

УДК 581.19: 57.045

ПИЩЕВАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ПЛОДОВ БОЯРЫШНИКА *CRATAEGUS OXYACANTHA* L.

© Л.Н. Скрыпник*, И.П. Мельничук, Ю.В. Королева

Балтийский федеральный университет имени И. Канта, ул. А. Невского,
14, Калининград, 236016 (Россия), e-mail: luba.skrypnik@gmail.com

В статье приведены результаты фитохимического изучения плодов *Crataegus oxyacantha* L. (боярышника колючего). Плоды *C. oxyacantha* собирали в районах с низкой антропогенной нагрузкой (ландшафтно-рекреационных зонах) и в зонах транспортной инфраструктуры Калининграда. В плодах исследовали содержание фенольных соединений (суммарное, катехинов, лейкоантоцианов, флавоноидов, танинов), моносахаридов (глюкозы и фруктозы), пектиновых веществ, органических кислот, аскорбиновой кислоты, макро- и микроэлементов, а также антиоксидантную активность. Показано влияние антропогенного фактора на изменчивость их химического состава. Установлено, что при минимальном воздействии факторов антропогенного происхождения плоды *C. oxyacantha* способны более интенсивно накапливать фенольные соединения (до 15.9 мг/г), лейкоантоцианы (до 1.5 мг/г), танины (до 6.5 мг/г), катехины (до 4.1 мг/г), флавоноиды (до 6.0 мг/г), фруктозу (до 14.1%), пектиновые вещества (до 11.6%), органические кислоты (1.45%), аскорбиновую кислоту (до 49.3 мг%), макроэлемент кальций (до 12.12 мг/г), микроэлемент цинк (до 39.12 мг/кг), обладают более высокой антиоксидантной активностью (до 9.7 мг/г). Кластерный анализ полученных данных позволил выявить зависимость содержания фитокомпонентов в плодах боярышника от условий произрастания растений. Полученные результаты позволяют рассматривать плоды *C. oxyacantha* как перспективное сырье для использования в качестве пищевых добавок различного назначения.

Ключевые слова: боярышник, *Crataegus oxyacantha* L., фенольные соединения, пектиновые вещества, моносахариды, органические кислоты, микроэлементы, антиоксидантная активность, антропогенные факторы.

Введение

В настоящее время для лечения и профилактики различных заболеваний широко используются фитопрепараты, которые сочетают в себе высокую терапевтическую активность и относительную безопасность. На сегодняшний день сердечно-сосудистые заболевания являются основной причиной смерти и инвалидизации населения во всем мире. В связи с этим особенно актуальным представляется исследование и использование препаратов на основе боярышника, которые на протяжении долгого времени зарекомендовали себя как эффективные кардиотонические средства и нашли широкое применение как в научной, так и народной медицине [1].

Растения рода Боярышник (*Crataegus* L., *Rosaceae*) достаточно распространены на территории РФ. Фармакопейной статьей РФ разрешена заготовка сырья от 12 видов растений рода Боярышник [2]. В настоящее время ведутся исследования, посвященные сравнительному анализу некоторых произрастающих в РФ фармакопейных и нефармакопейных видов боярышника по содержанию флавоноидов и других биологически активных компонентов с целью определения возможности получения сырья от разных видов и из различных частей растения [3–9].

Плоды боярышника отличаются широким разнообразием представленных в них биологически активных компонентов. Так, проводимые с 1966 г. исследования химического состава боярышника *C. pinnatifida* Bunge., широко распространенного в Китае, позволили идентифицировать более 150 химических соединений, относящихся к различным

Скрыпник Любовь Николаевна – доцент, кандидат биологических наук, e-mail: luba.skrypnik@gmail.com

Мельничук Ирина Петровна – студент, e-mail: IPMelnichuk@stud.kantiana.ru

Королева Юлия Владимировна – доцент, кандидат географических наук e-mail: yu.koroleff@yandex.ru

* Автор, с которым следует вести переписку.

классам (флавоноидам, моно-, сескви-, тритерпеноидам, стероидам, лигнанам, гидроксикоричным, органическим кислотам, моносахарам, пектинам) [10]. Что касается видов растений рода Боярышника, распространенных в РФ, то фитохимический состав их мало изучен и при этом внимание уделяется в основном фенольным соединениям, тритерпеновым сапонинам и их сапогенинам, а также аскорбиновой кислоте [11].

К важнейшим биологически активным компонентам в сырье боярышника относятся флавоноиды и проантоцианидины [12]. Основными флавоноловыми гликозидами являются гиперозид и кверцитрин, а флавоновыми – витексин и его производные [13–15]. Во многом именно флавоноиды и проантоцианидины обуславливают разнообразную биологическую активность экстрактов боярышника – кардиотоническую, антиаритмическую, гипотензивную, гиполипидемическую, антидепрессантную, диуретическую, антиоксидантную [14, 16]. Также в исследованиях *in vitro* и *in vivo* установлено, что витексин, содержащийся в плодах боярышника, обладает активностью против различных видов рака [17].

Анализ представленного в литературе экспериментального материала, посвященного изучению растений рода *Crataegus* L., показал, что химический состав плодов боярышника колючего (*Crataegus oxyacantha* L.), широко распространенного на территории Калининградской области, изучен недостаточно. Кроме того, на накопление в лекарственных растениях фитоконпонентов большое влияние оказывают различные факторы окружающей среды, связанные с местом произрастания растения (географический, климатический, эдафический, орографический, биотический) [18]. Именно совокупность влияния как онтогенетических факторов, так и факторов окружающей среды и определяет, в конечном счете, химический состав лекарственных растений и его вариабельность.

Цель настоящего исследования – фитохимическое изучение плодов *C. oxyacantha*, произрастающего на территории Калининграда.

Экспериментальная часть

В работе были изучены плоды боярышника колючего – *Crataegus oxyacantha* L. [syn. *Crataegus laevigata* (Poiret) DC. and *C. oxyacanthoides* Thuill.]. Образцы сырья заготавливали в фазу массового плодоношения в период с октября по ноябрь 2017–2018 г. в местах естественного произрастания данного вида. Видовую принадлежность определяли при помощи «Иллюстрированного определителя растений Средней России» [19] и сопоставляли собранный материал с образцами *C. oxyacantha* L., хранящимися в Гербарии KLGU. Определение видовой принадлежности проведено к.б.н. Н.Г. Петровой.

Сбор растительного материала осуществлялся на трех площадках в ландшафтно-рекреационных зонах (ЛР1–ЛР3) и на трех площадках в зонах транспортной инфраструктуры (Т4–Т6) Калининграда. В условиях произрастания исследуемых объектов на мониторинговых площадках ландшафтно-рекреационных зон (ЛР) наблюдается минимальная антропогенная нагрузка. Объекты, произрастающие в зоне транспортной инфраструктуры (Т), подвергаются влиянию действия различных компонентов газовой смеси городской среды, основным источником загрязнения которой является железнодорожный и автомобильный транспорт. Характеристика районов исследования представлена в таблице 1.

В пределах каждой мониторинговой площадки исследуемых зон собирали смешанные пробы плодов от 5–7 деревьев с разных ярусов кроны, следуя рекомендациям [20]. Свежие плоды боярышника хранили в защищенном от воздействия прямых солнечных лучей месте и в хорошо проветриваемых помещениях, после чего их высушивали при температуре 60 °С до достижения постоянной массы. Высушенные плоды измельчали в мельнице из нержавеющей стали и пропускали через сито с диаметром отверстий 0.1 мм.

Таблица 1. Характеристика площадок сбора плодов *C. oxyacantha* в Калининграде

Шифр площадки	Краткое описание
ЛР1	природный ландшафтный парк Балтийский, общая площадь: 52 га
ЛР2	
ЛР3	
Т4	ул. Киевская, одна из самых оживленных автомагистралей города с высокой интенсивностью движения автотранспорта
Т5	ул. Муромская, автомобильная дорога, характеризуется средней интенсивностью движения автотранспорта, но частым образованием дорожных заторов
Т6	ул. Аллея Смелых – ул. Полтавская, площадка расположена вблизи железнодорожных путей и автодороги с высокой интенсивностью движения автотранспорта

Количественное определение аскорбиновой кислоты в исследуемых образцах проводили йодометрическим методом [21]. Содержание суммы свободных органических кислот в пересчете на яблочную кислоту в исследуемых образцах определяли титриметрическим методом, основанным на нейтрализации содержащихся в вытяжке органических кислот 0.1 N раствором гидроксида натрия [22].

Определение моносахаридов осуществляли методом дифференциальной спектрофотометрии. Гексозы определяли по реакции с фенолом в присутствии концентрированной серной кислоты. Оптическое поглощение исследуемых растворов измеряли при длине волны 485 нм. Кетозы определяли по реакции Селиванова, основанной на взаимодействии кетоз с резорцином в присутствии хлористоводородной кислоты разведенной, с образованием окрашенного соединения с максимумом оптического поглощения при длине волны 420 нм. В качестве стандартных образцов при определении гексоз использовали растворы глюкозы, при определении кетоз – растворы фруктозы [23].

Пектиновые вещества в исследуемых образцах определяли гравиметрическим методом, основанным на осаждении омыленных фракций пектиновых веществ концентрированной соляной кислотой [24].

Определение суммарного содержания фенольных соединений производилось спектрофотометрическим методом Фолина-Чокальтеу. Оптическое поглощение исследуемых растворов измеряли при длине волны 765 нм. Растворы галловой кислоты использовали в качестве стандартных образцов [25]. Суммарное содержание танинов определяли по реакции взаимодействия двухвалентного железа и гексоцианоферрата калия с образованием синего раствора берлинской лазури с максимумом оптического поглощения при 725 нм. В качестве стандарта использовали галловую кислоту [26]. Лейкоантоцианы определяли спектрофотометрическим методом по реакции перехода лейкоантоцианов (флаван-3,4-диолов) в антоцианы путем нагревания с лейкоантоцианидиновым реактивом (5% раствор соляной кислоты в н-бутаноле). Оптическое поглощение исследуемых растворов измеряли при длине волны 520 нм [27]. Катехины определяли по реакции их взаимодействия с ванилиновым реактивом (5%-ный раствор ванилина в 96%-ном этаноле в солянокислой среде), в результате которого образуются окрашенные комплексы с максимумом светопоглощения при 520 нм [27]. Суммарное содержание флавоноидов определяли методом дифференциальной спектрофотометрии с комплексообразователем (2%-ный спиртовой раствор $AlCl_3$). В качестве стандартных образцов использовали растворы гиперозида. Оптическое поглощение исследуемых растворов измеряли при длине волны 412 нм [28].

Антиоксидантную активность определяли по способности антиоксидантов улавливать свободные радикалы 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (DPPH). Смесь экстракта и раствора DPPH инкубировали в темноте при комнатной температуре в течение 30 мин. Уменьшение оптического поглощения по сравнению с контролем (96%-ный раствор этанола) снимали при 515 нм. В качестве стандарта использовали раствор аскорбиновой кислоты (АК) [29].

Измерения оптического поглощения проводили на спектрофотометре Shimadzu UV-3600, Япония.

Элементный состав исследуемых образцов определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа на приборе Спектроскан Макс-G (ООО НПО «Спектроскан», Россия) [30].

Полученные данные обрабатывали статистически с использованием программы Statistica ver. 12 (Statsoft Inc, США). На графиках и в таблицах представлены средние значения с указанием стандартного отклонения (n=5). Степень взаимосвязи двух переменных оценивали с помощью коэффициента корреляции Пирсона (n=6). Мету сходства/различия химического состава исследованных плодов *C. oxyacantha* определяли иерархическим кластерным анализом с объединением данных по методу Уорда (расстояние объединения – Евклидово расстояние) в программе Statistica ver. 12, поддержка бутстреп кластеров при N=1000 осуществлена в программе PAST ver. 3.17.

Обсуждение результатов

Важнейшими биологически активными компонентами плодов боярышника являются фенольные соединения, прежде всего флавоноиды и олигомерные проантоцианидины. В данной работе исследовалось суммарное содержание фенольных соединений, а также содержание отдельных классов фенольных соединений: танинов, лейкоантоцианов, катехинов и флавоноидов (табл. 2).

Таблица 2. Содержание фенольных соединений в плодах *C. oxycantha*

Шифр пробы	Содержание фенольных соединений, мг/г				
	Сумма фенольных соединений ¹	Танины	Лейкоантоцианы	Катехины	Сумма флавоноидов
Участки с минимальной антропогенной нагрузкой (ландшафтно-рекреационные зоны Калининграда)					
ЛР1	15.9±2.1	5.5±0.10	1.5±0.05	2.2±0.2	6.0±0.2
ЛР2	7.4±0.6	1.6±0.10	0.79±0.08	4.1±0.4	4.2±0.2
ЛР3	10.4± 0.4	6.5±0.10	0.69± 0.05	3.3± 0.3	5.9±0.1
Участки с высокой антропогенной нагрузкой (зоны транспортной инфраструктуры Калининграда)					
T4	5.8±0.6	3.21±0.08	0.38±0.06	1.5±0.5	3.9±0.2
T5	2.7±0.5	Менее 0.02	0.38±0.03	2.0±0.2	3.8±0.2
T6	1.2±0.1	Менее 0.02	0.14±0.02	0.21±0.11	2.2±0.1

¹Примечание. Содержание суммы фенольных соединений и танинов выражено в пересчете на галловую кислоту, лейкоантоцианов – в пересчете на цианидин-3-гликозид, катехинов – в пересчете на (+)-катехин, суммы флавоноидов – в пересчете на гиперозид.

Анализ полученных данных показывает, что содержание фенольных соединений в исследуемых пробах сильно варьировало в зависимости от места произрастания растений боярышника. Как известно, фенольные соединения относятся ко вторичным метаболитам растений – соединениям, одной из функций которых является защита растительных организмов от неблагоприятных факторов внешней среды биотической и абиотической природы. Такая защитная функция обуславливает большую чувствительность биосинтеза фенольных соединений к увеличению антропогенного загрязнения, что позволяет рассматривать их уровень в растениях в качестве биоиндикационного критерия [30]. В нашем исследовании наименьшее содержание всех исследованных компонентов фенольной природы обнаружено на участке с высокой антропогенной нагрузкой – в пробе Т6. Наибольшее содержание фенольных соединений выявлено в плодах *C. oxycantha*, собранных на участках с минимальной антропогенной нагрузкой: в пробе ЛР1 наблюдалось максимальное содержание суммы фенольных соединений (15.9 мг/г), лейкоантоцианов (1.5 мг/г) и флавоноидов (6.0 мг/г), в пробе ЛР2 — катехинов (4.1 мг/г), в пробе ЛР3 — танинов (6.5 мг/г). Интерес к фенольным соединениям объясняется не только их пищевой ценностью, но и перспективой получения на их основе новых высокоактивных лекарственных препаратов, обладающих антиоксидантным, противовоспалительным, противоопухолевым, противовирусным, антипаразитарным и антибактериальным действием [31, 32]. Установлено, что содержание флавоноидов в плодах *C. oxycantha*, собранных на территории Калининграда, удовлетворяет нормам Фармакопейной статьи ГФ XIV РФ [2] и составляет не менее 0.04% (0,4 мг/г) в пересчете на гиперозид.

Высокая пищевая и биологическая ценность боярышника обусловлена также наличием в его плодах аскорбиновой кислоты. Максимальное ее содержание выявлено в пробах плодов, собранных на участках с минимальной антропогенной нагрузкой, для пробы ЛР1 оно составило 49.3 мг%, для пробы ЛР2 – 44.7 мг%. Наименьшие содержания аскорбиновой кислоты были обнаружены в пробах, собранных на участках с повышенной антропогенной нагрузкой – в зонах транспортной инфраструктуры Калининграда: Т5 (27.8 мг%) и Т6 (23.9 мг%). В среднем содержание аскорбиновой кислоты в плодах *C. oxycantha*, собранных на участках с низкой антропогенной нагрузкой, было в 1.4 раза выше (рис. 1). Согласно литературным данным, содержание аскорбиновой кислоты в боярышнике находится в пределах 31–108 мг% [8]. В плодах *C. oxycantha*, собранных с участков с высокой антропогенной нагрузкой (Т5 и Т6), ее уровень был ниже минимального предела данного диапазона значений. Известно, что фенольные соединения (танины, катехины, флавоноиды) предохраняют аскорбиновую кислоту от окисления. Полученные результаты по содержанию фенольных соединений (табл. 1) показывают, что в пробах Т5 и Т6 помимо низкого уровня аскорбиновой кислоты, наблюдалось и наименьшее содержание фенольных соединений по сравнению с другими исследуемыми образцами, что резко снижает биологическую ценность данных плодов. Именно комплекс аскорбиновой кислоты (витамин С) – биофлавоноиды (витамин Р) положительно влияет на состояние капилляров, повышает выносливость и улучшает работоспособность мышц [11]. Оба витамина обладают антиоксидантными свойствами и являются протекторами по отношению друг к другу [33].

Известно, что высушенные плоды боярышника богаты функциональными пектиновыми веществами – естественными концентратами витаминов [34]. Установлено, что содержание суммы пектиновых веществ в плодах *C. oxycantha*, собранных на территории Калининграда, варьировало от 3.2 до 11.6% (рис.

2). Ранее было выявлено, что содержание пектиновых веществ в плодах боярышника кроваво-красного составляет 1.8–6% [35]. Важной особенностью исследованных нами плодов *C. oxycantha* является преобладание протопектина над долей гидратопектина (рис. 2). Доля протопектина от суммы пектиновых веществ в исследуемых пробах составила от 51.7 до 89.1%. Такая особенность и общий высокий уровень пектинов позволяет рассматривать плоды *C. oxycantha* в качестве сырья для промышленной переработки с целью получения пектина и пектинопродуктов. В свою очередь в работе [36] показано, что пектин, полученный из плодов боярышника, обладает наибольшей комплексообразующей способностью (362.4 мг Pb⁺²/г) по сравнению с пектином из плодов шиповника, хеномелеса, унаби и облепихи (141.3–274.6 мг Pb⁺²/г) и способен проявлять радиопротекторные свойства.

Анализ содержания моносахаридов в плодах *C. oxycantha* показал, что уровень фруктозы в них был в 1.3–5.3 раза выше по сравнению с содержанием глюкозы (рис. 3), что, согласно имеющимся литературным данным, является типичным для плодов боярышника различных видов [37]. Преобладание фруктозы во всех исследуемых пробах позволяет рассматривать плоды *C. oxycantha* в качестве продукта и/или сырья для изготовления продуктов функционального назначения для больных сахарным диабетом.

Наибольшее содержание фруктозы установлено в пробах, собранных в экологически благоприятных условиях с минимальной антропогенной нагрузкой – пробы ЛР3 (14.1%) и ЛР1 (13.6%). Минимальное содержание фруктозы обнаружено в пробе Т6 (3.8%), собранной вблизи одной из самых оживленных автомагистралей города и железнодорожных путей, а значит подверженную действию различных поллютантов. Поллютанты чаще всего выступают в роли ингибиторов основного процесса жизнедеятельности растений – фотосинтеза, благодаря которому происходит образование различных органических соединений, в том числе углеводов и соединений вторичного метаболизма, как было показано в работе [38] на примере плодов шиповника, заготовленных от растений, произрастающих в условиях комплексного влияния загрязнителей городской среды и содержащих меньшие количества сахаров по сравнению с плодами из экологически чистых районов.

Для оценки качества лекарственного растительного сырья важным показателем является содержание органических кислот, обладающих широким спектром биологической активности и влияющих на бактерицидные и витаминные свойства плодов [39]. Кроме того, анализ содержания органических кислот необходим для оценки пригодности данного вида сырья для пациентов с заболеваниями органов пищеварения (гастритах, язвах), которым противопоказаны продукты, отличающиеся повышенной кислотностью. Содержание органических кислот в плодах *C. oxycantha*, собранных на территории Калининграда, находилось в пределах 0.54–1.45% (рис. 4). Полученные результаты сопоставимы с имеющимися в литературе данными, согласно которым данный показатель для различных видов боярышника составляет от 0.6 до 1.9% [5]. Максимальное содержание органических кислот было характерно для плодов, собранных в ландшафтно-рекреационной зоне – ЛР1 (1.45%). В остальных пробах уровень органических кислот был в 1.6–2.7 раза ниже.

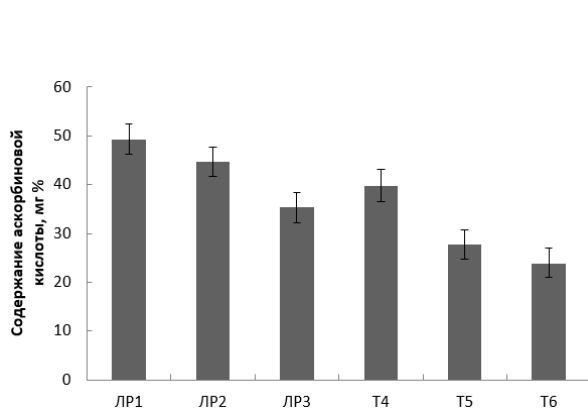


Рис. 1. Содержание аскорбиновой кислоты в плодах *C. oxycantha* в ландшафтно-рекреационных зонах (ЛР) и в зонах транспортной инфраструктуры (Т) Калининграда

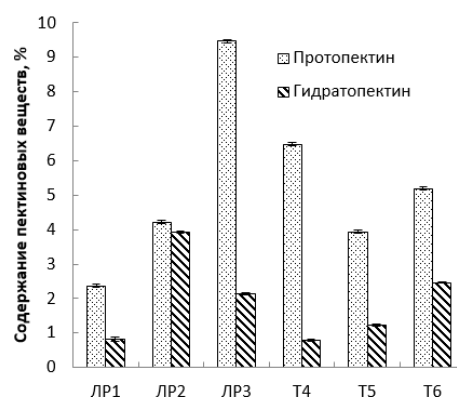


Рис. 2. Содержание пектиновых веществ в плодах *C. oxycantha* в ландшафтно-рекреационных зонах (ЛР) и в зонах транспортной инфраструктуры (Т) Калининграда

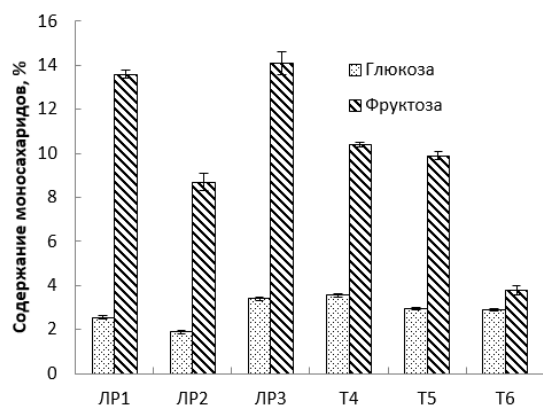


Рис. 3. Содержание моносахаридов в плодах *C. oxycantha* в ландшафтно-рекреационных зонах (ЛР) и в зонах транспортной инфраструктуры (Т) Калининграда

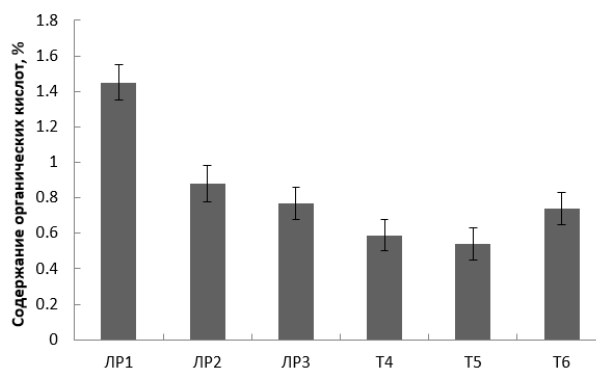


Рис. 4. Содержание органических кислот (в пересчете на яблочную кислоту) в плодах *C. oxycantha* в ландшафтно-рекреационных зонах (ЛР) и в зонах транспортной инфраструктуры (Т) Калининграда

Исследование минерального состава плодов *C. oxycantha* позволило количественно определить восемь элементов (макроэлемент кальций и микроэлементы: марганец, никель, цинк, бром, стронций, рубидий, железо). Результаты представлены в таблице 3. Следует отметить, что во всех исследуемых плодах *C. oxycantha* в преобладающих концентрациях содержались кальций и железо, далее в порядке убывания следовали цинк, стронций, марганец, рубидий, бром, никель. При этом особенно сильно зависел уровень железа от места сбора. И если для плодов, собранных в ландшафтно-рекреационных зонах различия в его содержании не превышали 2 раз, то в плодах из зон транспортной инфраструктуры колебания были более значительными. Максимальный уровень железа установлен в плодах *C. oxycantha*, собранных на площадке Т5 (более 1100 мг/кг). Такой высокий показатель не может быть объяснен только характером и степенью загрязнения данного участка, которые были сопоставимы с участком Т4 (табл. 1). Известно, что содержание незаменимых как макро-, так и микроэлементов в растениях может варьировать в значительном диапазоне и зависит от целого комплекса факторов: морфологической части рассматриваемого растения, видовой принадлежности, возраста растения и воздействия окружающей среды, в котором растение росло до сбора урожая (например, почвы, обеспеченности влагой, климатических факторов) [40], что значительно затрудняет сопоставление полученных данных с уже имеющимися в литературе. Так, в работе [41] содержание Са в плодах *C. oxycantha* составило 18.55 мг/г, Fe – 50.16 мг/кг, Mn – 40.12 мг/кг, Ni – 0.85 мг/кг, Zn – 16.75 мг/кг, тогда как в исследовании [11] содержание макро- и микроэлементов в плодах *C. oxycantha* было следующим: Са – 2.64 мг/г, Fe – 130 мг/кг, Zn – 110 мг/кг, Mn – 40 мг/кг.

Благодаря антиоксидантным свойствам, растительное сырье вызывает интерес как потенциально безопасный источник природных ингибиторов окисления. Результаты исследования показали широкий диапазон значений антиоксидантной активности (АОА) в плодах *C. oxycantha*. Максимальное значение было обнаружено в пробе ЛР1 (9.7 мг АК/г), минимальное – в пробе Т6 (1.2 мг АК/г) (рис. 5). В среднем антиоксидантная активность плодов, собранных в рекреационных зонах (ЛР), была в 3.3 раза выше, чем у плодов, собранных в зонах Калининграда с высокой антропогенной нагрузкой.

Таблица 3. Элементный состав плодов *C. oxycantha*

Шифр пробы	Содержание макро- и микроэлементов							
	Са, мг/г	Fe, мг/кг	Mn, мг/кг	Zn, мг/кг	Br, мг/кг	Ni, мг/кг	Sr, мг/кг	Rb, мг/кг
Участки с минимальной антропогенной нагрузкой (ландшафтно-рекреационные зоны Калининграда)								
ЛР1	11.59±0.64	124.1±2.4	25.44±1.36	36.52±0.99	2.84±0.71	0.60±0.26	27.74±4.12	8.41±2.70
ЛР2	11.61±0.65	159.9±2.8	25.31±1.37	39.12±0.98	1.09±0.33	1.46±0.95	43.96±4.41	9.78±2.81
ЛР3	12.12±0.07	230.9±3.6	28.81±1.42	34.36±0.97	3.30±0.72	1.47±0.96	30.86±4.24	12.35±2.79
Участки с высокой антропогенной нагрузкой (зоны транспортной инфраструктуры Калининграда)								
Т4	8.00±0.57	404.7±5.5	27.55±1.35	32.99±0.94	1.76±0.65	0.81±0.32	27.89±4.29	13.10±2.86
Т5	7.07±0.56	1100.2±13.6	34.81±1.41	32.00±0.91	2.05±0.66	1.75±0.92	27.17±4.41	8.63±2.94
Т6	7.45±0.53	334.3±4.6	21.02±1.21	23.97±0.86	2.48±0.54	0.56±0.18	23.92±4.36	5.68±2.94

К соединениям с антиоксидантными свойствами относятся аскорбиновая кислота, полифенолы, биофлавоноиды, токоферолы, каротиноиды, микроэлементы селен и цинк [42]. Оценка вклада отдельных фитоконпонентов в антиоксидантную активность плодов *C. oxyacantha* проводилась на основании корреляционного анализа. Статистически достоверные корреляционные зависимости были выявлены между АОА и суммой фенольных соединений ($r=0.99, p<0.001$), содержанием лейкоантоцианов ($r=0.93, p=0.007$), флавоноидов ($r=0.93, p=0.008$), танинов ($r=0.87, p=0.022$), органических кислот ($r=0.83, p=0.039$), кальция ($r=0.82, p=0.045$) и фруктозы ($r=0.81, p=0.048$). Поученные результаты в целом подтверждает гипотезу, что именно фенольные соединения вносят существенный вклад в антиоксидантные свойства плодов боярышника, и согласуются с имеющимися в литературе данными [16]. В работе [43] было показано, что органические кислоты, в частности уксусная, яблочная, лимонная, не проявляли способности к связыванию DPPH-радикала, однако присутствуя в растворе совместно с аскорбиновой кислотой, существенно увеличивали ее антиоксидантную активность. Кроме того, помимо аскорбиновой кислоты антиоксидантные свойства достоверно установлены также и для некоторых других органических кислот, прежде всего фенольной природы (бензойной, коричной, феруловой) [44]. Наличие корреляционной связи между АОА и суммой органических кислот и ее отсутствие между АОА и аскорбиновой кислотой, выявленные в нашем исследовании, свидетельствуют о том, что витамин С, с одной стороны, не является решающим компонентом в плодах *C. oxyacantha*, отвечающим за их антиоксидантные свойства, и с другой – позволяет предположить высокое содержание фенольных кислот в плодах боярышника исследуемого вида. Связь между антиоксидантной активностью и содержанием в плодах *C. oxyacantha* кальция и фруктозы является, скорее всего, опосредованной и объясняется участием данных компонентов в биосинтезе вторичных метаболитов, способных связывать DPPH-радикал.

На основании полученных данных фитохимического анализа плодов *C. oxyacantha* был проведен кластерный анализ, по результатам которого исследуемые образцы плодов боярышника были распределены на два основных кластера (рис. 6). Один кластер был представлен образцами, собранными на участках с минимальной антропогенной нагрузкой – в ландшафтно-рекреационных зонах Калининграда, другой кластер был образован образцами, собранными на участках с высокой антропогенной нагрузкой – в зонах транспортной инфраструктуры. Полученные результаты кластерного анализа свидетельствуют о влиянии антропогенного фактора на химический состав плодов *C. oxyacantha* и доказывают необходимость тщательного исследования и выбора участков для сбора растительного сырья.

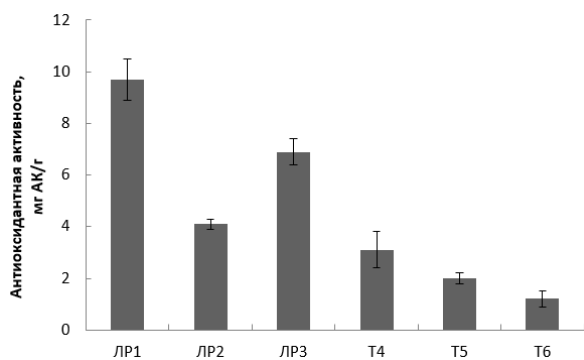


Рис. 5. Антиоксидантная активность плодов *C. oxyacantha* в ландшафтно-рекреационных зонах (ЛР) и в зонах транспортной инфраструктуры (Т) Калининграда

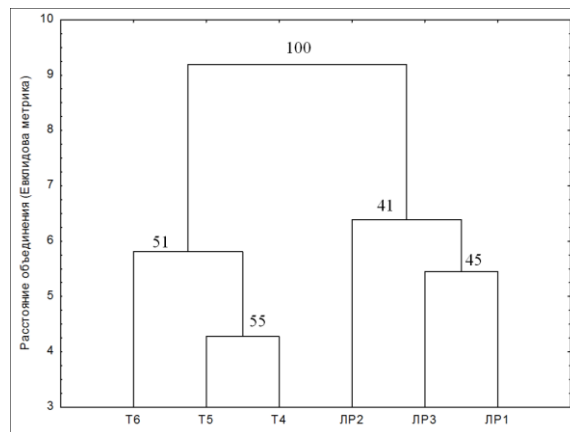


Рис. 6. Классификация исследуемых образцов плодов *C. oxyacantha*, собранных в ландшафтно-рекреационных зонах (ЛР) и в зонах транспортной инфраструктуры (Т) Калининграда. Значения бутстрепа рассчитаны для 1000 повторений

Выводы

1. Проведенное фитохимическое исследование плодов *C. oxyacantha* Калининграда, собранных на участках с различным уровнем антропогенной нагрузки, показало, что плоды боярышника отличались высоким содержанием фенольных соединений (до 15.9 мг/г), флавоноидов (до 6.0 мг/г), фруктозы (до 14.1%), пектиновых веществ (до 11.6%), кальция (до 12.12 мг/г), железа (до 1100.2 мг/кг) и цинка (до 39.12 мг/кг).

2. Установлено, что содержание биологически активных веществ в плодах *C. oxyacantha* зависело от места произрастания растений. В плодах *C. oxyacantha*, произрастающего в районах с низкой антропогенной нагрузкой, уровень антиоксидантной активности и содержание суммы фенольных соединений, лейкоантоцианов, танинов, катехинов, флавоноидов, фруктозы, пектиновых веществ, органических кислот, аскорбиновой кислоты, а также кальция и цинка был выше по сравнению с плодами, собранными в районах с развитой транспортной инфраструктурой.

3. Полученные результаты фитохимического исследования доказывают биологическую ценность плодов *C. oxyacantha* и делают данное сырье перспективным для его использования в качестве пищевых добавок различного назначения. Однако при заготовке сырья необходимо учитывать экологические условия места произрастания растений не только с целью обеспечения безопасности сырья (например, по содержанию тяжелых металлов), но и для повышения его фармакологической ценности за счет более высокого уровня биологически активных компонентов.

Список литературы

1. Куркин В.А. Фармакогнозия. Самара, 2007. С. 789–794.
2. ФС.2.5.0061.18. Боярышника плоды *Crataegi fructus* // Государственная фармакопея Российской Федерации XIV издание. М.: ФЭМБ, 2018. Т. 4. С. 5913–5924.
3. Сагарадзе В.А., Бабаева Е.Ю., Уфимов Р.А., Загурская Ю.В., Трусов Н.А., Коротких В.И., Маркин И.Н., Пещанская Е.В., Можаяева Г.Ф., Каленикова Е.И. Содержание флавоноидов в цветках с листьями боярышников (*Crataegus* L.) флоры РФ // Химия растительного сырья. 2018. №4. С. 95–104. DOI: 10.14258/jcrpm.2018044039.
4. Куркин В.А., Морозова Т.В., Правдивцева О.Е., Жавкина Т.М., Розно С.А. Содержание суммы флавоноидов в плодах и побегах некоторых видов рода боярышник // Сборник научных трудов ГНБС. 2018. №146. С. 172–174. DOI: 10.25684/NBG.sbook.146.2018.27.
5. Мухаметова С.В. Биохимическая характеристика плодов некоторых видов боярышника в Республике Марий Эл // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. №15. С. 103–107.
6. Стрелец В.Д., Никиточкин Д.Н., Виноградова О.А. Крупноплодный боярышник (*Crataegus aestivalis* L.) – перспективная плодовая культура для Нечерноземной зоны России // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2014. №4. С. 119–124.
7. Куркин В.А., Зайцева Е.Н., Морозова Т.В., Правдивцева О.Е., Авдеева Е.В., Куркина А.В., Агапов А.И. Изучение флавоноидов и антидепрессантной активности листьев и жидкого экстракта боярышника полумягкого // Химия растительного сырья. 2018. №4. С. 105–112. DOI: 10.14258/jcrpm.2018043883.
8. Сорокопудов В.Н., Бакшуттов С.А., Мячикова Н.И., Навальнева И.А. Содержание БАВ в плодах некоторых представителей видов рода *Crataegus* L. // Химия растительного сырья. 2011. №4. С. 335–336.
9. Куркин В.А., Морозова Т.В., Правдивцева О.Е. Исследования по разработке методики стандартизации листьев боярышника кроваво-красного // Химия растительного сырья. 2017. №3. С. 169–173. DOI: 10.14258/jcrpm.2017031286.
10. Wu J., Peng W., Qin R., Zhou H. *Crataegus pinnatifida*: chemical constituents, pharmacology, and potential applications // Molecules. 2014. Vol. 19. N2. Pp. 1685–1712. DOI: 10.3390/molecules19021685.
11. Омариева Л.В., Истригова Т.А. Боярышники Дагестана – ценный источник биологически активных веществ // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. №116. С. 1–11.
12. Orhan I.E. Phytochemical and pharmacological activity profile of *Crataegus oxyacantha* L. (hawthorn) – A cardiotonic herb // Current medicinal chemistry. 2018. Vol. 25. N37. Pp. 4854–4865. DOI: 10.2174/0929867323666160919095519.
13. Куркина А.В. Флавоноиды фармакопейных растений: Монография. Самара, 2012. 290 с.
14. Морозова Т.В., Куркина А.В., Правдивцева О.Е., Дубищев А.В., Куркин В.А., Зайцева Е.Н. Фармакогностическое и фармакологическое исследование сырья боярышника // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. №5(3). С. 959–963.
15. Benabderrahmane W., Lores M., Benaissa O., Lamas J.P., de Miguel T., Amrani A., Benayache F., Benayache S. Polyphenolic content and bioactivities of *Crataegus oxyacantha* L. (Rosaceae) // Natural product research. 2019. N1–6. DOI: 10.1080/14786419.2019.1582044.
16. Chang Q., Zuo Z., Harrison F., Chow M.S.S. Hawthorn // The Journal of Clinical Pharmacology. 2002. Vol. 42. N6. Pp. 605–612. DOI: 10.1177/00970002042006003.
17. Ganesan K., Xu B. Molecular targets of vitexin and isovitexin in cancer therapy: a critical review // Annals of the New York Academy of Sciences. 2017. Vol. 1401. N1. Pp. 102–113. DOI: 10.1111/nyas.13446.
18. Омариева Л.В. Влияние экологических факторов на накопление биологически активных веществ в плодах *Crataegus pentagyna* Waldst et Kit в условиях Дагестана // Юг России: экология, развитие. 2011. №4. С. 28–31.
19. Губанов И.А., Киселева К.В., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. Иллюстрированный определитель растений средней России. М., 2003. Т. 2. С. 666.

20. Омариева Л.В. Накопление биологически активных веществ в плодах представителей семейства Rosaceae (на примере рода *Crataegus*) республики Дагестан в зависимости от экологических факторов: дис. ... канд. биол. наук. Махачкала, 2016. 127 с.
21. Nweze C.C., Abdulganiyu M.G., Erhabor O.G. Comparative analysis of vitamin C in fresh fruits juice of *Malus domestica*, *Citrus sinensi*, *Ananas comosus* and *Citrullus lanatus* by iodometric titration // *Int. J. Sci. Environ. Technol.* 2015. Vol. 4. N1. Pp. 17–22.
22. Михалина А.Д. Исследование титруемой кислотности продуктов растениеводства // *Наука и образование: новое время.* 2017. №3. С. 795–798.
23. Писарев Д.И., Новиков О.О., Безменова М.Д., Томчаковская Е.А., Сорокопудов В.Н. Разработка метода количественного определения моносахаров в плодах черёмухи поздней *Padus serotina* (Ehrh.) Agardh // *Научные ведомости БелГУ. Серия: Медицина. Фармация.* 2010. №22(93). С. 114–118.
24. Ольховатов Е.А., Родионова Л.Я., Щербакова Е.В. Разработка методики определения количества пектиновых веществ в сырье и продуктах его переработки // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета.* 2017. №128. С. 665–678.
25. Liu S., Zhang X., You L., Guo Z., Chang X. Changes in anthocyanin profile, color, and antioxidant capacity of hawthorn wine (*Crataegus pinnatifida*) during storage by pretreatments // *LWT.* 2018. Vol. 95. Pp. 179–186. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.04.093.
26. Gupta C., Verma R. Visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content and antioxidant activity of three common vegetable // *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research.* 2011. Vol. 2. N1. Pp. 175–18.
27. Федуреав П.В., Скрыпник Л.Н., Масленников П.В., Чупахина Г.Н., Таценко Н.А. Особенности накопления фенольных соединений в растениях некоторых видов рода *Rumex* L. // *Химия растительного сырья.* 2017. №3. С. 123–130. DOI: 10.14258/jcpr.201703755.
28. Куркина А.В. Определение содержания суммы флавоноидов в плодах боярышника // *Химико-фармацевтический журнал.* 2014. Т. 48. №12. С. 27–30.
29. Tõnutare T. Possibilities to Affect Antioxidant Properties of Strawberries and Some Methodical Aspects in Their Determination. Diss. Eesti Maaülikool. 2015. 36 p.
30. Масленников П.В., Чупахина Г.Н., Скрыпник Л.Н., Федуреав П.В., Мельник А.С. Оценка антиоксидантного потенциала растений урбоэкосистем в условиях антропогенного загрязнения почв // *Экология.* 2018. №5. С. 342–354. DOI: 10.1134/S03670597180500620.
31. Денисенко Т.А., Вишник А.Б., Цыганок Л.П. Спектрофотометрическое определение суммы фенольных соединений в растительных объектах с использованием хлорида алюминия, 18–молибдодифосфата и реактива Фолина-Чокальтеу // *Аналитика и контроль.* 2015. Т. 19. №4. С. 373–380. DOI: 10.15826/analitika.2015.19.3.001.
32. Van Hung P. Phenolic compounds of cereals and their antioxidant capacity // *Critical reviews in food science and nutrition.* 2016. Vol. 56. N1. Pp. 25–35. DOI: 10.1080/10408398.2012.708909.
33. Kasote D.M., Katyare S.S., Hegde M.V., Bae H. Significance of antioxidant potential of plants and its relevance to therapeutic applications // *International journal of biological sciences.* 2015. Vol. 11. N8. Pp. 982–991. DOI: 10.7150/ijbs.12096.
34. Древин В.Е., Шипаева Т.А., Комарова В.И., Серова А.Н., Серова О.П. Мороженое с боярышником // *Пищевая промышленность.* 2012. №5. С. 29.
35. Хишова О.М., Кравченко Е.В., Родионова Т.В. Фармакологическое действие боярышника кроваво-красного и применение в медицине // *Вестник фармации.* 2004. №2(24). С. 69–76.
36. Сокол Н.В., Храмова Н.С., Гайдукова О.П. Исследование пектиновых веществ плодов дикорастущих культур // *Новые технологии.* 2008. №6. С. 27–39.
37. Павильонов А.А., Рожков М.И. Новые плодовые и ягодные культуры. М., 1986. 88 с.
38. Дубовая Е.В., Бессонова В.П., Лыженко И.И. Влияние комплекса загрязнителей на содержание сахаров и общую кислотность мякоти плодов розы собачьей и розы коричной // *Вопросы экологии и охраны природы в лесостепной и степной зонах.* 1995. С. 128–134.
39. Сергунова Е.В., Марахова А.И., Аврач А.С. Методы количественного определения органических кислот в лекарственном растительном сырье и водных извлечениях // *Фармация.* 2013. №4. С. 8–11.
40. Andrade D.F., Pereira-Filho E.R., Konieczynski P. Comparison of ICP OES and LIBS analysis of medicinal herbs rich in flavonoids from Eastern Europe // *Journal of the Brazilian Chemical Society.* 2017. Vol. 28. N5. Pp. 838–847. DOI: 10.21577/0103-5053.20160236.
41. Pehlivan M., Turan M., Kaya T., Şimsek U. Heavy Metal and Mineral Levels of Some Fruit Species Grown at The Roadside in The East Part of Turkey // *Fresenius Environmental Bulletin.* 2015. Vol. 24. Pp. 1302–1309.
42. Pisoschi A.M., Pop A. The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review // *European journal of medicinal chemistry.* 2015. Vol. 97. Pp. 55–74. DOI: 10.1016/j.ejmech.2015.04.040.
43. Scalzo R.L. Organic acids influence on DPPH scavenging by ascorbic acid // *Food Chemistry.* 2008. Vol. 107. N1. Pp. 40–43. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.07.070.
44. Szwajgier D., Pielecki J., Targoński Z. Antioxidant activities of cinnamic and benzoic acid derivatives // *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria.* 2005. Vol. 4. N2. Pp. 129–142.

Поступила в редакцию 16 апреля 2019 г.

После переработки 4 июня 2019 г.

Принята к публикации 17 ноября 2019 г.

Для цитирования: Скрыпник Л.Н., Мельничук И.П., Королева Ю.В. Пищевая и биологическая ценность плодов боярышника *Crataegus oxyacantha* L. // *Химия растительного сырья.* 2020. №1. С. 265–275. DOI: 10.14258/jcpr.2020015452.

*Skrypnik L.N.**, *Melnichuk I.P.*, *Koroleva Yu.V.* NUTRITIONAL AND BIOLOGICAL VALUE OF FRUITS OF *CRATAEGUS OXYACANTHA* L.

*Immanuel Kant Baltic Federal University, ul. A. Nevskogo, 14, Kaliningrad, 236016 (Russia),
e-mail: luba.skrypnik@gmail.com*

The work involved the phytochemical study of hawthorn fruits (*Crataegus oxyacantha* L.). Hawthorn fruits were collected in areas with low anthropogenic impact (landscape and recreational areas) and in areas with the transport infrastructure in Kaliningrad city. The content of total phenolic compounds and subgroups: catechins, leucoanthocyanins, flavonoids, tannins); monosaccharides (glucose and fructose), pectins, organic acids, ascorbic acid, macro- and microelements, as well as antioxidant activity in hawthorn fruits were studied. The influence of the anthropogenic factor on the variability of their chemical composition was shown. It has been established that hawthorn fruits from areas with minimal impact of anthropogenic factors can accumulate phenolic compounds (up to 15.9 mg/g), leucoanthocyanins (up to 1.5 mg/g), tannins (up to 6.5 mg/g), catechins (up to 4.1 mg/g), flavonoids (up to 6.0 mg/g), fructose (up to 14.1%), pectin (up to 11.6%), organic acids (1.45%), ascorbic acid (up to 49.3 mg/100 g), calcium (up to 12.12 mg/g), zinc (up to 39.12 mg/kg) more intensively and demonstrated higher antioxidant activity (up to 9.7 mg/g). The cluster analysis carried out on the content of phytochemicals proved the dependence of the accumulation of nutrients in hawthorn fruits on the growing conditions of plants. The obtained results allow us to consider the fruits of hawthorn *C. oxyacantha* as a valuable raw material for use as food additives for various purposes.

Keywords: hawthorn, *Crataegus oxyacantha* L., phenolic compounds, pectin, monosaccharides, organic acids, minerals, antioxidant activity, anthropogenic factors.

References

1. Kurkin V.A. *Farmakognoziya*. [Pharmacognosy]. Samara, 2007, pp. 789–794 (in Russ.).
2. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii XIV izdaniye* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation XIV Edition]. Moscow, 2018, vol. 4, pp. 5913–5924 (in Russ.).
3. Sagaradze V.A., Babayeva Ye.Yu., Ufimov R.A., Zagurskaya Yu.V., Trusov N.A., Korotkikh V.I., Markin I.N., Peshchanskaya Ye.V., Mozhayeva G.F., Kalenikova Ye.I. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2018, no. 4, pp. 95–104. DOI: 10.14258/jcprm.2018044039 (in Russ.).
4. Kurkin V.A., Morozova T.V., Pravdivtseva O.Ye., Zhavkina T.M., Rozno S.A. *Sbornik nauchnykh trudov GNBS*. 2018, no. 146, pp. 172–174. DOI: 10.25684/NBG.scbook.146.2018.27 (in Russ.).
5. Mukhametova S.V. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2013, vol. 16, no. 15, pp. 103–107 (in Russ.).
6. Strelets V.D., Nikitochkin D.N., Vinogradova O.A. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2014, no. 4, pp. 119–124 (in Russ.).
7. Kurkin V.A., Zaytseva Ye.N., Morozova T.V., Pravdivtseva O.Ye., Avdeyeva Ye.V., Kurkina A.V., Agapov A.I. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2018, no. 4, pp. 105–112. DOI: 10.14258/jcprm.2018043883 (in Russ.).
8. Sorokopudov V.N., Bakshutov S.A., Myachikova N.I., Naval'neva I.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2011, no. 4, pp. 335–336 (in Russ.).
9. Kurkin V.A., Morozova T.V., Pravdivtseva O.Ye. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2017, no. 3, pp. 169–173. DOI: 10.14258/jcprm.2017031286 (in Russ.).
10. Wu J., Peng W., Qin R., Zhou H. *Molecules*, 2014, vol. 19, no. 2, pp. 1685–1712. DOI: 10.3390/molecules19021685.
11. Omariyeva L.V., Isrigova T.A. *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2016, no. 116, pp. 1–11 (in Russ.).
12. Orhan I.E. *Current medicinal chemistry*, 2018, vol. 25, no. 37, pp. 4854–4865. DOI: 10.2174/0929867323666160919095519.
13. Kurkina A.V. *Flavonoidy farmakopeynykh rasteniy: Monografiya*. [Flavonoids of Pharmacopoeia Plants: Monograph]. Samara, 2012. 290 c. (in Russ.).
14. Morozova T.V., Kurkina A.V., Pravdivtseva O.Ye., Dubishchev A.V., Kurkin V.A., Zaytseva Ye.N. *Izvestiya Samar-skogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2015, vol. 17, no. 5(3), pp. 959–963 (in Russ.).
15. Benabderrahmane W., Lores M., Benaissa O., Lamas J.P., de Miguel T., Amrani A., Benayache F., Benayache S. *Natural product research*, 2019, no. 1–6, DOI: 10.1080/14786419.2019.1582044.
16. Chang Q., Zuo Z., Harrison F., Chow M.S.S. *The Journal of Clinical Pharmacology*, 2002, vol. 42, no. 6, pp. 605–612. DOI: 10.1177/00970002042006003.
17. Ganesan K., Xu B. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2017, vol. 1401, no. 1, pp. 102–113. DOI: 10.1111/nyas.13446.
18. Omariyeva L.V. *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye*, 2011, no. 4, pp. 28–31 (in Russ.).
19. Gubanov I.A., Kiseleva K.V., Novikov V.S., Tikhomirov V.N. *Illyustrirovannyi opredelitel' rasteniy sredney Rossii*. [Illustrated identifier of plants in central Russia]. Moscow, 2003, vol. 2, p. 666 (in Russ.).
20. Omariyeva L.V. *Nakopleniye biologicheskii aktivnykh veshchestv v plodakh predstaviteley semeystva Rosaceae (na primere roda Crataegus) respubliky Dagestan v zavisimosti ot ekologicheskikh faktorov: dis. ... kand. biol. nauk*. [The accumulation of biologically active substances in the fruits of representatives of the Rosaceae family (for example, the genus *Crataegus*) of the Republic of Dagestan, depending on environmental factors: dis. ... cand. biol. sciences.]. Makhachkala, 2016, 127 p. (in Russ.).
21. Nweze C.C., Abdulganiyu M.G., Erhabor O.G. *Int. J. Sci. Environ. Technol.*, 2015, vol. 4, no. 1, pp. 17–22.

* Corresponding author.

22. Mikhailina A.D. *Nauka i obrazovaniye: novoye vremya*, 2017, no. 3, pp. 795–798 (in Russ.).
23. Pisarev D.I., Novikov O.O., Bezmenova M.D., Tomchakovskaya Ye.A., Sorokopudov V.N. *Nauchnyye vedomosti BelGU. Seriya: Meditsina. Farmatsiya*, 2010, no. 22(93), pp. 114–118 (in Russ.).
24. Ol'khovator Ye.A., Rodionova L.YA., Shcherbakova Ye.V. *Politematicheskiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, no. 128, pp. 665–678 (in Russ.).
25. Liu S., Zhang X., You L., Guo Z., Chang X. *LWT*, 2018, vol. 95, pp. 179–186. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.04.093.
26. Gupta C., Verma R. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2011, vol. 2, no. 1, pp. 175–18.
27. Fedurayev P.V., Skrypnik L.N., Maslennikov P.V., Chupakhina G.N., Tatsenko N.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2017, no. 3, pp. 123–130. DOI: 10.14258/jcprm.201703755 (in Russ.).
28. Kurkina A.V. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 2014, vol. 48, no. 12, pp. 27–30 (in Russ.).
29. Tõnutare T. *Possibilities to Affect Antioxidant Properties of Strawberries and Some Methodical Aspects in Their Determination. Diss. Eesti Maaülikool*. 2015, 36 p.
30. Maslennikov P.V., Chupakhina G.N., Skrypnik L.N., Fedurayev P.V., Mel'nik A.S. *Ekologiya*, 2018, no. 5. pp. 342–354. DOI: 10.1134/S03670597180500620 (in Russ.).
31. Denisenko T.A., Vishnikin A.B., Tsyganok L.P. *Analitika i kontrol'*, 2015, vol. 19, no. 4, pp. 373–380. DOI: 10.15826/analitika.2015.19.3.001 (in Russ.).
32. Van Hung P. *Critical reviews in food science and nutrition*, 2016, vol. 56, no. 1, pp. 25–35. DOI: 10.1080/10408398.2012.708909.
33. Kasote D.M., Katyare S.S., Hegde M.V., Bae H. *International journal of biological sciences*, 2015, vol. 11, no. 8, pp. 982–991. DOI: 10.7150/ijbs.12096.
34. Drevin V.Ye., Shipayeva T.A., Komarova V.I., Serova A.N., Serova O.P. *Pishchevaya promyshlennost'*, 2012, no. 5, p. 29 (in Russ.).
35. Khishova O.M., Kravchenko Ye.V., Rodionova T.V. *Vestnik farmatsii*, 2004, no. 2(24), pp. 69–76 (in Russ.).
36. Sokol N.V., Khramova N.S., Gaydukova O.P. *Novyye tekhnologii*, 2008, no. 6, pp. 27–39 (in Russ.).
37. Pavil'onov A.A., Rozhkov M.I. *Novyye plodovyye i yagodnyye kul'tury*. [New fruit and berry crops]. Moscow, 1986, 88 p. (in Russ.).
38. Dubovaya Ye.V., Bessonova V.P., Lyzhenko I.I. *Voprosy ekologii i okhrany prirody v lesostepnoy i stepnoy zonakh*, 1995, pp. 128–134 (in Russ.).
39. Sergunova E.V., Marakhova A.I., Avrach A.S. *Farmatsiya*, 2013, no. 4, pp. 8–11 (in Russ.).
40. Andrade D.F., Pereira-Filho E.R., Konieczynski P. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 2017, vol. 28, no. 5, pp. 838–847. DOI: 10.21577/0103-5053.20160236.
41. Pehlivan M., Turan M., Kaya T., Şimsek U. *Fresenius Environmental Bulletin*, 2015, vol. 24, pp. 1302–1309.
42. Pisoschi A.M., Pop A. *European journal of medicinal chemistry*, 2015, vol. 97, pp. 55–74. DOI: 10.1016/j.ejmech.2015.04.040.
43. Scalzo R.L. *Food Chemistry*, 2008, vol. 107, no. 1, pp. 40–43. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.07.070.
44. Szwajgier D., Pielecki J., Targoński Z. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 2005, vol. 4, no. 2, pp. 129–142.

Received April 16, 2019

Revised June 4, 2019

Accepted November 17, 2019

For citing: Skrypnik L.N., Melnichuk I.P., Koroleva Yu.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 1, pp. 265–275. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020015452.

