024

Published: 19.04.2024

Abstract

Introduction. *Aronia mitschurinii* (*Aronia* × *mitschurinii* A.K. Skvortsov & Maitul) is a species obtained by crossing chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott) and mountain ash (*Sorbus aucuparia* L.). This plant is more widely known in the literature as chokeberry. *Mitschurinia* chokeberry is actively cultivated in the Russian Federation (RF) and neighboring countries to obtain the main raw material – fruits. *Aronia* should not be confused with chokeberry, which does not grow wild and is practically not cultivated in the Russian Federation due to the inedibility of the fruit and the low decorative value of the plant. The leaves, unlike the fruits, of *Mitschurinia* chokeberry are not yet used as medicinal plant raw materials (MPR). However, according to preliminary studies, they are a promising source of biologically active substances (tannins, flavonoids, leucoanthocyanins, vitamins, a complex of microelements, etc.), exhibiting astringent, antioxidant and anti-inflammatory activities. Therefore, an urgent task is to develop indicators of the authenticity of raw materials based on the presence of the main groups of biologically active substances, as well as methods and standards for their quantitative content for the formation of draft regulatory documentation for *Michurinia* chokeberry leaves.

Aim. The purpose of the study was to study the profile of biologically active substances of *Michurinia* chokeberry leaves, growing in the territory of the Central Black Earth Region of the Russian Federation, to determine the target groups that determine the pharmacological activity of this raw material.

Materials and methods. Leaves of *Michurinia* chokeberry for research were harvested during the period of technical maturity of the fruit (August – September 2023) from a plant cultivated in the city of *Michurinsk* (Tambov region) and dried. Primary screening was carried out for the presence of individual groups of biologically active substances in the leaves of *Michurinia* chokeberry, using known qualitative reactions. The composition of flavonoids was determined by thin layer chromatography. Quantitative determination of the main groups of biologically active substances was carried out according to known methods using modern physicochemical methods of spectrophotometry and capillary electrophoresis.

Results and discussion. Tannins, flavonoids, alcohol-soluble saponins, leucoanthocyanins, amino acids, ascorbic acid and polysaccharides in the form of mucilage were found in the leaves of *Aronia mitschurinii*. No alkaloids were found. TLC analysis of flavonoids revealed at least 4 adsorption zones with yellow-green fluorescence, one of which was identified as rutin. The thiamine content in the leaves was 0.99 ± 0.084 mg/kg; riboflavin – 0.43 ± 0.025 mg/kg; choline – 44.4 ± 3.9 mg/kg; extractives – 31.52 ± 0.22 %; the amount of flavonoids in terms of rutin – 3.48 ± 0.21 %; the amount of tannins in terms of catechin – 8.63 ± 0.32 %; the amount of anthocyanins in terms of cyanidin-3-O-glucoside – 11.62 ± 0.69 %. In the leaves of *Aronia mitschurinii*, 17 amino acids were identified (total content 5.88 %), 7 of them are essential (2.71 %). The predominant amino acids are leucine and glutamic acid – 18.37 and 10.88 % of the total amino acid content, respectively. The quantitative content of eight free organic acids was also determined (total content 0.49 %). The predominant acids are citric, malic and sorbic.

Conclusion. As the target groups of biologically active substances responsible for the pharmacological activity of *Aronia mitschurinii* leaves, it is most rational to consider a complex of polyphenols (flavonoids, anthocyanin compounds and tannins), the content of which is quite high. According to the spectral characteristics, the dominant biologically active substances in the sum of flavonoids, tannins and anthocyanins are rutin, catechin and cyanidin-3-O-glucoside, respectively. This type of raw material can be considered as a promising source of biologically active substances for the purpose of further obtaining herbal plants preparations with antioxidant, capillary-protective, astringent and anti-inflammatory effects.

Keywords: leaves, *Aronia* × *mitschurinii* A.K. Skvortsov & Maitul, biologically active substances

Conflict of interest. The authors declare that they have no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Contribution of the authors. Olga V. Pugacheva prepared and dried samples of raw materials, carried out sample preparation for analysis, and conducted studies of the chemical composition of leaves. Olga V. Trineeva wrote the text of the article, advised on the results obtained, wrote the conclusion and discussion of the results.

For citation: Trineeva O. V., Pugacheva O. V. Profile of biologically active substances of *Aronia mitschurinii* leaves growing in the conditions of the Central Black Earth region. *Drug development & registration*. 2024;13(2):48–58. (In Russ.) <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2024-13-2-1715>

ВВЕДЕНИЕ

Арония Мичурина (*Aronia* × *mitschurinii* A.K. Skvortsov & Maitul), более широко известная как рябина черноплодная, представляет собой многолетний кустарник семейства розоцветные (*Rosaceae*), достаточно распространенный и активно культивируемый на территории России и стран ближнего зарубежья для получения основного сырья – плодов. Арония Мичурина (*Aronia* × *mitschurinii* A.K. Skvortsov & Maitul) –

вид, полученный путем скрещивания аронии черноплодной (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott) и рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.). Данное растение более известно в литературе как рябина черноплодная. Не следует путать рябину черноплодную с аронией черноплодной, которая не произрастает в диком виде и практически не культивируется в РФ ввиду несъедобности плодов и малого декоративного значения растения [1, 2].

Плоды данного растения давно используются в народной и традиционной медицине, в связи с чем активно изучались на предмет химического состава [3–13]. Листья же рябины черноплодной, пока не используемые в качестве лекарственного растительного сырья (ЛРС), являющиеся побочным продуктом при заготовке плодов, также служат уникальным, по предварительным исследованиям [14–19], перспективным источником БАВ. Нормативная документация на листья аронии Мичурина в настоящее время отсутствует. В литературе имеется разрозненная информация о том, что листья содержат дубильные вещества, флавоноиды, лейкоантоцианы, витамины, комплекс микроэлементов и др., что подтверждает перспективность дальнейшего изучения данного сырья для получения лекарственных растительных препаратов (ЛРП), спектр действия которых будет основываться на вяжущей, антиокислительной и противовоспалительной активности. Основная масса исследований фармакологических свойств экстрактов плодов и листьев данного растения в настоящее время осуществляется за рубежом [20–43]. Часто в опубликованных исследованиях рябина черноплодная ошибочно называется авторами аронией черноплодной (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott). Поэтому актуальной задачей является разработка показателей подлинности сырья по присутствию основных групп БАВ, а также методик определения и нормативов их количественного содержания для формирования проекта нормативной документации на листья аронии Мичурина.

Целью исследования являлось изучение профиля биологически активных веществ листьев аронии Мичурина, произрастающей на территории Центрального Черноземья РФ, для определения целевых групп, определяющих фармакологическую активность данного сырья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Листья аронии Мичурина для исследования заготавливали в сухую погоду в период технической зрелости плодов (август – сентябрь 2023 г.) от растений, культивируемых на территории ФГБНУ «ФНЦ им. И. В. Мичурина» (г. Мичуринск, Тамбовская область), и высушивали на открытом воздухе в тени до остаточной влажности не более 10 %. Период сбора сырья обусловлен, по предварительным, ранее полученным нами данным [14–19], максимальным накоплением БАВ в листьях в выбранный период. Принадлежность образца к роду *Aronia*, виду *Aronia x mitschurinii* А.К. Skvortsov & Maitul подтверждена сотрудниками научного центра имени И. В. Мичурина.

Для определения качественного состава БАВ готовили водные и водно-спиртовые извлечения из исследуемого сырья по типу настоя в соответствии с ОФС.1.4.1.0018.15 «Настои и отвары» для сырья, содержащего дубильные вещества [44]. Водорастворимые группы БАВ (аминокислоты, полисахариды, водорастворимые сапонины, алкалоиды, дубильные

вещества и органические кислоты) определяли в водных извлечениях. Спирторастворимые (флавоноиды, антоцианы и спирторастворимые сапонины) – в спиртовых извлечениях, приготовленных путем экстракции 70%-м этанолом. Проводили первичный скрининг на присутствие отдельных групп БАВ в листьях аронии Мичурина, применяя известные качественные реакции [45].

Состав флавоноидов определяли методом тонкослойной хроматографии в системе растворителей «этилацетат:кислота муравьиная:вода» (10:2:3) на аналитических хроматографических пластинках Sorbfil ПТСХ-АФ-А-УФ со слоем силикагеля с флуоресцентным индикатором на алюминиевой подложке размером 10 × 15 см (объем пробы спиртового извлечения – 20 мкл (МШ-10, Россия); объем 0,1%-го спиртового раствора стандартного образца (СО) рутина (АО «ВЕКТОН», Россия, степень чистоты не менее 99,5 %) – 5 мкл). Все реактивы и растворители, использованные в работе, марки «х.ч.» и «ч.д.а» (АО «ВЕКТОН», Россия).

Количественное определение основных групп проводили по известным методикам (таблица 1). Оптическую плотность растворов измеряли на спектрофотометре СФ-2001 (ООО «ОКБ Спектр», Россия) в диапазоне длин волн 180–600 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм относительно растворителей или растворов сравнения. Разделение и определение БАВ методом капиллярного электрофореза проводили на приборе марки «КАПЕЛЬ®-105» (ГК «Люмэкс», Россия).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты качественного определения основных групп БАВ в листьях аронии Мичурина представлены в таблице 2.

Таким образом, в листьях аронии Мичурина установлено присутствие флавоноидов, аминокислот, дубильных веществ, полисахаридов в форме слизи, лейкоантоцианов, спирторастворимых сапонинов и аскорбиновой кислоты. Алкалоиды обнаружены не были.

При исследовании спектральных характеристик комплекса БАВ сырья установлено, что спектр поглощения водного извлечения в диапазоне длин волн 250–350 нм имеет максимум поглощения при 278 ± 2 нм (рисунок 1), что характерно для некоторых БАВ, в том числе и дубильных веществ, причем преобладающим компонентом в их сумме является катехин. Спектр поглощения спиртового подкисленного извлечения в диапазоне длин волн 500–600 нм характеризуется максимумом при 540 ± 2 нм, что свидетельствует о наличии антоциановых соединений (рисунок 2). А вид дифференциального спектра поглощения комплекса флавоноидов листьев аронии Мичурина с алюминия хлоридом с максимумом при 410 ± 2 нм (рисунок 3) подтверждает присутствие суммы флавоноидов (рутин) в сырье.

Таблица 1. Используемые в работе методы определения БАВ в листьях аронии Мичурина

Table 1. Methods used in the work for determining biologically active substances in the leaves of *Aronia mitschurinii*

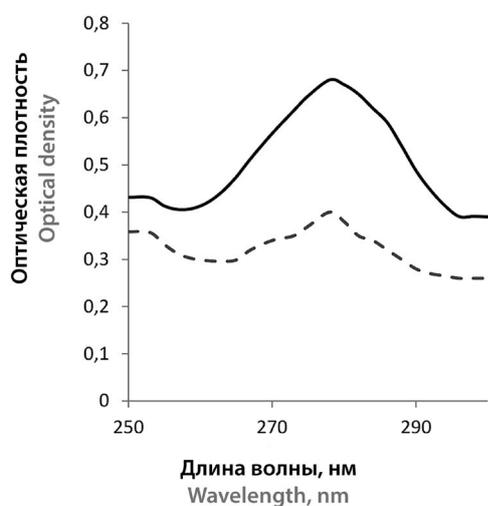
№ п/п No.	Группа БАВ Groups of biologically active substances	Метод Method	Литература References
1	Экстрактивные вещества Extractives substances	Гравиметрия (метод 1) Gravimetry (method 1)	[44]
2	Сумма флавоноидов Total flavonoids	Дифференциальная спектрофотометрия Differential spectrophotometry	[19]
3	Сумма дубильных веществ Total tannins	Прямая спектрофотометрия Direct spectrophotometry	[14]
4	Сумма антоцианов Sum of anthocyanins		[18]
5	Аминокислотный состав Amino acid composition		[46]
6	Состав органических кислот Composition of organic acids	Капиллярный электрофорез Capillary electrophoresis	[47]
7	Витамины группы В B vitamins		[48]

Таблица 2. Результаты качественного определения основных групп БАВ в листьях аронии Мичурина

Table 2. Results of qualitative determination of the main groups of biologically active substances in the leaves of *Aronia mitschurinii*

№ п/п No.	Группы БАВ Groups of biologically active substances	Реагент Reagent	Результат реакции Reaction result
1	Аскорбиновая кислота Ascorbic acid	Калия перманганат и железа сульфат (II) Potassium permanganate and iron sulfate (II)	Наблюдалось обесцвечивание раствора калия перманганата Discoloration of potassium permanganate solution
2	Полисахариды Polysaccharides	Осаждение слизи этанолом; раствор аммиака; хлористоводородная кислота Precipitation of mucus by ethanol; ammonia solution; hydrochloric acid	Наблюдалось выпадение осадка (слизи) Sedimentation was observed (slime)
3	Дубильные вещества Tannins	Соли алкалоидов; калия бихромат; железоаммонийные квасцы; ацетат свинца в уксуснокислой среде; нитрит натрия; раствор ванилина; реакция Стиасни Salts of alkaloids; potassium bichromate; ferric ammonium alum; lead acetate in acetic acid solution; sodium nitrite; vanillin solution; Stiasni's reaction	Наблюдалось появление характерных осадков или появление окрашивания Observed the appearance of characteristic precipitation or the appearance of coloring
4	Флавоноиды Flavonoids	Цианидиновая проба; хлорид алюминия; хлорид железа (III); раствор аммиака, ацетат свинца Cyanidin test; aluminum chloride; iron(III) chloride; ammonia solution, lead acetate	Появлялось характерное окрашивание (малиновое, желто-оранжевое, зеленовато-бурое, желтое) или осадок A characteristic color (crimson, yellow-orange, greenish-brown, yellow) or sediment appeared
5	Сапонины Saponins	Реакция пенообразования; ацетат свинца и бария хлорид; концентрированная серная кислота Foaming reaction; lead acetate and barium chloride; concentrated sulfuric acid	Наблюдалось пенообразование; выпадение осадков (спирторастворимые сапонины) Foaming was observed; precipitation (alcohol-soluble saponins)

№ п/п No.	Группы БАВ Groups of biologically active substances	Реагент Reagent	Результат реакции Reaction result
6	Алкалоиды Alkaloids	Реактивы Драгендорфа и Марме; пикриновая кислота Dragendorff and Marme reagents; picric acid	Выпадение осадков не наблюдалось No precipitation was observed
7	Антоцианы Anthocyanins	Нагревание с кислотой хлористоводородной Heating with hydrochloric acid	Наблюдалось вишневое окрашивание (лейко- формы) Cherry staining (leukophores)
8	Аминокислоты Amino acids	Нингидриновая проба Ninhydrin test	Наблюдалось сине-фиолетовое окрашивание Blue-violet coloring



- Извлечение из листьев аронии Мичурина
Extraction from chokeberry leaves Michurina
- - - Извлечение из листьев (с добавкой стандартного образца катехина) аронии Мичурина
Extraction from leaves (with the addition standard sample catechin) chokeberry Michurina

Рисунок 1. Вид спектра поглощения, характеризующий присутствие дубильных веществ

Figure 1. Type of absorption spectrum characterizing the presence of tannins

При ТСХ-анализе флавоноидов на хроматограмме 20 мкл испытуемого извлечения после проявления 5%-м спиртовым раствором алюминия хлорида появлялось не менее 4 зон адсорбции на белом фоне и при просмотре в УФ-свете при длине волны 365 нм обнаруживалась зона адсорбции с флуоресценцией желто-зеленого цвета на уровне пятна СО рутина (рисунок 4).

Результаты количественного определения основных идентифицированных групп БАВ в листьях аронии Мичурина приведены в таблице 3.

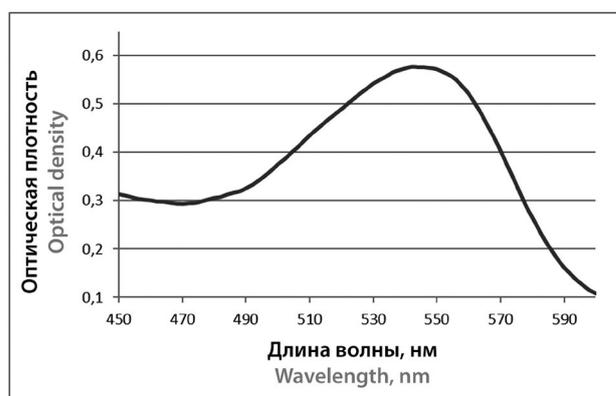


Рисунок 2. Вид спектра поглощения извлечения из высушенных листьев аронии Мичурина, полученного с применением подкисленного этанола

Figure 2. Type of absorption spectrum of extract from dried leaves of *Aronia mitschurinii*, obtained using acidified ethanol

Согласно данным таблицы 3 содержание комплекса полифенольных БАВ (дубильных веществ, флавоноидов и антоцианов) в листьях рябины черноплодной достаточно высоко.

Витамины способны накапливаться во всех растениях в тех или иных количествах. Как правило, содержание витаминов группы В в растительном сырье невелико. В листьях аронии Мичурина содержание витаминов В1, В2, В4 также мало. В сравнении с суточной потребностью наиболее высоким можно назвать содержание тиамин (таблица 3).

В листьях аронии Мичурина определен также состав 17 свободных и связанных аминокислот. Выявлено 7 незаменимых аминокислот: изолейцин, лизин, лейцин, фенилаланин, валин, треонин, метионин. Суммарное содержание аминокислот составило 5,88 %, из которых незаменимых – 2,71 % (рисунок 5), что составляет 46 % от общего содержания (см. таблицу 3).

Преобладающими аминокислотами являются лейцин и глутаминовая кислота – 18,37 и 10,88 % от суммарного содержания аминокислот соответственно.

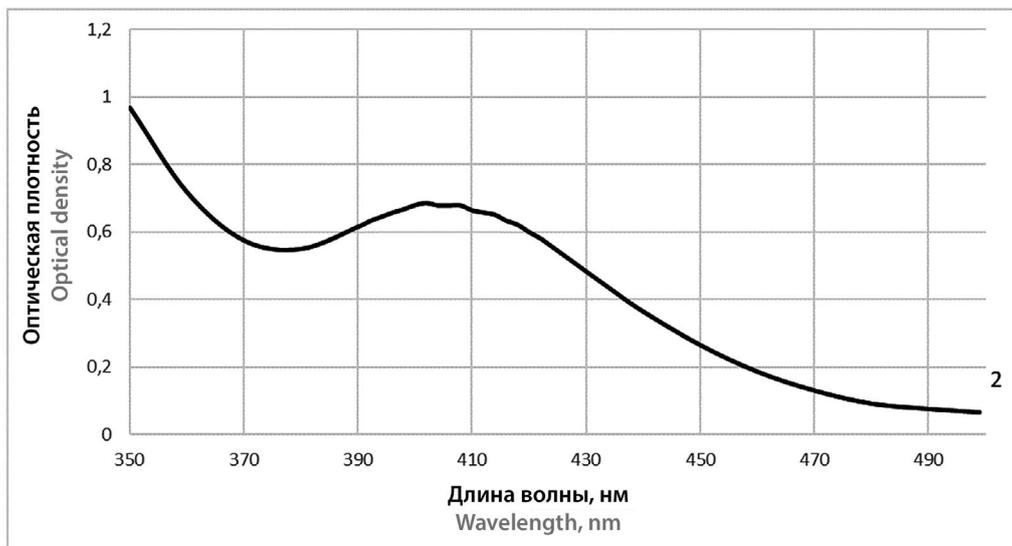


Рисунок 3. Вид дифференциального спектра поглощения комплекса флавоноидов листьев аронии Мичурина с алюминия хлоридом в видимой области спектра

Figure 3. View of the differential absorption spectrum of the complex of flavonoids from *Aronia mitschurinii* leaves with aluminum chloride in the visible region of the spectrum

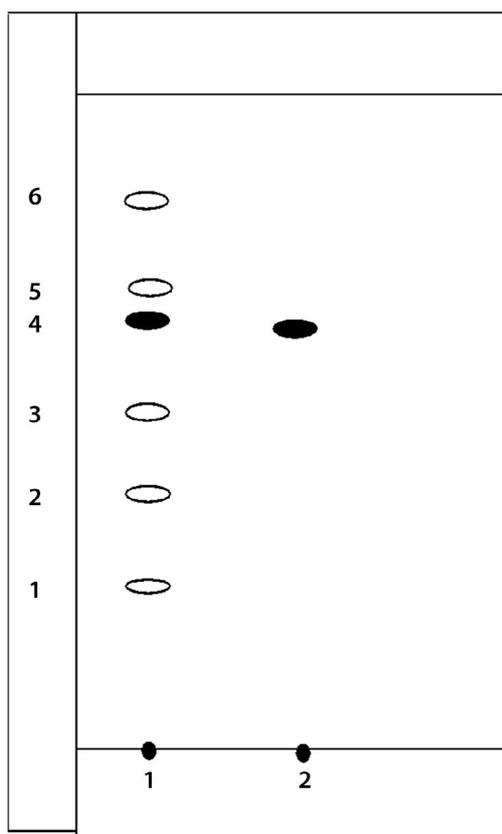


Рисунок 4. Схема хроматограммы разделения зон флавоноидов листьев аронии Мичурина:

1 – извлечение из листьев; 2 – СО рутина

Figure 4. Chromatogram diagram of the separation of zones of flavonoids from the leaves of *Aronia mitschurinii*:

1 – extract from leaves; 2 – standard sample of rutin



Рисунок 5. Содержание аминокислот в аронии Мичурина листьях, %

Figure 5. Amino acid content in leaves of *Aronia mitschurinii*, %

Таблица 3. Содержание основных групп БАВ в листьях аронии Мичурина

Table 3. Content of main groups of biologically active substances in leaves of *Aronia mitschurinii*

№ п/п No.	Группа БАВ Group of BAS	Результат Result	Содержание БАВ в плодах [50–52] Content of BAS in fruits [50–52]
1	Витамин В ₁ (тиамин) Vitamin B ₁ (thiamine)	0,99 ± 0,084 мг/кг 0.99 ± 0.084 mg/kg	0,06 мг/кг 0.06 mg/kg
2	Витамин В ₂ (рибофлавин) Vitamin B ₂ (riboflavin)	0,43 ± 0,025 мг/кг 0.43 ± 0.025 mg/kg	0,11 мг/кг 0.11 mg/kg
3	Витамин В ₄ (холин) Vitamin B ₄ (choline)	44,4 ± 3,9 мг/кг 44.4 ± 3.9 mg/kg	377 мг/кг 377 mg/kg
4	Экстрактивные вещества Extractives substances	31,52 ± 0,22 %	20–38 %*
5	Сумма флавоноидов в пересчете на рутин Total flavonoids in terms of rutin	3,48 ± 0,21 %	1,5–2,2 %*
6	Сумма дубильных веществ в пересчете на катехин The amount of tannins in terms of catechin	8,63 ± 0,32 %	0,98–1,53 %*
7	Сумма антоцианов в пересчете на цианидин-3-О-глюкозид Total anthocyanins expressed as cyanidin-3-O-glucoside	11,62 ± 0,69 %	1,3–3,7 %*
8	Сумма свободных органических кислот Total free organic acids	0,49 ± 0,03 %	1,52–1,71 %*
9	Сумма свободных и связанных аминокислот Sum of free and bound amino acids	5,88 ± 0,29 %	–

Примечание. * В зависимости от сорта.

Note. * Depending on the variety of fruit.

Среди обнаруженных аминокислот присутствуют аминокислоты, способные оказывать антиоксидантное действие: аргинин, пролин, гистидин, фенилаланин, метионин, тирозин [49], способные вносить вклад в общий суммарный эффект экстракционных препаратов на основе листьев. Достаточно высокое содержание аминокислот в листьях аронии Мичурина подтверждает перспективность сырья для создания новых лекарственных средств.

В листьях аронии Мичурина определено также количественное содержание восьми свободных органических кислот (рисунок 6). Содержание муравьиной (менее 0,15 %), фумаровой (менее 0,005 %), янтар-

ной (менее 0,05 %) и винной (менее 0,005 %) кислот не превышает нижних пределов измерения.

Суммарное содержание выявленных органических кислот составляет 0,49 % (см. таблицу 3). Преобладающими кислотами являются лимонная, яблочная и сорбиновая (рисунок 6), что определяется родственной принадлежностью к рябине обыкновенной. В литературе имеются отдельные сведения о наличии антибактериальной активности извлечений из листьев [22], что также может определяться присутствием сорбиновой кислоты.

Интересным представлялось провести сравнение листьев и плодов аронии Мичурина [50–52] по содержанию комплекса БАВ (см. таблицу 3). Органические кислоты ожидаемо накапливаются больше в плодах, придавая им совместно с сахарами кисло-сладкий вкус. В листьях содержатся лейкоантоцианы, концентрирующиеся к концу августа – началу сентября и обуславливающие покраснение листьев аронии Мичурина осенью. Содержание суммы флавоноидов и экстрактивных веществ примерно одинаково в листьях и плодах. Дубильные вещества при этом преимущественно накапливаются в листьях, обуславливая характерный терпкий, вяжущий вкус сырья и водного извлечения.

Таким образом, листья аронии Мичурина не могут служить источником витаминов группы В, органических и аминокислот, но эти вещества способны оказывать положительное действие на организм в комплексе с другими БАВ листьев. Однако данное ЛРС, очевидно, является источником полифенолов, обладающих, как известно, антиоксидантными, ка-

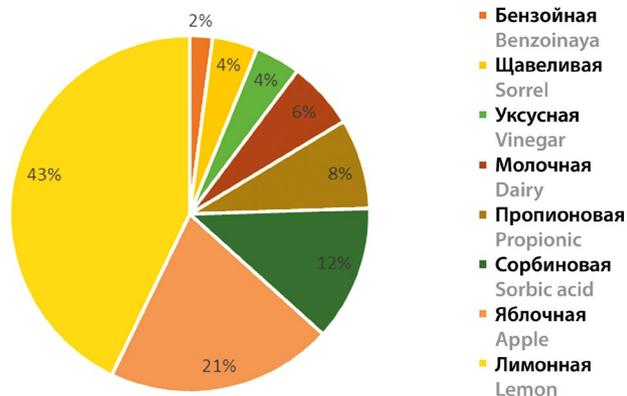


Рисунок 6. Количественное распределение органических кислот аронии Мичурина листьев (% от общей суммы)

Figure 6. Quantitative distribution of organic acids of *Aronia mitschurinii* leaves (% of the total)

пилляропротекторными, противовоспалительными и вяжущими свойствами. Именно данные группы БАВ следует считать целевыми для разработки показателей качества листьев и ЛРП на их основе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных качественных реакций подтверждено наличие в листьях аронии Мичурина дубильных веществ, флавоноидов, спирто-растворимых сапонинов, лейкоантоцианов, аминокислот, аскорбиновой кислоты и полисахаридов в форме слизей. В листьях аронии Мичурина содержание витаминов В₁, В₂, В₄ невелико, поэтому данное сырье не следует рассматривать в качестве источника витаминов группы В, но последние могут оказывать положительное действие на организм в комплексе с другими БАВ листьев. В листьях аронии Мичурина выявлено 17 аминокислот, 7 из них являются незаменимыми: изолейцин, лизин, лейцин, фенилаланин, валин, треонин, метионин. Суммарное содержание аминокислот составило 5,88 %, из которых незаменимых – 2,71 %. Преобладающими аминокислотами являются лейцин и глутаминовая кислота – 18,37 и 10,88 % от суммарного содержания аминокислот соответственно.

В качестве целевых групп БАВ, отвечающих за фармакологическую активность аронии Мичурина листьев, наиболее рационально рассматривать комплекс полифенолов (флавоноиды, антоциановые соединения и дубильные вещества), содержание которых достаточно высоко. Согласно спектральным характеристикам доминирующими БАВ в сумме флавоноидов, дубильных веществ и антоцианов являются рутин, катехин и цианидин-3-О-глюкозид соответственно. Методом ТСХ установлено наличие в составе от 4 до 6 флавоноидов, из которых идентифицирован рутин.

Таким образом, данный вид сырья может рассматриваться как перспективный источник БАВ с целью дальнейшего получения лекарственных растительных препаратов с антиоксидантным, капилляропротекторным, вяжущим и противовоспалительным действием. Именно данные группы БАВ в рамках сквозной стандартизации следует считать целевыми для разработки показателей качества листьев и ЛРП на их основе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградова Ю. К., Куклина А. Г. Арония Мичурина: от создания до натурализации. М.: ГЕОС; 2014. 137 с.
2. Куклина А. Г. Натурализация аронии Мичурина в лесах европейской части России. *Лесохозяйственная информация*. 2015;2:46–56.
3. Brand M. H., Connolly B. A., Levine L. H., Richards J. T., Shine S. M., Spencer L. E. Anthocyanins, total phenolics, ORAC and moisture content of wild and cultivated dark-fruited *Aronia* species. *Scientia Horticulturae*. 2017;224:332–342. DOI: 10.1016/j.scienta.2017.06.021.
4. Дейнека В. И., Третьяков М. Ю., Олейниц Е. Ю., Павлов А. А., Дейнека Л. А., Блинова И. П., Манохина Л. А. Определение антоцианов и хлорогеновых кислот в плодах рода арония: опыт хемосистематики. *Химия растительного сырья*. 2018;2:161–167. DOI: 10.14258/jcprm.2019024601.
5. Cvetanović A., Zengin G., Zeković Z., Švarc-Gajić J., Ražić S., Damjanović A., Mašković P., Mitić M. Comparative *in vitro* studies of the biological potential and chemical composition of stems, leaves and berries *Aronia melanocarpa*'s extracts obtained by subcritical water extraction. *Food and Chemical Toxicology*. 2018;121:458–466. DOI: 10.1016/j.fct.2018.09.045.
6. Брежнева Т. А., Недолужко Е. И., Логвинова Е. Е., Гудкова А. А., Сливкин А. И. Изучение биологически активных веществ листьев рябины черноплодной. *Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация*. 2018;2:306–311.
7. Абидуллина Р. Г., Пупыкина К. А., Денисова С. Г., Пупыкина В. В. Биохимический состав плодов некоторых представителей рода *Sorbus* L. коллекции Южно-Уральского ботанического сада. *Химия растительного сырья*. 2021;3:235–243. DOI: 10.14258/jcprm.2021037601.
8. Блиникова О. М. Витаминная ценность плодов аронии черноплодной. *Вестник МичГАУ*. 2013;2:56–59.
9. Блиникова О. М. Пищевая ценности плодов аронии черноплодной и перспективы их использования в производстве пищевых продуктов для функционального питания. «Инновационные технологии в АПК». В сб.: Международной научно-практической конференции. 2018. С. 294–298.
10. Гареева Г. М., Хасанова Л. А., Хасанова З. М. Целебные свойства аронии черноплодной (*Aronia melanocarpa*). *Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы*. 2018;2:36–38.
11. Елисеева Л. Г., Блиникова О. М. Пищевая ценность плодов аронии черноплодной, выращенной в ЦЧР России. *Известия вузов. Пищевая технология*. 2013;4:111–112.
12. Елисеева Л. Г., Блиникова О. М. Плоды аронии черноплодной – источник витаминно-минеральных комплексов. *Пищевая промышленность*. 2013;4:28–29.
13. Недолужко Е. И., Брежнева Т. А., Логвинова Е. Е. и др. Изучение биологически активных веществ листьев рябины черноплодной. Университетская наука: взгляд в будущее. В сб.: Сборник научных трудов по материалам Международной научной конференции, посвященной 83-летию Курского государственного медицинского университета. 2018. С. 74–77.
14. Пугачева О. В., Свиридова О. Л., Брежнева Т. А., Сливкин А. И. Валидация методики количественного определения дубильных веществ в листьях рябины черноплодной. *Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация*. 2022;1:98–104.
15. Пугачева О. В., Брежнева Т. А., Сливкин А. И. Определение дубильных веществ в листьях рябины черноплодной различными аналитическими методами. В сб.: Сборник трудов седьмой научной конференции «Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения». 2019. С. 292–298.
16. Пугачева О. В., Брежнева Т. А., Сливкин А. И. Определение дубильных веществ в листьях рябины черноплодной для выбора сроков заготовки сырья. В сб.: «Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения», сборник материалов IX Международная научная конференция молодых ученых. 2021. С. 345–350.
17. Пугачева О. В., Брежнева Т. А., Сливкин А. И. Определение флавоноидов в листьях аронии мичурина методом ТСХ. «Пути и формы совершенствования фармацевтического образования. В сб.: Актуальные вопросы разработки и исследования новых лекарственных средств», сборник трудов 8-й Международной научно-методической конференции. 2022. С. 429–433.
18. Пугачева О. В., Тринеева О. В., Панова К. Е. Количественное определение антоцианов в листьях аронии Мичурина. В сб.: Пути и формы совершенствования фармацевтического образования. Актуальные вопросы разработки и исследования новых лекарственных средств. Сборник трудов 9-ой Между-

- народной научно-методической конференции. Воронеж. 2023. С. 356–359.
19. Пугачева О. В., Брежнева Т. А., Сливкин А. И. Разработка и валидация методики количественного определения флавоноидов в листьях аронии Мичурина. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация*. 2023;3:92–99.
 20. Суворова И. Н., Давыдов В. В., Прозоровский В. Н., Швец В. Н. Особенности проявления антиоксидантного действия экстракта листьев черноплодной рябины (*Aronia melanocarpa*) на головной мозг. *Биомедицинская химия*. 2005;51(1):66–71.
 21. Ипатова О. М., Прозоровская Н. Н., Прозоровский В. Н., Княжев В. А., Баранова В. С., Груздьева А. Е. Экстракт листьев аронии, обладающий биологической активностью, и способ его получения. Патент РФ на изобретение № 2171111. Заявл. 05.05.2000. Опублик. 27.07.2001. Доступно по: <https://patentimages.storage.googleapis.com/74/9a/85/256ef6a82683f1/RU2171111C1.pdf>. Ссылка активна на 07.01.2024.
 22. Efenberger-Szmechtyk M., Nowak A., Czyżowska A., Śniadowska M., Otlewska A., Żyżelewicz D. Antibacterial mechanisms of *Aronia melanocarpa* (Michx.), *Chaenomeles superba* Lindl. and *Cornus mas* L. leaf extracts. *Food Chemistry*. 2021;350:129218. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.129218.
 23. Valcheva-Kuzmanova S., Kuzmanov K., Mihova V., Krasnaliev I., Borisova P., Belcheva A. Antihyperlipidemic effect of *Aronia melanocarpa* fruit juice in rats fed a high-cholesterol diet. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2007;62(1):19–24. DOI: 10.1007/s11130-006-0036-2.
 24. Martin D. A., Taheri R., Brand M. H., Draghi A., Sylvester F. A., Bolling B. W. Anti-inflammatory activity of aronia berry extracts in murine splenocytes. *Journal of Functional Foods*. 2014;8(1):68–75. DOI: 10.1016/j.jff.2014.03.004.
 25. Ohgami K., Ilieva I., Shiratori K., Koyama Y., Jin X.-H., Yoshida K., Kase S., Kitaichi N., Suzuki Yu., Tanaka T., Ohno S. Anti-inflammatory effects of Aronia extract on rat endotoxin-induced uveitis. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2005;46(1):275–281. DOI: 10.1167/iovs.04-0715.
 26. Zhao Y., Liu X., Zheng Y., Liu W., Ding C. *Aronia melanocarpa* polysaccharide ameliorates inflammation and aging in mice by modulating the AMPK/SIRT1/NF-κB signaling pathway and gut microbiota. *Scientific Reports*. 2021;11(1):20558. DOI: 10.1038/s41598-021-00071-6.
 27. Bell D. R., Gochenaur K. Direct vasoactive and vasoprotective properties of anthocyanin-rich extracts. *Journal of Applied Physiology*. 2006;100(4):1164–1170. DOI: 10.1152/jappphysiol.00626.2005.
 28. Daskalova E., Delchev S., Vladimirova-Kitova L., Kitov S., Denev P. Black Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) Functional Beverages Increase HDL-Cholesterol Levels in Aging Rats. *Foods*. 2021;10(7):1641. DOI: 10.3390/foods10071641.
 29. Wu X., Gu L., Prior R. L., McKay S. Characterization of Anthocyanins and Proanthocyanidins in Some Cultivars of Ribes, Aronia, and Sambucus and Their Antioxidant Capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2004;52(26):7846–7856. DOI: 10.1021/jf0486850.
 30. Appel K., Meiser P., Millán E., Collado J. A., Rose T., Gras C. C., Carle R., Muñoz E. Chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot) concentrate inhibits NF-κB and synergizes with selenium to inhibit the release of pro-inflammatory mediators in macrophages. *Fitoterapia*. 2015;105:73–82. DOI: 10.1016/j.fitote.2015.06.009.
 31. Szopa A., Kokotkiewicz A., Kubica P., Banaszczak P., Wojtanowska-Krośniak A., Krośniak M., Marzec-Wróblewska U., Badura A., Zagrodzki P., Bucinski A., Luczkiewicz M., Ekiert H. Comparative analysis of different groups of phenolic compounds in fruit and leaf extracts of *Aronia* sp.: *A. melanocarpa*, *A. arbutifolia*, and *A. xprunifolia* and their antioxidant activities. *European Food Research and Technology*. 2017;243:1645–1657. DOI: 10.1007/s00217-017-2872-8.
 32. Cvetanović A., Zengin G., Zeković Z., Švarc-Gajić J., Ražić S., Damjanović A., Mašković P., Mitić M. Comparative *in vitro* studies of the biological potential and chemical composition of stems, leaves and berries *Aronia melanocarpa*'s extracts obtained by subcritical water extraction. *Food and Chemical Toxicology*. 2018;121:458–466. DOI: 10.1016/j.fct.2018.09.045.
 33. Kim D.-W., Han H.-A., Kim J.-K., Kim D.-H., Kim M.-K. Comparison of Phytochemicals and Antioxidant Activities of Berries Cultivated in Korea: Identification of Phenolic Compounds in Aronia by HPLC/Q-TOF MS. *Preventive Nutrition and Food Science*. 2021;26(4):459–468. DOI: 10.3746/pnf.2021.26.4.459
 34. Loo B.-M., Erlund I., Koli R., Puukka P., Hellström J., Wähälä K., Mattila P., Jula A. Consumption of chokeberry (*Aronia mitschurinii*) products modestly lowered blood pressure and reduced low-grade inflammation in patients with mildly elevated blood pressure. *Nutrition Research*. 2016;36(11):1222–1230. DOI: 10.1016/j.nutres.2016.09.005.
 35. Ryszawa A., Kawczyńska-Drózd A., Pryjma J., Czesnikiewicz-Guzik M., Adamek-Guzik T., Naruszewicz M., Korbut R., Guzik T. J. Effects of novel plant antioxidants on platelet superoxide production and aggregation in atherosclerosis. *Journal of Physiology and Pharmacology*. 2006;57(4):611–626.
 36. Yu W., Gao J., Hao R., Yang J., Wei J. Effects of simulated digestion on black chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot) anthocyanins and intestinal flora. *Journal of Food Science and Technology*. 2021;58(4):1511–1523. DOI: 10.1007/s13197-020-04664-3.
 37. Yaneva M. P., Botushanova A. D., Grigorov L. A., Kokov J. L., Todorova E. P., Krachanova M. G. Evaluation of the immunomodulatory activity of *Aronia* in combination with apple pectin in patients with breast cancer undergoing postoperative radiation therapy. *Folia Medica*. 2002;44(1–2):22–25.
 38. Matsumoto M., Hara H., Chiji H., Kasai T. Gastroprotective effect of red pigments in black chokeberry fruit (*Aronia melanocarpa* Elliot) on acute gastric hemorrhagic lesions in rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2004;52(8):2226–2229. DOI: 10.1021/jf034818q.
 39. Kong Y., Yan T., Tong Y., Deng H., Tan C., Wan M., Wang M., Meng X., Wang Y. Gut Microbiota Modulation by Polyphenols from *Aronia melanocarpa* of LPS-Induced Liver Diseases in Rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2021;69(11):3312–3325. DOI: 10.1021/acs.jafc.0c06815.
 40. Bolling B. W., Taheri R., Pei R., Kranz S., Yu M., Durocher S. N., Brand M. H. Harvest date affects aronia juice polyphenols, sugars, and antioxidant activity, but not anthocyanin stability. *Food Chemistry*. 2015;187:189–196. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.04.106.
 41. Valcheva-Kuzmanova S., Borisova P., Galunska B., Krasnaliev I., Belcheva A. Hepatoprotective effect of the natural fruit juice from *Aronia melanocarpa* on carbon tetrachloride-induced acute liver damage in rats. *Experimental and Toxicologic Pathology*. 2004;56(3):195–201. DOI: 10.1016/j.etp.2004.04.012.
 42. Pyun C.-W., Seo T.-S., Kim D.-J., Kim T.-W., Bae J.-S. Protective Effects of *Ligularia fischeri* and *Aronia melanocarpa* Extracts on Alcoholic Liver Disease (*In Vitro* and *In Vivo* Study). *BioMed Research International*. 2020. DOI: 10.1155/2020/9720387.
 43. Bushmeleva K., Vyshtakalyuk A., Terenzhev D., Belov T., Parfenov A., Sharonova N., Nikitin E., Zobov V. Radical Scavenging Actions and Immunomodulatory Activity of *Aronia melanocarpa* Propylene Glycol Extracts. *Plants (Basel)*. 2021;10(11):2458. DOI: 10.3390/plants10112458.
 44. Государственная фармакопея российской федерации. XIV издание. В 4 томах. М.: Федеральная электронная медицинская библиотека; 2018. 7019 с.
 45. Ладыгин Е. Я., Сафронич Л. Н., Отряшенкова В. Э., Баландина И. А., Гринкевич Н. И., Сорокина А. А., Сокольский И. Н., Глызин В. И., Молодожникова Л. М., Митин Ю. С., Самылина И. А., Ермакова В. А. Химический анализ лекарственных растений. М.: Высшая школа; 1983. 176 с.
 46. ГОСТ Р 55569-2013 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение протеиногенных аминокислот методом капиллярного электрофореза. М.: Стандартинформ; 2014. 16 с.
 47. Комарова Н. В., Каменцев Я. С. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ». СПб.: ООО «Веда»; 2006. 212 с.

48. Флоренская Н. К. Технохимический контроль качества сырья и комбикормов. М.: Колос; 1968. 120 с.
49. Штаркман И. Н. Антиоксидантные свойства аминокислот и образование долгоживущих радикалов белка под действием рентгеновского излучения. Дис. ... канд. биол. наук. Пущино; 2008. 21 с. Доступно по: <https://www.disserscat.com/content/antioksidantnye-svoistva-aminokislot-i-obrazovanie-dolgozhivushchikh-radikalov-belka-pod-dei>. Ссылка активна на 07.01.2024.
50. Тимофеева В. Н., Саманкова Н. В. Продукты переработки рябины садовой и аронии черноплодной. *Пищевая промышленность*. 2009;11:54–56.
51. Логвинова Е. Е., Брежнева Т. А., Самылина И. А., Сливкин А. И. Химический состав плодов аронии различных сортов. *Фармация*. 2015;6:22–26.
52. Блинные О. М. Витаминная ценность плодов аронии черноплодной. *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2013;2:56–59.
14. Pugacheva O. V., Sviridova O. L., Brezhneva T. A., Slivkin A. I. Validation of a method for the quantification of tannins in black chokeberry leaves. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*. 2022;1:98–104. (In Russ.)
15. Pugacheva O. V., Brezhneva T. A., Slivkin A. I. Determination of tannins in the leaves of chokeberry by various analytical methods. In: Collection of proceedings of the seventh scientific conference "Modern trends in the development of health-saving technologies". 2019. P. 292–298. (In Russ.)
16. Pugacheva O. V., Brezhneva T. A., Slivkin A. I. Determination of tannins in chokeberry leaves to select the timing of raw material procurement. In: "Modern trends in the development of health-saving technologies", collection of materials from the IX International Scientific Conference of Young People scientists. 2021. P. 345–350. (In Russ.)
17. Pugacheva O. V., Brezhneva T. A., Slivkin A. I. Determination of flavonoids in chokeberry leaves by TLC. "Ways and forms of improving pharmaceutical education. In: Current issues in the development and research of new drugs", collection of proceedings of the 8th International Scientific and Methodological Conference. 2022. P. 429–433. (In Russ.)
18. Pugacheva O. V., Trineeva O. V., Panova K. E. Quantitative determination of anthocyanins in leaves of chokeberry Michurin. In: Ways and forms of improving pharmaceutical education. Current issues of development and research new medicines. Collection of proceedings of the 9th International Scientific and Methodological Conference. Voronezh. 2023. P. 356–359. (In Russ.)
19. Pugacheva O. V., Brezhneva T. A., Slivkin A. I. Development and validation of a method for the quantification of flavonoids in aronia Michurina leaves. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*. 2023;3:92–99. (In Russ.)
20. Suvorova I. N., Davydov V. V., Prozorovskiy V. N., Shvets V. N. Peculiarity of extract from Aronia melanocarpa leaves antioxidant action for the brain. *Biomeditsinskaya Khimiya*. 2005;51(1):66–71. (In Russ.)
21. Ipatova O. M., Prozorovskaya N. N., Prozorovsky V. N., Knyazhev V. A., Baranova V. S., Gruzdyeva A. E. Extract of chokeberry leaves with biological activity, and a method for its preparation. Patent RUS No. 2171111. Appl. 05.05.2000. Publ. 27.07.2001. Available at: <https://patentimages.storage.googleapis.com/74/9a/85/256ef6a82683f1/RU2171111C1.pdf>. Accessed: 07.01.2024. (In Russ.)
22. Efenberger-Szmechtyk M., Nowak A., Czyżowska A., Śniadowska M., Otlewska A., Żyżelewicz D. Antibacterial mechanisms of Aronia melanocarpa (Michx.), Chaenomeles superba Lindl. and Cornus mas L. leaf extracts. *Food Chemistry*. 2021;350:129218. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.129218.
23. Valcheva-Kuzmanova S., Kuzmanov K., Mihova V., Krasnaliy I., Borisova P., Belcheva A. Antihyperlipidemic effect of Aronia melanocarpa fruit juice in rats fed a high-cholesterol diet. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2007;62(1):19–24. DOI: 10.1007/s11130-006-0036-2.
24. Martin D. A., Taheri R., Brand M. H., Draghi A., Sylvester F. A., Bolling B. W. Anti-inflammatory activity of aronia berry extracts in murine splenocytes. *Journal of Functional Foods*. 2014;8(1):68–75. DOI: 10.1016/j.jff.2014.03.004.
25. Ohgami K., Ilieva I., Shiratori K., Koyama Y., Jin X.-H., Yoshida K., Kase S., Kitaichi N., Suzuki Yu., Tanaka T., Ohno S. Anti-inflammatory effects of Aronia extract on rat endotoxin-induced uveitis. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2005;46(1):275–281. DOI: 10.1167/iovs.04-0715.
26. Zhao Y., Liu X., Zheng Y., Liu W., Ding C. Aronia melanocarpa polysaccharide ameliorates inflammation and aging in mice by modulating the AMPK/SIRT1/NF-κB signaling pathway and gut microbiota. *Scientific Reports*. 2021;11(1):20558. DOI: 10.1038/s41598-021-00071-6.

REFERENS

1. Vinogradova Yu. K., Kuklina A. G. Aronia Michurina: from creation to naturalization. Moscow: GEOS; 2014. 137 p. (In Russ.)
2. Kuklina A. G. Naturalization aronia Mitschurinii in the forests of european Russia. *Forestry information*. 2015;2:46–56. (In Russ.)
3. Brand M. H., Connolly B. A., Levine L. H., Richards J. T., Shine S. M., Spencer L. E. Anthocyanins, total phenolics, ORAC and moisture content of wild and cultivated dark-fruited Aronia species. *Scientia Horticulturae*. 2017;224:332–342. DOI: 10.1016/j.scienta.2017.06.021.
4. Deineka V. I., Tret'akov M. Yu., Oleiniz Y. Yu., Pavlov A. A., Deineka L. A., Blinova I. P., Manokhina L. A. Determination of anthocyanins and chlorogenic acids in fruits of Aronia genus: the experience of chemosystemetics. *Chemistry of plant raw material*. 2018;2:161–167. (In Russ.) DOI: 10.14258/jcprm.2019024601.
5. Cvetanović A., Zengin G., Zeković Z., Švarc-Gajić J., Ražić S., Damjanović A., Mašković P., Mitić M. Comparative *in vitro* studies of the biological potential and chemical composition of stems, leaves and berries Aronia melanocarpa's extracts obtained by subcritical water extraction. *Food and Chemical Toxicology*. 2018;121:458–466. DOI: 10.1016/j.fct.2018.09.045.
6. Brezhneva T. A., Nedoluzhko E. I., Logvinova E. E., Gudkova A. A., Slivkin A. I. The study of biologically active substances in the leaves of black chokeberry. *Vestnik VGU. Seriya: Himiya. Biologiya. Farmaciya*. 2018;2:306–311. (In Russ.)
7. Abidullina R. G., Pupykina K. A., Denisova S. G., Pupykina V. V. Biochemical composition of fruits of some representatives of the genus Sorbus L. in collection of the South-Ural botanical garden. *Chemistry of plant raw material*. 2021;3:235–243. (In Russ.) DOI: 10.14258/jcprm.2021037601.
8. Blinnikova O. M. The vitamin value of the black chokeberry fruits (Aronia melanocarpa). *Vestnik MichGAU*. 2013;2:56–59. (In Russ.)
9. Blinnikova O. M. Nutritional value of chokeberry fruits and prospects for their use in the production of food products for functional nutrition. "Innovative technologies in the agro-industrial complex." In: International scientific and practical conference. 2018. P. 294–298.
10. Gareeva G. M., Hasanova L. A., Hasanova Z. M. Healing properties of chokeberry (Aronia melanocarpa). *Bulletin of the Bashkir State Pedagogical University named after. M. Akhmedov*. 2018;2:36–38. (In Russ.)
11. Eliseeva L. G., Blinnikova O. M. Nutritional value of chokeberry fruits grown in the Central Black Sea region of Russia. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. 2013;4:111–112. (In Russ.)
12. Eliseeva L. G., Blinnikova O. M. Chokeberry fruits are a source of vitamin and mineral complexes. *Food Industry*. 2013;4:28–29. (In Russ.)
13. Nedoluzhko E. I., Brezhneva T. A., Logvinova E. E. et al. Study of biologically active substances of chokeberry leaves. University science: a look into the future. In: Collection of scientific papers

27. Bell D. R., Gochenaur K. Direct vasoactive and vasoprotective properties of anthocyanin-rich extracts. *Journal of Applied Physiology*. 2006;100(4):1164–1170. DOI: 10.1152/jappphysiol.00626.2005.
28. Daskalova E., Delchev S., Vladimirova-Kitova L., Kitov S., Denev P. Black Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) Functional Beverages Increase HDL-Cholesterol Levels in Aging Rats. *Foods*. 2021;10(7):1641. DOI: 10.3390/foods10071641.
29. Wu X., Gu L., Prior R. L., McKay S. Characterization of Anthocyanins and Proanthocyanidins in Some Cultivars of Ribes, Aronia, and Sambucus and Their Antioxidant Capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2004;52(26):7846–7856. DOI: 10.1021/jf0486850.
30. Appel K., Meiser P., Millán E., Collado J. A., Rose T., Gras C. C., Carle R., Muñoz E. Chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot) concentrate inhibits NF- κ B and synergizes with selenium to inhibit the release of pro-inflammatory mediators in macrophages. *Fitoterapia*. 2015;105:73–82. DOI: 10.1016/j.fitote.2015.06.009.
31. Szopa A., Kokotkiewicz A., Kubica P., Banaszczak P., Wojtanowska-Krośniak A., Krośniak M., Marzec-Wróblewska U., Badura A., Zagrodzki P., Bucinski A., Luczkiewicz M., Ekiert H. Comparative analysis of different groups of phenolic compounds in fruit and leaf extracts of *Aronia* sp.: *A. melanocarpa*, *A. arbutifolia*, and *A. xprunifolia* and their antioxidant activities. *European Food Research and Technology*. 2017;243:1645–1657. DOI: 10.1007/s00217-017-2872-8.
32. Cvetanović A., Zengin G., Zeković Z., Švarc-Gajić J., Ražić S., Damjanović A., Mašković P., Mitić M. Comparative *in vitro* studies of the biological potential and chemical composition of stems, leaves and berries *Aronia melanocarpa*'s extracts obtained by subcritical water extraction. *Food and Chemical Toxicology*. 2018;121:458–466. DOI: 10.1016/j.fct.2018.09.045.
33. Kim D.-W., Han H.-A., Kim J.-K., Kim D.-H., Kim M.-K. Comparison of Phytochemicals and Antioxidant Activities of Berries Cultivated in Korea: Identification of Phenolic Compounds in Aronia by HPLC/Q-TOF MS. *Preventive Nutrition and Food Science*. 2021;26(4):459–468. DOI: 10.3746/pnf.2021.26.4.459
34. Loo B.-M., Erlund I., Koli R., Puukka P., Hellström J., Wähälä K., Mattila P., Jula A. Consumption of chokeberry (*Aronia mitschurinii*) products modestly lowered blood pressure and reduced low-grade inflammation in patients with mildly elevated blood pressure. *Nutrition Research*. 2016;36(11):1222–1230. DOI: 10.1016/j.nutres.2016.09.005.
35. Ryszawa A., Kawczyńska-Drózd A., Pryjma J., Czesnikiewicz-Guzik M., Adamek-Guzik T., Naruszewicz M., Korbut R., Guzik T. J. Effects of novel plant antioxidants on platelet superoxide production and aggregation in atherosclerosis. *Journal of Physiology and Pharmacology*. 2006;57(4):611–626.
36. Yu W., Gao J., Hao R., Yang J., Wei J. Effects of simulated digestion on black chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot) anthocyanins and intestinal flora. *Journal of Food Science and Technology*. 2021;58(4):1511–1523. DOI: 10.1007/s13197-020-04664-3.
37. Yaneva M. P., Botushanova A. D., Grigorov L. A., Kokov J. L., Todorova E. P., Krachanova M. G. Evaluation of the immunomodulatory activity of *Aronia* in combination with apple pectin in patients with breast cancer undergoing postoperative radiation therapy. *Folia Medica*. 2002;44(1–2):22–25.
38. Matsumoto M., Hara H., Chiji H., Kasai T. Gastroprotective effect of red pigments in black chokeberry fruit (*Aronia melanocarpa* Elliot) on acute gastric hemorrhagic lesions in rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2004;52(8):2226–2229. DOI: 10.1021/jf034818q.
39. Kong Y., Yan T., Tong Y., Deng H., Tan C., Wan M., Wang M., Meng X., Wang Y. Gut Microbiota Modulation by Polyphenols from *Aronia melanocarpa* of LPS-Induced Liver Diseases in Rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2021;69(11):3312–3325. DOI: 10.1021/acs.jafc.0c06815.
40. Bolling B. W., Taheri R., Pei R., Kranz S., Yu M., Durocher S. N., Brand M. H. Harvest date affects aronia juice polyphenols, sugars, and antioxidant activity, but not anthocyanin stability. *Food Chemistry*. 2015;187:189–196. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.04.106.
41. Valcheva-Kuzmanova S., Borisova P., Galunska B., Krasnaliev I., Belcheva A. Hepatoprotective effect of the natural fruit juice from *Aronia melanocarpa* on carbon tetrachloride-induced acute liver damage in rats. *Experimental and Toxicologic Pathology*. 2004;56(3):195–201. DOI: 10.1016/j.etp.2004.04.012.
42. Pyun C.-W., Seo T.-S., Kim D.-J., Kim T.-W., Bae J.-S. Protective Effects of *Ligularia fischeri* and *Aronia melanocarpa* Extracts on Alcoholic Liver Disease (*In Vitro* and *In Vivo* Study). *BioMed Research International*. 2020. DOI: 10.1155/2020/9720387.
43. Bushmeleva K., Vyshtakalyuk A., Terenzhev D., Belov T., Parfenov A., Sharonova N., Nikitin E., Zobov V. Radical Scavenging Actions and Immunomodulatory Activity of *Aronia melanocarpa* Propylene Glycol Extracts. *Plants (Basel)*. 2021;10(11):2458. DOI: 10.3390/plants10112458.
44. State Pharmacopoeia of the Russian Federation. XIV edition. In 4 volumes. Moscow: Federalnaia elektronnaia meditsinskaia biblioteka; 2018. 7019 p. (In Russ.)
45. Ladygin E. Ya., Safronich L. N., Otryashenkova V. E., Balandina I. A., Grinkevich N. I., Sorokina A. A., Sokolsky I. N., Glyzin V. I., Molodozhnikova L. M., Mitin Yu. S., Samylina I. A., Ermakova V. A. Chemical analysis of medicinal plants. Moscow: Vysshaya shkola; 1983. 176 p. (In Russ.)
46. GOST R 55569-2013 Feed, compound feed, compound feed raw materials. Determination of proteinogenic amino acids by capillary electrophoresis. Moscow: Standartinform; 2014. 16 p. (In Russ.)
47. Komarova N. V., Kamentsev Y. S. Practical guide to the use of capillary electrophoresis systems "KAPEL". Saint Petersburg: LLC "Veda"; 2006. 212 p. (In Russ.)
48. Florenskaya N. K. Technochemical quality control of raw materials and feed. Moscow: Kolos; 1968. 120 p. (In Russ.)
49. Shtarkman I. N. Antioxidant properties of amino acids and the formation of long-lived protein radicals under the influence of X-ray radiation. [Dissertation.] Pushchino; 2008. 21 p. Available at: <https://www.dissercat.com/content/antioxidantnye-svoistva-aminokislot-i-obrazovanie-dolgozhivushchikh-radikalov-belkapod-dei>. Accessed: 07.01.2024. (In Russ.)
50. Timofeeva V. N., Samankova N. V. Processing products of garden ash and chokeberry. *Food industry*. 2009;11:54–56. (In Russ.)
51. Logvinova E. E., Brezhneva T. A., Samylina I. A., Slivkin A. I. Chemical composition of chokeberries (*Aronia*) of different varieties. *Farmatsiia*. 2015;6:22–26. (In Russ.)
52. Blinnikova O. M. The vitamin value of the black chokeberry fruits (*Aronia melanocarpa*). Bulletin of Michurinsk State Agrarian University. 2013;2:56–59. (In Russ.)