

УДК 615.322, 581.192

3.4.2 Фармацевтическая химия, фармакогнозия

DOI: 10.37903/vsgma.2024.3. 26 EDN: RKJTVV

ИЗУЧЕНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО И АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ЛИСТЬЕВ ЕЖЕВИКИ СИЗОЙ (RUBUS CAESIUS L.)

© Ильина М.Б., Сергунова Е.В.

*Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), 119992, Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2.**Резюме*

Цель. Проведение качественного и количественного анализа аминокислотного и элементного состава листьев ежевики сизой (*R. caesius* L.).

Методика. Объектами исследования являлись листья ежевики сизой (*Rubus caesius* L.), собранные на территории Московской области в августе 2022 г. Обнаружение аминокислот проводилось методами тонкослойной хроматографии и капиллярного электрофореза. Для изучения минерального состава использовалась атомно-адсорбционная спектроскопия после минерализации сырья.

Результаты. В листьях ежевики сизой идентифицировано 16 аминокислот, среди которых незаменимые аргинин, валин, гистидин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин и фенилаланин, и заменимые аланин, глицин, пролин, серин, тирозин, глутамин. Преобладающими аминокислотами в листьях являются пролин (1,31%), аргинин (1,05%) и лейцин (1,03%). Суммарное содержание аминокислот в сырье составило 6,03%. В листьях ежевики сизой обнаружено 8 элементов, среди которых присутствуют микроэлементы (Fe, Mn, Zn, Cu, Cr), регулирующие работу органов и систем организма человека. Содержание тяжелых металлов и мышьяка не превышало допустимых значений.

Заключение. Листья ежевики сизой являются перспективными для использования в качестве лекарственного растительного сырья – источника аминокислот и минералов.

Ключевые слова. Ежевика сизая, *Rubus caesius*, листья, аминокислоты, элементный состав, капиллярный электрофорез, атомно-адсорбционная спектроскопия

TUDY OF THE MINERAL AND AMINO ACID COMPOSITION OF THE LEAVES OF THE EUROPEAN DEWBERRY (RUBUS CAESIUS L.)

Ilina M.B., Sergunova E.V.

*The First Sechenov Moscow State Medical University (Sechenov Univesity), 8-2, Trubetskaya St., 119992, Moscow, Russia**Abstract*

Objective. To conduct a qualitative and quantitative analysis of the amino acid and elemental composition of the leaves of the European dewberry.

Methods. The objects of the study were the leaves of the European dewberry (*Rubus caesius* L.) collected on the territory of the Moscow region. The detection of amino acids was carried out by thin-layer chromatography and capillary electrophoresis. Atomic adsorption spectroscopy was used to study the mineral composition after mineralization of raw materials.

Results. As a result of the study, 16 amino acids have been identified in the leaves of the European dewberry, including essential arginine, valine, histidine, isoleucine, leucine, lysine, methionine, threonine, phenylalanine and nonessential alanine, glycine, proline, serine, tyrosine, glutamine. The predominant amino acids in the leaves are proline (1.31%), arginine (1.05%) and leucine (1.03%). The total content of amino acids in the raw material was 6.03%. 8 elements were found in the leaves of the European dewberry, among which there are trace elements (Fe, Mn, Zn, Cu, Cr) that regulate the work of organs and systems of the human body. The content of heavy metals and arsenic did not exceed the permissible values.

Conclusion. The leaves of the European dewberry are promising for use as medicinal plant raw materials – a source of amino acids and minerals.

Keywords: European dewberry, *Rubus caesius*, amino acids, elemental composition, capillary electrophoresis, atomic adsorption spectroscopy

Введение

Ежевика – группа культивируемых и дикорастущих растений, составляющих подрод *Rubus* рода *Rubus* семейства розоцветные (*Rosaceae*). Таксон «Ежевика» включает в себя множество видов, имеющих как схожие признаки анатомического описания, так и индивидуальные для конкретного вида отличия. В общем, подрод *Rubus* объединяет кустарники с прямостоячими или стелющимися побегами, покрытыми шипами, имеющие сложные листья с 3-5(7) листочками, правильные пятичленные цветки белого или розоватого оттенка, сочные синие, фиолетовые или черные плоды – многокостянки [5, 10].

Помимо широкого применения в пищевой промышленности, ежевика интересна в качестве источника лекарственного растительного сырья за счёт содержания различных групп биологически активных веществ (БАВ). Так, например, и плоды и листья ежевики богаты соединениями фенольной природы, среди которых флавоноиды, танины, фенольные кислоты [7, 17, 18]. Плоды являются источником витаминов, жирных и органических кислот [7].

Изучена и описана антиоксидантная активность ежевики, обусловленная фенольными соединениями и аскорбиновой кислотой [7, 13, 17], противовоспалительная [11, 20] и противоопухолевая активность [11], имеются данные о гипогликемической активности листьев ежевики [19]. Одним из наиболее распространенных видов ежевики является ежевика сизая (*Rubus caesius* L.) – дикорастущий кустарник с побегами до 1,5 м в длину, с тройчатыми листьями и заметным отличительным сизым налётом на плодах и стеблях. Произрастает ежевика сизая вдоль рек, в оврагах, по опушкам на территории Европы, Средней и Малой Азии, на Кавказе, в Крыму. В силу своей доступности для заготовки сырья, данный вид интересен для глубокого изучения и рассмотрения с точки зрения медицинского применения.

Среди различных групп БАВ важное значение как для растений, так и для организма человека и животных имеют аминокислоты, так как они являются строительным материалом для клетки и организма в целом. Из выявленных 300 аминокислот в природе 20 являются протеиногенными – составными единицами белков живых организмов [1].

По биологической ценности аминокислоты делятся на две группы: 1) Незаменимые, синтез которых в организме невозможен. Среди них: аргинин, валин, гистидин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан, фенилаланин. 2) Заменимые – синтезируются в организме, поступление их с пищей не обязательно. Такими аминокислотами являются аланин, аспарагин, аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота, глутамин, глицин, пролин, серин, тирозин, цистеин.

Помимо участия в синтезе белков, аминокислоты играют также роль в обеспечении здоровья нервной системы, мышечной ткани, в выработке гормонов и проч. Живые организмы постоянно находятся в непосредственном контакте с окружающей средой и получают из нее химические элементы, которые накапливаются в тканях и имеют немалое значение для обеспечения нормального метаболизма, являясь, например, составляющей частью многих ферментов (табл. 1).

Одним из источников химических элементов является лекарственное растительное сырьё (ЛРС). Элементный состав сырья представлен макро- и микроэлементами. К первой группе относятся калий, натрий, магний, кальций. Микроэлементы содержатся в малых количествах, среди них такие элементы, как железо, цинк, марганец, медь, хром и т.д. [2, 4]. Среди минералов, несущих пользу для организма человека, имеется ряд элементов, превышенное количество которых способно нанести вред здоровью.

Для оценки безопасности ЛРС необходимо определение содержания таких элементов, которыми являются тяжелые металлы и мышьяк. Согласно ОФС.1.5.3.0009.15 ГФ РФ XIV для лекарственного растительного сырья и лекарственных растительных препаратов имеется предельное допустимое содержание тяжелых металлов и мышьяка, указанное в табл. 2.

Таблица 1. Роль некоторых минеральных элементов в организме человека

Элемент	Функции
Кальций (Ca)	Отвечает за возбудимость нервных и мышечных клеток и высвобождение нейромедиаторов; активизирует процесс свертываемости крови
Магний (Mg)	В растительной клетке является составной частью хлорофилла. В животном организме участвует в синтезе и обмене белков, в митохондриальных процессах; расслабляет гладкую мускулатуру; снижает артериальное давление; угнетает агрегацию тромбоцитов
Натрий (Na)	Поддерживают постоянство внеклеточной жидкости, возбудимость клеточных мембран, осмотическую концентрацию крови, кислотно-щелочной баланс, а также участвуют в активации многих ферментов.
Калий (K)	
Железо (Fe)	Входит в состав гемоглобина, окислительно-восстановительных ферментов; регулирует метаболизм витаминов группы В,
Цинк (Zn)	Кофактор многих ферментов, необходимых для нормального протекания биохимических процессов; участвует в процессе деления клеток, формировании Т-клеточного иммунитета; необходим для роста волос, ногтей, регенерации кожи.
Медь (Cu)	Играет роль в трансформации ряда гормонов: адреналина, норадреналина, дофамина, серотонина; участвует в антиоксидантной защите клеток.
Марганец (Mn)	Принимает участие в обмене углеводов, аминокислот и холестерина; необходим для нормальной секреции инсулина.

Таблица 2. Предельное допустимое содержание тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах

Элемент	Предельное содержание, мг/кг
Свинец (Pb)	6,0
Кадмий (Cd)	1,0
Ртуть (Hg)	0,1
Мышьяк (As)	0,5

Изучение качественного и количественного состава аминокислот, анализ содержания макро-и микроэлементов в листьях ежевики сизой являлось целью данного исследования.

Методика

Объектами исследования являлись листья ежевики сизой, собранные в период максимально полного развития производящего растения, в августе 2022 г., на территории Московской области. Сырьё подвергалось воздушно-теневого сушке в течение 10-14 дней. Влажность сырья составила 12,5%. Качественный состав и количественное определение минеральных веществ в листьях ежевики сизой проводили методом атомно-адсорбционной спектроскопии на спектрометре «Квант-з». Подготовка проб проводилась сухой и мокрой минерализацией.

Сухая минерализация. В фарфоровую чашку, предварительно промытую горячим раствором азотной кислоты и затем водой дистиллированной, помещали точную навеску сырья (около 2,0 г.). Навеску средней пробы замачивали в 96% этиловом спирте из расчета 5 мл спирта на 1 г сырья. Чашки (тигли) с навеской, накрывали часовым стеклом и выдерживали при комнатной температуре в течение 12-48 ч. Чашки переносили на электроплитку, осторожно высушивали и, постепенно увеличивая нагрев, выдерживали на плитке до начала обугливания. Чашки с высушенными пробами помещали в холодную электропечь. Минерализацию проб проводили постепенно, повышая температуру электропечи на 50°C через каждые 30 мин. и доводя ее до 450°C – продолжали минерализацию при этих условиях до получения серой золы. Чашу с золой вынимали из электропечи, охлаждали до комнатной температуры и серую золу смачивали водой и 1 мл раствора азотной кислоты (1:1). Затем кислоту досуха выпаривали на электроплитке со слабым нагревом и снова помещали чашу с пробой в электропечь, постепенно доводя температуру до 300°C, и выдерживали 30 мин. Минерализацию считали законченной, когда зола стала белого или слегка окрашенного цвета, без обугленных частиц (при наличии обугленных частиц повторяли обработку золы раствором азотной кислоты или водой, снова доозоляли). Полученную золу растворяли при нагревании в азотной кислоте (1:1) из расчета 1-5 мл кислоты на навеску в

зависимости от зольности продукта. Раствор выпаривали досуха. Сухой остаток растворяли в 1%-ной азотной до объема 15-20 мл [6].

Мокрая минерализация. Точную навеску сырья (2,0 г) помещали в колбу Кьельдаля, добавляли 15 мл воды, перемешивали. В колбу с пробой вносили азотную кислоту из расчета 10 мл на каждые 5 г сырья и выдерживали не менее 15 мин. Затем в колбу вносили 2-3 стеклянных шарика для равномерности кипения, закрывали грушевидной пробкой и нагревали на электроплитке слабо, затем сильнее, упаривая содержимое колбы до объема 3-5 мл. Колбу охлаждали, вносили 10 мл азотной кислоты, содержимое упаривали до объема 5 мл, после чего охлаждали. Эту процедуру повторяли еще 2 раза. В колбу вносили 10 мл азотной кислоты, 2 мл серной кислоты, 2 мл перекиси водорода из расчета на каждые 5 г сырья. Содержимое колбы упаривали до объема 5 мл, не допуская образования коричневой окраски жидкости. При появлении коричневой окраски нагревание прекращали. Колбу охлаждали до комнатной температуры, добавляли 5 мл азотной кислоты и 2 мл перекиси водорода и снова нагревали до появления белых паров серного ангидрида. Минерализацию считали законченной, если раствор после охлаждения остается бесцветным. Для удаления остатков кислот в охлажденную колбу добавляли 10 мл воды и кипятили 10 мин с момента выделения белых паров, затем охлаждали. Добавление воды и нагревание повторяли еще 2 раза [6].

Обнаружение аминокислот проводилось методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) в следующих условиях [9]: Пробоподготовка: 2,5 г сырья (точная навеска), помещали в коническую колбу на 100 мл, добавляли 50 мл воды, нагревали на водяной бане в течение 30 мин.; Пластика: «Sorbfil» ПТСХ-АФ-А (10×15 см) Подвижная фаза: н-бутанол: кислота уксусная ледяная: вода (4:1:1); Детектор: 1% -раствор нингидрина спиртовой

Качественный и количественный анализ свободных и связанных аминокислот в листьях ежевики сизой определяли методом капиллярного электрофореза на аппарате «Капель – 105М» («Люмэкс», Санкт-Петербург, Россия). Для проведения пробоподготовки и подбора оптимальных условий методики руководствовались ГОСТ Р 52347-2005 «Комбикорма, комбикормовое сырье. Определение содержания лизина, метионина, треонина, цистина и триптофана методом капиллярного электрофореза» и практическим руководством по использованию систем капиллярного электрофореза «Капель» [3].

Навеску сырья (1,0 г) подвергали гидролизу раствором кислоты хлористоводородной 6 М в течение 16-18 часов при температуре $110 \pm 5^\circ\text{C}$. Полное разделение протеиногенных аминокислот достигалось получением фенилизотиокарбамильных производных.

Условия эксперимента: 1) Капилляр – Лэфф. / Лобц. = 65/75 см, ID = 50 мкм, 2) Буфер – фосфатный 30мМ, β -циклодекстрин 4 мМ (рН 7,4), 3) Напряжение – +25кВ, 4) Ввод пробы – 150 мбар×с, 5) Температура – 30°C , 6) Детектирование – УФ при длине волны 254 нм.

Результаты исследования

В результате исследования была получена хроматограмма ТСХ анализа аминокислот, схема которой указана на рисунке 1, и электрофореграмма, полученная в ходе изучения аминокислотного состава методом капиллярного электрофореза (рис. 2).

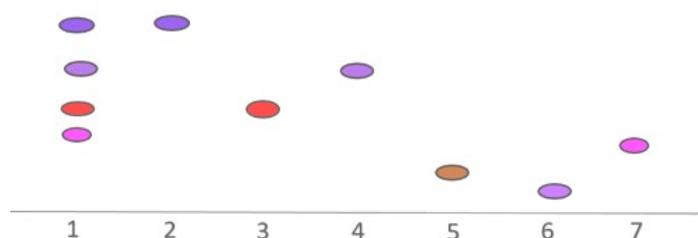
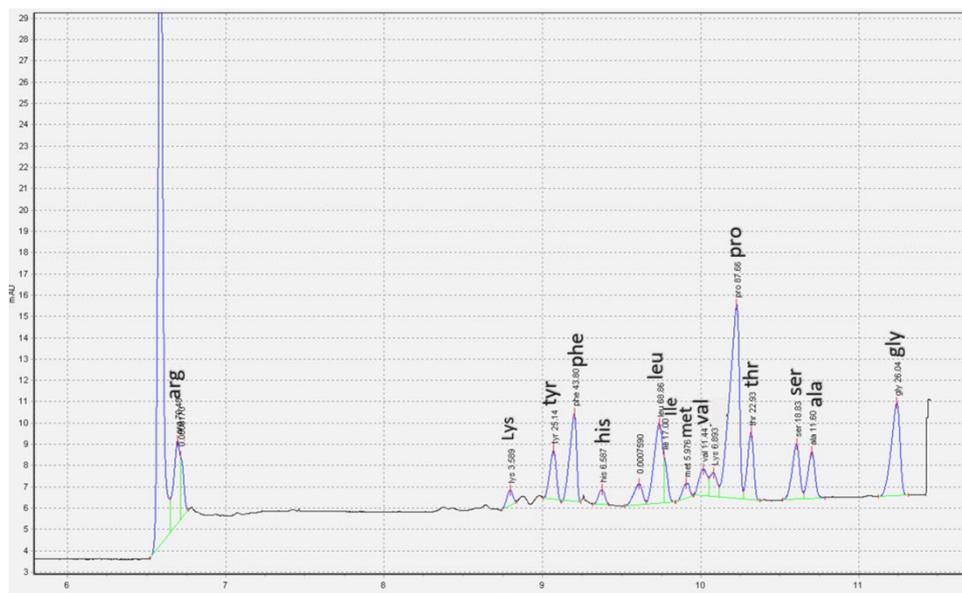


Рис. 8. Схема хроматограммы аминокислот в листьях ежевики сизой (*R.caesius L.*) 1 – извлечение из сырья, 2 – РСО β -Аланина ($R_f=0,42$), 3 – РСО L-Треонина ($R_f=0,35$), 4 – РСО L-Глутамина ($R_f=0,40$), 5 – РСО L-Пролина ($R_f=0,28$), 6 – РСО L-Аспарагина ($R_f=0,16$), 7 – РСО Глицина ($R_f=0,33$)

Рис. 2. Электрофореграмма аминокислот в листьях ежевики сизой (*R.caesius L.*)

На электрофореграмме отсутствует аминокислота глутамин (время выхода более чем 11,5 мин.), однако её присутствие в сырье было доказано методом ТСХ. Количественное содержание найденных аминокислот представлено в табл. 3.

Таблица 3. Содержание заменимых и незаменимых аминокислот в листья ежевики сизой (n=3, f=2, P=95 %, T (f, P) = 4,302)

Наименование	Содержание, %
Аргинин (Arg)	1,05±0,02
Лизин (Lys)	0,05±0,01
Тирозин (Tyr)	0,37±0,02
Фенилаланин (Phe)	0,65±0,04
Гистидин (His)	0,10±0,02
Лейцин (Leu)	1,03±0,04
Изолейцин (Ile)	0,25±0,01
Метионин (Met)	0,09±0,02
Валин (Val)	0,17±0,02
Пролин (Pro)	1,31±0,04
Треонин (Thr)	0,34±0,05
Серин (Ser)	0,28±0,02
Аланин (Ala)	0,17±0,02
Глицин (Gly)	0,39±0,04

Для оценки безопасности сырья было определено содержания свинца, кадмия, ртути и мышьяка в листьях ежевики сизой. Результаты проведенного анализа с указанием метода минерализации представлены в табл. 4.

Таблица 4. Результаты определения содержания тяжелых металлов и мышьяка в листьях ежевики сизой (n = 3, f = 2, P = 95 %, T (f, P) = 4,302).

Элемент	Содержание, мг/кг	Тип минерализации
Свинец (Pb)	0,081±0,016	Сухая
Кадмий (Cd)	0,058±0,012	Сухая
Ртуть (Hg)	0,0046±0,0009	Мокрая
Мышьяк (As)	0,265±0,053	Сухая

Следующем этапе исследования являлось изучение состава макро- и микроэлементов в сырье и их количественное содержание (табл. 5-6).

Таблица 5. Содержание макроэлементов в листьях ежевики сизой (n=3, f=2, P=95 %, T (f, P)=4,302)

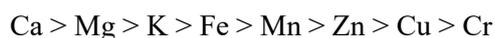
Элемент	Содержание, мг/г	Содержание, %	Тип минерализации
Кальций (Ca)	27,96±2,80	2,80	сухая
Магний (Mg)	19,66±1,97	1,97	
Калий (K)	4,36±0,87	0,44	мокрая
	2,43±0,49	0,24	сухая

Таблица 6. Содержание микроэлементов в листьях ежевики сизой (n=3, f=2, P=95%, T (f, P)=4,302)

Элемент	Содержание, мг/кг	Содержание, %	Тип минерализации
Железо (Fe)	220,16±44,03	0,022	мокрая
	159,10±31,82	0,016	сухая
Марганец (Mn)	120,08±24,02	0,012	мокрая
	146,33±29,27	0,015	сухая
Медь (Cu)	50,76±10,15	0,0051	мокрая
	18,58±3,72	0,0019	сухая
Цинк (Zn)	34,78±6,96	0,0035	мокрая
	120,85±24,17	0,012	сухая
Хром (Cr)	2,38±0,48	0,00024	мокрая
	5,06±1,01	0,00051	сухая

Обсуждение результатов исследования

В результате ТСХ анализа на пластинке были обнаружены красно-фиолетовые пятна, свидетельствующие о наличии в листьях ежевики сизой таких аминокислот, как β-аланин, L-глутамин, глицин и незаменимая аминокислота L-треонин. На основании более детального и точного анализа аминокислотного состава методом капиллярного электрофореза в листьях ежевики сизой были обнаружены заменимые (аланин, глицин, пролин, серин, тирозин) и незаменимые (аргинин, валин, гистидин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, фенилаланин) аминокислоты. На основании полученных результатов анализа минерального состава, наблюдается ряд накопления элементов в листьях ежевики сизой в порядке уменьшения их содержания:



Высокое содержание кальция (за счет большого количества кристаллов и друз оксалата кальция в листьях ежевики сизой), калия и магния подтверждается ранее проведенными исследованиями [14, 15]. Данная закономерность, причем, характерна для разных видов ежевики, культивируемых и дикорастущих. При этом, в некоторых исследованиях [12, 16] наряду с кальцием, было показано высокое накопление ионов цинка, что говорит о влиянии места произрастания растения и времени сбора сырья.

Содержания свинца, кадмия, ртути и мышьяка в листьях ежевики сизой не превышает предельные допустимые значения, что свидетельствует о безопасности данного лекарственного растительного сырья.

Заключение

В ходе настоящего исследования был проведен качественный и количественный анализ аминокислотного и элементного состава листьев ежевики сизой. Было доказано наличие 15 аминокислот, из которых 6 заменимых – аланин, глицин, пролин, серин, тирозин, глутамин, и 9 незаменимых – аргинин, валин, гистидин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин и фенилаланин. Преобладающими аминокислотами в сырье являются пролин (1,31%), аргинин (1,05%) и лейцин (1,03%). Суммарное содержание идентифицированных аминокислот методом капиллярного электрофореза составило 6,03%.

Минеральный состав листьев ежевики сизой представлен рядом элементов, из которых преобладающими являются кальций (Ca) и магний (Mg). Среди микроэлементов большую часть занимают железо (Fe) и марганец (Mn). Содержание тяжелых металлов и мышьяка в сырье не превышало допустимых значений.

Таким образом, листья ежевики сизой представляют собой интересное и перспективное сырьё для дальнейших исследований и использования в медицинской практике как в нативном виде для приготовления водных извлечений, так в качестве субстанции для производства лекарственных форм и комплексных препаратов.

Литература (references)

1. Джаббарова С.М., Хошимова В.Б. Аминокислоты химическое вещество в живом организме. So 'ngi ilmiy tadqiqotlar nazariyasi. – 2023. – Т.6, №3. – С. 37-39. [Jabbarova, S. M., & Hashimova, V.B. So 'ngi ilmiy tadqiqotlar nazariyasi. – 2023. – V.6, N3. – P. 37-39. (In Russian)]
2. Канжигалина З.К., Касенова Р.К., Орадова А.Ш. Биологическая роль и значение микроэлементов в жизнедеятельности человека. Вестник Казахского национального медицинского университета. – 2013. – №. 5-2. – С. 89-91. [Kanzhigalina Z.K., Kasenova R.K., & Oradova A.S. Vestnik Kazahskogo nacional'nogo medicinskogo universiteta. Bulletin of the Kazakh National Medical University. – 2013. – N5-2. – P. 89-91. (In Russian)]
3. Комарова Н.В., Каменцев Я.С. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «Капель» - СПб.: ООО «Веда. – 2006. – 212 с. [Komarova, N. V., & Kamentsev, Ya. S. Prakticheskoe rukovodstvo po ispol'zovaniju sistem kapilljarnogo jelektroforeza «Kapel'». Practical guide to the use of capillary electrophoresis systems «Kapel'» - Saint-Petersburg.: ООО «Veda. – 2006. – 212 p. (In Russian)]
4. Кучинский М. Витамины и минералы в рационах //Животноводство России. – 2016. – №10. – С. 53-55. [Kuchinsky M. Zhivotnovodstvo Rossii. Animal husbandry of Russia. – 2016. – N10. – P. 53-55. (In Russian)]
5. Rubus // Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн атлас и определитель растений. 08.10.2023. URL: <https://www.plantarium.ru/page/view/item/44387.html>. [Rubus // Plantarium. Rasteniya i lishajniki Rossii i sopredel'nyh stran: otkrytyj onlajn atlas i opredelitel' rastenij. Plantarium. Plants and lichens of Russia and neighboring countries: open online galleries and plant identification guide. 08.10.2023. URL: <https://www.plantarium.ru/page/view/item/44387.html>. (In Russian)]
6. Руководство, Р. 4.1. 1672-03 «Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище». М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России. - 2004, 240 с. [Rukovodstvo, Р. 4.1. 1672-03 «Rukovodstvo po metodam kontrolja kachestva i bezopasnosti biologicheskii aktivnyh dobavok k pishhe». Manual on methods of quality control and safety of biologically active food additives. Moscow: Federal Center of State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of Russia. – 2004, P. 240. (In Russian)]
7. Сафронова И.В. и др. Содержание и фармакологические свойства биологически активных компонентов ежевики. Инновации и продовольственная безопасность. – 2017. – №4. – С. 96-106. [Safronova I.V., Goldina I.A., Gaidul K.V., & Kozlov V.A. Innovacii i prodovol'stvennaja bezopasnost'. Innovations and Food Safety. – 2017. – N4. – P. 96-106. (In Russian)]
8. Тармаева И.Ю., Боева А.В. Минеральные вещества, витамины: их роль в организме. Проблемы микронутриентной недостаточности – Иркутск: ИГМУ. – 2014. – 89 с. [Tarmayeva I.Yu., Boeva A.V. Problemy mikronutrientoj nedostatochnosti. Problemy mikronutrientoj nedostatochnosti. - Irkutsk: IGMU– 2014. – 89 p. (In Russian)]
9. Тринеева О.В., Сливкин А.И., Сафонова Е.Ф. Состав метаболома крапивы двудомной, произрастающей на территории центрального черноземья (обзор). Химия растительного сырья. – 2022. – №2. – С. 5-18. [Trineeva O. V., Slivkin A.I., & Safonova E.F. Himija rastitel'nogo syr'ja. Chemistry of plant raw materials – 2022. – N2. – P. 5-18. (In Russian)]
10. "Rubus L." Plants of the World Online. Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew. 22.11.2023. URL: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:735608-1>.
11. Gil-Martínez L. et al. Phytochemicals Determination, and Antioxidant, Antimicrobial, Anti-Inflammatory and Anticancer Activities of Blackberry Fruits // Foods. – 2023. – V.12. – N7. – P. 1505.
12. Ionciă R. Researches upon the Heavy Metals Content of Rubus caesius L.(Rosaceae) // Current Health Sciences Journal. – 2010. – V.36, N1. – P. 48-51.
13. Junior T. K. et al. Chemical composition, antioxidant, antimicrobial and cytotoxic/cytoprotective activity of non-polar extracts of grape (Vitis labrusca cv. bordeaux) and blackberry (Rubus fruticosus) seeds // Molecules. – 2021. – V.26. – №. 13. – P. 4057.

14. Kalak T. High efficiency of the bioremoval process of Cu (II) ions with blackberry (*Rubus L.*) residues generated in the food industry // *Des. Water Treat.* – 2021. – V.238. – P. 174-197.
15. Koczka N., Stefanovits-Banyai E., Prokaj E. Element composition, total phenolics and antioxidant activity of wild and cultivated blackberry (*Rubus fruticosus L.*) fruits and leaves during the harvest time // *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca.* – 2018. – V. 46., N2. – P. 563-569.
16. Misimović M., Lakić Ž., Maličević Z. Effects of different plant extracts on the mineral content of blackberry leaf (*R. fruticosus*) in organic production // *Agriculture & Forestry/Poljoprivreda i Sumarstvo.* – 2020. – V. 66. – N1. – P. 143-151.
17. Paczkowska-Walendowska M. et al. Blackberry leaves as new functional food? Screening antioxidant, anti-inflammatory and microbiological activities in correlation with phytochemical analysis // *Antioxidants.* – 2021. – V.10., N12. – P. 1945.
18. Robinson J. A. et al. Blackberry polyphenols: Review of composition, quantity, and health impacts from in vitro and in vivo studies // *Journal of Food Bioactives.* – 2020. – V.9. – P. 40-51.
19. Schädler V., Dergatschewa S. *Rubus caesius L.* leaves: Pharmacognostic analysis and the study of hypoglycemic activity // *National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology.* – 2017. – V.7., N5. – P. 501.
20. Shahbazi R. et al. Anti-inflammatory and immunomodulatory properties of fermented plant foods // *Nutrients.* – 2021. – V.13., N5. – P. 1516.

Информация об авторах

Ильина Маргарита Борисовна – аспирант кафедры фармацевтического естествознания Первого Московского государственного медицинского университета имени И.М. Сеченова (Сеченовского Университета). E-mail: rita221096@yandex.ru

Сергунова Екатерина Вячеславовна – доктор фармацевтический наук, доцент, профессор кафедры фармацевтического естествознания Первого Московского государственного медицинского университета имени И.М. Сеченова (Сеченовского Университета). E-mail: srgvev@mail.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 15.06.2024

Принята к печати 20.09.2024