

УДК 582.734.3: 581.6

## БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛОДОВ НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *SORBUS* L. КОЛЛЕКЦИИ ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА

© Р.Г. Абдуллина<sup>1\*</sup>, К.А. Пупыкина<sup>2</sup>, С.Г. Денисова<sup>1</sup>, В.В. Пупыкина<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Южно-Уральский ботанический сад-институт Уфимского федерального исследовательского центра РАН, ул. Менделеева, 195, корп. 3, Уфа, 450080 (Россия), e-mail: rimmaabdullina@yandex.ru

<sup>2</sup> Башкирский государственный медицинский университет, ул. Ленина, 3, Уфа, 450000 (Россия)

Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.) является ценным лекарственным и пищевым растением, которое широко используется в практической медицине и в любительском садоводстве.

Цель настоящего исследования – определение содержания аскорбиновой кислоты, органических кислот, дубильных веществ и флавоноидов в плодах некоторых представителей рода *Sorbus* коллекции Южно-Уральского ботанического сада-института и выявление наиболее перспективных таксонов. Для проведения анализа плоды рябин собирали в фазу полного созревания и высушивали до воздушно-сухого состояния. Фитохимические исследования проводились по общепринятым методикам. Объектом сравнения служил официальный фармакопейный вид – *Sorbus aucuparia*.

При анализе полученных данных установлено, что плоды × *Sorbocotoneaster pozdnyjkovii* и *Sorbus sibirica* превосходили природную форму (*Sorbus aucuparia*) по содержанию аскорбиновой кислоты на 11.54 и 43.27%; органических кислот – на 24.11 и 60.84%; дубильных веществ – на 3.49 и 43.23%; флавоноидов – на 44.19 и 12.79% соответственно. Полученные результаты позволяют рекомендовать данные таксоны как перспективные источники сырья для получения биологически активных веществ при производстве натуральных продуктов питания и пищевых добавок.

*Ключевые слова:* рябина, *Sorbus*, плоды, аскорбиновая кислота, флавоноиды, органические кислоты, дубильные вещества, химический состав.

### Введение

Сырьем для приготовления качественных и полезных для здоровья человека продуктов питания служат плодово-ягодные растения, благодаря входящим в их состав ценным биологически активным веществам (витамины, макро- и микроэлементы, органические кислоты, флавоноиды и другие), которые обладают профилактическими и лечебными свойствами, участвуют в многочисленных важных для человека процессах жизнедеятельности организма [1–9]. Среди большого разнообразия плодов и ягод, произрастающих на тер-

Абдуллина Римма Галимзяновна – научный сотрудник лаборатории дендрологии, лесной селекции и интродукции древесных растений, e-mail: rimmaabdullina@yandex.ru

Пупыкина Кира Александровна – доктор фармацевтических наук, профессор кафедры фармакогнозии с курсом ботаники и основ фитотерапии, e-mail: rimmaabdullina@yandex.ru

Денисова Светлана Галимулловна – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории интродукции и селекции цветочных растений, e-mail: svetik-7808@mail.ru

Пупыкина Виктория Викторовна – студентка, e-mail: pupykinaka@gmail.com

ритории Башкирского Предуралья, привлекает внимание рябина. Род Рябина (*Sorbus* L.) относится к подсемейству *Maloideae* Weber семейства *Rosaceae* Adans. и насчитывает более 250 видов, произрастающих преимущественно в умеренной зоне северного полушария [10]. Рябины высокоустойчивы к влиянию различных факторов внешней среды, не требовательны к условиям произрастания, могут расти на песчаных, глинистых, каменистых, известковых и кислых почвах [11]. В есте-

\* Автор, с которым следует вести переписку.

ственных условиях Башкирского Предуралья произрастают два вида рябин: *Sorbus aucuparia* L. (рябина обыкновенная) и *Sorbus sibirica* Hedl. (рябина сибирская).

Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.) – дерево или многоствольный кустарник до 10–12 м высотой. Имеет широкий ареал распространения: Европейская часть России, Крым, Кавказ, Западная Европа, Малая Азия, Северная Африка. Плоды рябины обыкновенной оранжево-красного цвета, сладко-горьковатые, терпкие на вкус, созревают в сентябре-октябре [12], входят в Государственную фармакопею Российской Федерации и применяются в медицинской практике как в свежем, так и в высушенном виде как поливитаминное средство с высоким содержанием аскорбиновой кислоты и β-каротина [13]. Плоды, цветки и листья рябин используют в производстве растительных продуктов и пищевых добавок [6, 14]. Свежие ягоды перерабатывают для получения витаминного сиропа, сухие входят в состав поливитаминных сборов. Плоды рябины за счет богатого набора биологически активных веществ оказывают антибактериальное, антиоксидантное, диуретическое, капилляроукрепляющее, протистоцидное, желчегонное, легкое слабительное, вяжущее, гемостатическое действие, тормозят рост микроорганизмов, грибов и плесени, снижают содержание липидов в печени и холестерина в крови, подавляют газообразование в кишечнике, связывают и выводят из организма токсины и избыток углеводов, широко используются в качестве лечебных и профилактических средств как в научной, так и в народной медицине разных стран [14–16].

Рябина сибирская (*S. sibirica* Hedl.) – дерево высотой до 17 м, естественно произрастает на Северо-Востоке Европейской части России, в горах Урала, в Сибири, Монголии [11]. Плоды в период полного созревания красные, крупные, до 1.5 см в диаметре. Начало созревания плодов отмечается в первой декаде августа. В ЦСБС (Новосибирск) в результате отдаленной гибридизации отборных форм *S. sibirica* с формами и сортами различных видов рода *Sorbus* созданы перспективные гибриды с крупными, хорошими вкусовыми качествами плодов [17]. В ботаническом саду (г. Ставрополье) был проведен биохимический анализ рябин, в плодах *S. sibirica* была обнаружена аскорбиновая кислота и Р-активные полифенолы [18]. *S. sibirica* может использоваться в культуре как плодое и декоративное растение, особенно в северных регионах [19].

В литературных источниках имеются данные о химическом составе плодов представителей рода *Sorbus* [20–27]. Плоды рябины содержат углеводы, каротиноиды, витамины С, Р, В<sub>2</sub>, Е, органические кислоты, тритерпеновые соединения, флавоноиды, катехины, фенолкарбоновые кислоты, пектиновые вещества, парасорбиновую и сорбиновую кислоты, сорбит, в семенах имеется гликозид амигдалин и жирное масло. В ранее опубликованных работах приводились данные по содержанию в плодах рябин каротиноидов и аскорбиновой кислоты [28, 29].

Цель настоящего исследования – сравнительное изучение содержания биологически активных веществ, в плодах некоторых представителей рода *Sorbus* и выявление наиболее перспективных видов и сортов.

### Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования использовали плоды 10 таксонов рябин коллекции Южно-Уральского ботанического сада-института – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (далее – ЮУБСИ УФИЦ РАН). Из них пять видов из различных географических мест обитания: европейско-юго-западно-азиатский – *Sorbus aucuparia* L. (синонимы: *S. aucuparia* Michx., *S. aucuparia* subsp. *aucuparia*); североамериканский – *S. scopulina* Greene (синонимы: *Pyrus scopulina* (Greene) Longyear, *S. alaskana* G. N. Jones, *S. dumosa* Greene, *S. angustifolia* Rydb.); восточноазиатский – *S. frutescens* McAll. (синонимы: *S. fruticosa* Crantz); сибирский – *S. sibirica* Hedl. (синонимы: *S. aucuparia* subsp. *sibirica* (Hedl.) Krylov); кавказский – *S. caucasica* Zinserl. (синонимы: *S. caucasidena* Kom.); четыре сорта: *S. aucuparia* L. ‘Крупноплодная’, *S. aucuparia* L. ‘Невежинская’, *S. aucuparia* L. var. *moravica* Zenderl., × *Crataegosorbus miczurinii* Pojark. ‘Гранатная’ (*Crataegus sanguinea* Pall. × *S. aucuparia*) и один естественный межродовой гибрид × *Sorbocotoneaster pozdnijkovii* Pojark. (*Cotoneaster melanocarpus* × *S. sibirica*). В результате многолетних наблюдений выявлена высокая устойчивость этих рябин к условиям Башкирского Предуралья [30].

Исследуемые образцы плодов указанных таксонов собирали в период полного созревания (1 и 2 декаде сентября) в 2018 году. Сушку плодов проводили до воздушно-сухого состояния при комнатной температуре, согласно инструкции по заготовке и сушке лекарственного растительного сырья. Высушенное сырье измельчали до размера частиц, проходящих сквозь сито с диаметром отверстий 1 мм, помещали в бумажные пакеты и хранили в соответствии с требованиями «в сухом, чистом, хорошо вентилируемом помещении»

[13]. Изучение химического состава плодов рябины обыкновенной проводили на кафедре фармакогнозии с курсом ботаники и основ фитотерапии Башкирского государственного медицинского университета. Определение влажности сырья осуществляли по фармакопейной методике, в соответствии с требованиями ОФС.1.5.3.0007.15 [13]. В качестве объекта сравнения использовали рябину обыкновенную (*Sorbus aucuparia* L.) как фармакопейный вид.

Качественное обнаружение аскорбиновой кислоты проводили в водном извлечении методом тонкослойной хроматографии («*Silufol UV-254*»), в системе «этилацетат – уксусная кислота (80 : 20)», хроматографирование вели около 20 мин, хроматограмму высушивали и детектирование осуществляли в УФ-свете до и после обработки 0.04% водным раствором 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия [31]. Количественное определение аскорбиновой кислоты проводили титриметрическим методом [13], основанным на способности аскорбиновой кислоты восстанавливать 2,6-дихлорфенолиндофенолят натрия, который в щелочной среде имеет синюю окраску, в кислой – красную, а при восстановлении – обесцвечивается. Титрование проводили в кислой среде до розового окрашивания.

Качественное обнаружение органических кислот проводили в водном извлечении методом тонкослойной хроматографии на пластинках («*Sorbfil ПТСХ-II-A-УФ*»). Наилучшее разделение наблюдали в системе «этилацетат – кислота уксусная – кислота муравьиная – вода» (100 : 11 : 11 : 25). В качестве проявителя использовали спиртовой раствор бромкрезолового зеленого 0.2%. В качестве стандартных образцов применяли 0.2% водные растворы щавелевой, винной, аскорбиновой, лимонной и яблочной кислот. Количественное определение суммы органических кислот в сырье рябины обыкновенной проводили методом акалиметрического титрования в присутствии индикаторов 1% спиртового раствора фенолфталеина, 0.1% раствора метиленового синего и титровали раствором натра едкого (0.1 моль/л) до появления лилово-красной окраски [13].

Для обнаружения дубильных веществ были проведены качественные реакции с 10% водным извлечением из плодов рябины обыкновенной при добавлении 1% раствора желатина и для установления группы дубильных веществ реакцию с раствором железозаммониевых квасцов [31]. Для количественного определения дубильных веществ использовали титриметрический метод окислительно-восстановительного титрования [13]. Титрование проводили раствором калия перманганата в присутствии индикатора индиго-5-сульфоукислоты до золотисто-желтого окрашивания.

Для обнаружения флавоноидов были проведены качественные реакции со спиртовым извлечением из плодов рябин: при добавлении 3–4 мл 2% спиртового раствора алюминия хлорида, проба Синода, реакция с раствором аммиака. Хроматографическое исследование флавоноидов проводили в этилацетатной фракции плодов рябин методом тонкослойной хроматографии на пластинках «*Sorbfil ПТСХ-II-A-УФ*», при этом хорошее разделение наблюдалось в системах «*n*-бутанол – уксусная кислота – вода (4 : 1 : 5)» и «этилацетат – уксусная кислота – вода (5 : 1 : 1)». Детектирование зон флавоноидов проводили как по собственной флюоресценции веществ в УФ-свете, так и с помощью проявителей: 5% спиртовой раствор алюминия хлорида, пары аммиака. Для сравнения использовали достоверные образцы свидетелей флавоноидов [31]. Количественное определение флавоноидов проводилось методом дифференциальной спектрофотометрии с добавлением комплексообразующей добавки алюминия хлорида (III), что дает возможность отделить данную группу от сопутствующих веществ и подбором оптимальных условий для проведения методики [16].

Статистическую обработку данных осуществляли в соответствии с требованиями Государственной фармакопеи Российской Федерации с использованием критерия Стьюдента, вычислением доверительного интервала и определения средней арифметической ошибки [13].

### **Результаты и обсуждение**

С помощью качественных реакций в водных растворах исследуемых образцов рябин были обнаружены дубильные вещества, которые при взаимодействии с раствором желатина образовывали осадок, растворяющийся в избытке желатина, а при взаимодействии с раствором железозаммониевых квасцов давали черно-зеленое окрашивание, переходящее в черное, что указывало на присутствие дубильных веществ конденсированной природы. При обнаружении флавоноидов использовали спиртовые растворы, полученные из плодов рябин, при этом при добавлении 3–4 мл 2% спиртового раствора алюминия хлорида, наблюдали образование желто-зеленого окрашивания, характерного для флавонов и флавонолов; при добавлении 5–7

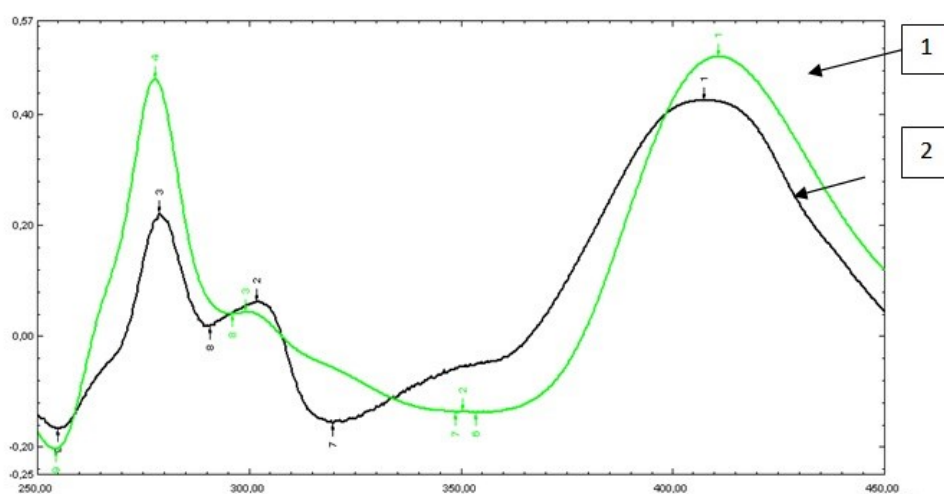
капель концентрированной кислоты хлористоводородной и 10–15 мг металлического цинка, с последующим нагреванием наблюдали образование розовой окраски, что свидетельствовало о присутствии флавонов и флавонолов; при добавлении 3–4 мл раствора аммиака наблюдали образование сине-фиолетового окрашивания, характерного для антоцианов.

Хроматографический анализ позволяет провести разделение смеси веществ на отдельные компоненты и по значениям  $R_f$ , окраске пятен, совпадении их с веществами-свидетелями судить об их присутствии в смеси. Качественное обнаружение аскорбиновой кислоты проводили методом тонкослойной хроматографии. При хроматографировании водного извлечения и после обработки хроматограммы хромогенным реактивом удалось обнаружить зону адсорбции в виде белого пятна на розовом фоне со значением  $R_f \sim 0.89$ , что соответствовало зоне аскорбиновой кислоты. Качественное обнаружение органических кислот проводили также в водном извлечении методом тонкослойной хроматографии. После обработки хроматограмм проявляющим реактивом появлялись желтые пятна на синем фоне, что свидетельствовало о присутствии органических кислот. Было выявлено 5 зон адсорбции, 4 из которых совпадали с веществами-свидетелями:  $R_f \sim 0.36$  (винная кислота),  $R_f \sim 0.39$  (лимонная кислота),  $R_f \sim 0.62$  (аскорбиновая кислота) и  $R_f \sim 0.80$  (яблочная кислота). Для хроматографического исследования флавоноидов готовили спиртовые извлечения из исследуемых образцов плодов рябин. Хроматографирование вели в тонком слое сорбента. Зоны адсорбции соединений данной группы в видимом свете имели бледно-желтую окраску, в УФ-свете обладали собственной флуоресценцией – от желтой, желто-зеленой до коричневой, свидетелями флавоноидов: рутин ( $R_f \sim 0.41$ ), гиперозида ( $R_f \sim 0.62$ ), изокверцитрина ( $R_f \sim 0.64$ ), кверцетина ( $R_f \sim 0.96$ ).

Для подтверждения присутствия флавоноидов и установления оптимальной длины волны, при которой наблюдаются максимумы поглощения, проводили спектральные исследования. Были изучены спектральные характеристики спиртовых извлечений плодов рябин в сравнении с веществами-свидетелями флавоноидов и добавлением комплексообразующей добавки – спиртового раствора алюминия хлорида (III), с которым флавоноиды образуют комплекс, устойчивый в кислой среде и наблюдается bathochromный сдвиг полос спектра по отношению к исходным флавоноидам. В результате исследования было установлено, что спектр поглощения спиртовых извлечений из плодов рябин с добавлением алюминия хлорида находился в области 408–410 нм и имел более близкий максимум поглощения к спектру рутина, поэтому данный флавоноид был выбран в качестве доминирующего в сумме, на который в дальнейшем вели пересчет (рис.).

Результаты количественного определения основных групп биологически активных веществ в исследуемых образцах плодов рябин приведены в таблице 1.

При количественном определении аскорбиновой кислоты (табл. 1) было установлено, что наибольшее ее содержание отмечалось в плодах *S. var. moravica* (0.456%) и *Sorbus sibirica* (0.447%). Наименьшие показатели у *Sorbus caucasica* (0.152%). Показатели аскорбиновой кислоты у *Sorbocotoneaster pozdnikovii*, *Sorbus aucuparia* 'Крупноплодная', *Crataegosorbus miczurinii* 'Гранатная' и *Sorbus aucuparia* занимают промежуточные значения (0.312–0.381%).



УФ-спектр спиртового извлечения из плодов рябины (1) и стандартного раствора рутина (2) с добавлением комплексообразующей добавки  $\text{AlCl}_3$  ( $\lambda_{\text{max}} = 408 \pm 2 \text{ нм}$ )

Таблица 1. Количественные показатели биохимического состава плодов исследуемых таксонов рябин

№	Исследуемый образец	Содержание			
		аскорбиновой кислоты, %	органических кислот, %	дубильных веществ, %	флавоноидов, %
1	× <i>Crataegosorbus</i> 'Гранатная'	0.348±0.012	5.22±0.21	1.25±0.06	0.56±0.02
2	× <i>Sorbocotoneaster pozdnijkovii</i>	0.381±0.016	5.61±0.21	<b>3.28±0.11</b>	<b>1.24±0.06</b>
3	<b><i>S. aucuparia</i> var. <i>moravica</i></b>	<b>0.456±0.014</b>	<b>8.48±0.36</b>	2.19±0.07	0.78±0.03
4	<i>Sorbus</i> 'Крупноплодная'	0.363±0.012	5.33±0.22	2.02±0.06	0.73±0.03
5	<i>Sorbus</i> 'Невежинская'	0.264±0.009	3.45±0.12	<b>2.84±0.08</b>	<b>1.16±0.05</b>
6	<i>Sorbus aucuparia</i>	0.312±0.008	4.52±0.18	2.29±0.06	0.86±0.04
7	<i>Sorbus caucasica</i>	0.152±0.006	2.56±0.07	1.49±0.04	0.65±0.02
8	<i>Sorbus frutescens</i>	0.282±0.011	4.04±0.12	1.11±0.04	0.49±0.01
9	<i>Sorbus scopulina</i>	0.291±0.010	4.46±0.12	2.46±0.05	1.04±0.04
10	<b><i>Sorbus sibirica</i></b>	<b>0.447±0.013</b>	<b>7.27±0.15</b>	2.37±0.08	0.97±0.04

Жирным шрифтом выделены максимальные значения.

Количественное определение органических кислот показало (табл. 1), что более высоким содержанием данной группы веществ отличались плоды *S. aucuparia* var. *Moravica* (8.48%) и *Sorbus sibirica* (7.27%), а наименьше их содержание отмечалось в *Sorbus caucasica* (2.56%).

По содержанию дубильных веществ лидирующие позиции занимают образцы плодов рябин: × *Sorbocotoneaster pozdnijkovii* (3.28%) и *Sorbus* 'Невежинская' (2.84%). При этом плоды × *Sorbocotoneaster pozdnijkovii* в 1.1–2.9 раза содержат больше дубильных веществ по сравнению с другими таксонами. Наименьшие показатели наблюдаются у *Sorbus frutescens* (1.11%) (табл. 1).

Результаты количественного определения флавоноидов методом дифференциальной спектрофотометрии с подбором оптимальных условий проведения показали, что более высоким содержанием суммы флавоноидов в пересчете на рутин отличаются × *Sorbocotoneaster pozdnijkovii* (1.24%) и *Sorbus* 'Невежинская' (1.16%). Плоды × *Sorbocotoneaster pozdnijkovii* в 1.1–2.5 раза содержат больше флавоноидов по сравнению с другими объектами изучения. Более низкие показатели содержания флавоноидов отмечаются у *Sorbus frutescens* (0.49%) (табл. 1).

Анализ различий в биохимическом составе плодов исследуемых образцов плодов рябин в сравнении с фармакопейным видом *Sorbus aucuparia* L. представлены в таблице 2.

Из данных таблицы 2 следует, что биохимический состав плодов изученных таксонов рябины имеет широкий диапазон варьирования в таксономическом ряду, что свидетельствует об их весьма выразительных генотипических различиях.

Так, содержание аскорбиновой кислоты варьировало от 0.152–0.456%; органических кислот – 2.56–8.48%; дубильных веществ – 1.11–3.28%; флавоноидов – 0.49–1.24%. На основании полученных данных выявлены таксоны с максимальным и минимальным содержанием в плодах действующих веществ разной химической природы. По данным литературных источников, химический состав плодов рябин зависит не только от биологических особенностей сорта или вида, но и от климатических условий в конкретный год исследований [32].

Таблица 2. Относительные различия в биохимическом составе плодов исследуемых сортов и *Sorbus aucuparia* (фармакопейного вида)

№	Исследуемый образец	Содержание			
		аскорбиновой кислоты, %	органических кислот, %	дубильных веществ, %	флавоноидов, %
1	× <i>Crataegosorbus</i> 'Гранатная'	11.54	25.55	-45.41	-34.88
2	× <i>Sorbocotoneaster pozdnijkovii</i>	22.11	24.11	<b>43.23</b>	<b>44.19</b>
3	<i>S. aucuparia</i> var. <i>moravica</i>	<b>46.15</b>	<b>87.61</b>	-4.37	-9.30
4	<i>Sorbus</i> 'Крупноплодная'	16.35	17.9	-11.79	-15.12
5	<i>Sorbus</i> 'Невежинская'	-15.38	-23.67	<b>24.02</b>	<b>34.88</b>
6	<i>Sorbus caucasica</i>	-51.28	43.36	-34.93	-24.42
7	<i>Sorbus frutescens</i>	-9.61	-10.62	-51.53	-43.02
8	<i>Sorbus scopulina</i>	-6.73	–	7.42	20.93
9	<b><i>Sorbus sibirica</i></b>	<b>43.27</b>	<b>60.84</b>	–	12.79

Жирным шрифтом выделены максимальные значения.

Таким образом, по содержанию в плодах аскорбиновой кислоты × *Sorbocotoneaster pozdnykovii* и *Sorbus sibirica* превосходили природную форму (*Sorbus aucuparia*) на 11.54 и 43.27%; органических кислот – на 24.11 и 60.84%; дубильных веществ – на 3.49 и 43.23%; флавоноидов – на 44.19 и 12.79% соответственно. Можно предположить, что уникальные климатические условия Якутской области, где произрастает × *Sorbocotoneaster pozdnykovii* (*Cotoneaster melanocarpus* × *S. sibirica*), и на Северо-Востоке Европейской части и Сибири, откуда родом *Sorbus sibirica* создаются благоприятные условия для накопления в плодах большого количества биологически активных веществ.

В плодах сортов × *Crataegosorbus* 'Гранатная', *S. aucuparia* var. *moravica* и *Sorbus* 'Крупноплодная' содержание аскорбиновой кислоты было на 11.54–46.15%, органических кислот – на 17.9–87.61% выше, чем в *Sorbus aucuparia*. Сырье *Sorbus* 'Невежинская' и *Sorbus scopulina* превосходило контрольный образец по содержанию дубильных веществ на 24.02 и 7.42% и флавоноидов на 34.88 и 20.93% соответственно. В остальных образцах содержание изучаемых групп веществ было ниже на 4.37–51.53%.

Таким образом, наиболее перспективными для практического использования по показателям содержания аскорбиновой и органических кислот, дубильных веществ и флавоноидов среди изученных рябин являются × *Sorbocotoneaster pozdnykovii* и *Sorbus sibirica*, которые можно рекомендовать в качестве источников ценных биологически активных веществ при производстве натуральных продуктов питания и пищевых добавок.

### Список литературы

- Xu M.-M., Yu X.-D., Zheng Y.-Q., Zhang T., Xia X.-H., Fu Q.-D., Zhang C.-H. Study on Nutritive Substances and Medicinal Components of *Sorbus pohuashanensis* // *Forest Research*. 2020. Vol. 33(2). Pp. 154–160. DOI: 10.13275/j.cnki.lykxyj.
- Matseychik I.V., Martynova E.G., Korpacheva S.M., Shteer A.I., Lomovskiy I.O. Encapsulation of powdered rowanberries (*sorbus aucuparia*) with plant polysaccharides // *Food Processing: Techniques and Technology*. 2020. Vol. 50(1). Pp. 52–60. DOI: 10.21603/2074-9414-2020-1-52-60.
- Писарев Д.И., Новиков О.О., Сорокопудов В.Н., Халикова М.А., Жилиякова Е.Т., Огнева О.В. Химическое изучение биологически активных полифенолов некоторых сортов рябины обыкновенной *Sorbus aucuparia* L. // *Научные ведомости. Серия: Медицина. Фармация*. 2010. №22 (93). Вып. 12/2. С. 123–128.
- Мустафаева Л.А. Содержание катехинов в плодах некоторых дикорастущих плодово-ягодных растений, произрастающих в Азербайджане // *Химия растительного сырья*. 2013. №4. С. 187–193. DOI: 10.14258/jcrpm.1303187.
- Меженский В.Н., Меженская Л.А. Интродукция и селекция нетрадиционных плодовых культур понтийского региона на юго-востоке Украины и их перспективы для органического садоводства // *Селекция и семеноводство*. 2013. С. 178–185.
- Колесников С.А. Биохимический состав вегетативных органов рябины (*Sorbus* L.) в Средней полосе России // *Научные ведомости*. 2012. №21 (140). Вып. 21/1. С. 29–33.
- Рупасова Ж.А., Гаранович И.М., Шпитальная Т.В. Генотипические особенности биохимического состава плодов рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) при интродукции в Беларусь // *Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию ВИЛАР*. М., 2016. С. 296–300.
- Исайкина Н.В., Калинин Г.И., Разина Т.Г., Зуева Е.П., Рыбалкина О.Ю., Ульрих А.В., Фёдорова Е.П., Шилова А.Б. Плоды рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) как источник средства для повышения эффективности химиотерапии опухолей // *Химия растительного сырья*. 2017. №3. С. 165–173. DOI: 10.14258/jcrpm.2017041839.
- Ренгартен Г.А., Сорокопудов В.Н. Интродукция и селекция *Sorbus* (Rosaceae) в качестве пищевого растения в странах мира // *Экосистемы*. 2019. С. 89–96.
- Phipps J.B., Robertson K., Smith P.G., Rohrer J.R. A checklist of the subfamily *Maloideae* (Rosaceae) // *Canad. J. Bot.* 1990. Vol. 68. Pp. 2209–2269.
- Коновалов И.Н. Деревья и кустарники СССР. М.; Л., 1954. Т. 3. 841 с.
- Абдуллина Р.Г. Рябины в (*Sorbus* L.) в Башкирском Предуралье // *Естественные науки*. 2009. №4. С. 37–43.
- Государственная фармакопея Российской Федерации XIV изд. М., 2018. URL: <http://www.femb.ru/femb/pharmasorena.php>.
- Bozhuyuk M.R., Ercisli S., Ayed R.B., Jurikova T., Fidan H., Ilhan G., Ozkan G., Sagbas H.I. Compositional diversity in fruits of rowanberry (*Sorbus aucuparia* L.) genotypes originating from seeds // *Genetika*. 2020. Vol. 52(1). Pp. 55–65. DOI: 10.2298/GENSR2001055B.
- Mrkonjić Z.O., Nadpal J.D., Beara I.N., Sabo V.S.A., Četojević-Simin D.D., Mimica-Dukić N.M., Lesjak M.M. Phenolic profiling and bioactivities of fresh fruits and jam of *Sorbus* species // *Journal of the Serbian Chemical Society*. 2017. Vol. 82(6). Pp. 651–664. DOI: 10.2298/JSC170202049M.

16. Пупыкина К.А. Исследования по разработке и стандартизации лекарственных растительных средств для профилактики и комплексного лечения заболеваний органов пищеварения: автореф. дисс. ... д. фарм. н. М., 2008. 50 с.
17. Асбаганов С.В. Биологические основы интродукции рябины (*Sorbus* L.) в Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2014. 17 с.
18. Кольцова М.А., Кожевников В.И. Рябины на Ставрополье. Ставрополь, 1997. 119 с.
19. Абдуллина Р.Г., Рязанова Н.А. Методика оценки декоративности видов и сортов рода *Sorbus* L. // Известия Самарского НЦ РАН. 2015. Т. 17. №4. С. 236–239.
20. Wolf J., Göttingerová M., Kaplan J., Kiss T., Venuta R., Nečas T. Determination of the pomological and nutritional properties of selected plum cultivars and minor fruit species // Horticultural Science. 2020. Vol. 47(4). Pp. 181–193. DOI: 10.17221/18/2020-HORTSCI.
21. Гостищев А.И., Дейнека В.И., Анисимович И.П., Третьяков М.Ю., Мясникова П.А., Дейнека Л.А., Сорокопудов В.Н. Каротиноиды, хлорогеновые кислоты и другие природные соединения плодов рябины // Научные ведомости БелГУ. Сер. Естественные науки. 2010. №3 (74). Вып. 10. С. 83–92.
22. Злобин А.А., Мартинсон Е.А., Литвинцев С.Г., Овечкина И.А., Дурнев Е.А., Оводова Р.Г. Пектиновые полисахариды рябины обыкновенной *Sorbus aucuparia* L. // Химия растительного сырья. 2011. №1. С. 39–44.
23. Галимова Г.Д., Латыпова Г.М., Пупыкина К.А., Сагадеева Л.Ю. Изучение состава органических кислот рябины обыкновенной флоры Башкортостана // Традиционная медицина. 2011. №5(28). С. 177–180.
24. Фоменко С.Е., Кушнерова Н.Ф., Спрыгин В.Г., Другова Е.С., Момот Т.В. Химический состав и биологическое действие экстракта из плодов рябины // Химия растительного сырья. 2015. №2. С. 161–168. DOI: 10.14258/jcrpm.201502571.
25. Исайкина Н.В., Коломиец Н.Э., Абрамец Н.Ю., Бондарчук Р.А. Исследования фенольных соединений экстрактов плодов рябины обыкновенной // Химия растительного сырья. 2017. №3. С. 131–139. DOI: 10.14258/jcrpm.2017031777.
26. Куркин В.А. Фармакогнозия: учебник для студентов фармацевт. вузов. Самара, 2007. 1239 с.
27. Муравьева Д.А., Самылина И.А., Яковлев Г.П. Фармакогнозия: учебник. М., 2007. 656 с.
28. Абдуллина Р.Г., Вафин Р.В., Гуськова Н.С., Баширова Р.М., Путенихин В.П. Содержание каротиноидов в плодах некоторых видов и сортов рябин // Вестник Воронежского ГУ. 2010. №2. С. 40–42.
29. Абдуллина Р.Г., Пупыкина К.А., Денисова С.Г., Шигапов З.Х. Содержание каротиноидов в плодах некоторых представителей рода *Sorbus* L. при интродукции // Химия растительного сырья. 2020. №1. С. 229–236. DOI: 10.14258/jcrpm.2020015543.
30. Абдуллина Р.Г. Сезонный ритм развития рябин (*Sorbus* L.) в Южно-Уральском ботаническом саду-институте г. Уфы за период 2005–2017 гг. // Известия Уфимского научного центра РАН. 2018. №2. С. 44–48.
31. Гринкевич Н.И., Сафронович Л.Н. Химический анализ лекарственных растений. М., 1983. 176 с.
32. Поплавская Т.К. Селекция и внедрение новых сортов рябины в садоводство России. Пермь, 2006. 152 с.

Поступила в редакцию 2 апреля 2020 г.

После переработки 19 февраля 2021 г.

Принята к публикации 4 марта 2021 г.

**Для цитирования:** Абдуллина 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. С. 235–243. DOI: 10.14258/jcrpm.2021037601.

*Abdullina R.G.<sup>1\*</sup>, Pupykina K.A.<sup>2</sup>, Denisova S.G.<sup>1</sup>, Pupykina V.V.<sup>2</sup>* BIOCHEMICAL COMPOSITION OF FRUITS OF SOME REPRESENTATIVES OF THE GENUS *SORBUS* L. IN COLLECTION OF THE SOUTH-URAL BOTANICAL GARDEN

<sup>1</sup> South-Ural Botanical Garden-Institute – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, ul. Mendeleeva, 195, Build. 3, Ufa, 450080 (Russia), e-mail: rimmaabdullina@yandex.ru

<sup>2</sup> Bashkir State Medical University, ul. Lenina, 3, Ufa, 450080 (Russia)

Mountain ash (*Sorbus aucuparia* L.) is a valuable medicinal and food plant that is widely used in practical medicine and in amateur horticulture.

The purpose of this study was to determine the content of ascorbic acid, organic acids, tanning substances and flavonoids in the fruits of some representatives of the *Sorbus* genus of the collection of the South-Ural Botanical Garden-Institute and to identify the most promising taxa. For analysis, fruits were collected in the full ripening phase and dried to air-dry state. Phytochemical studies were carried out according to conventional methods. The object of comparison was the official pharmacopoeia species – *Sorbus aucuparia*.

Analysis of the obtained data found that the fruits × *Sorbocotoneaster pozdnijkovii* and *Sorbus sibirica* outperformed the natural form (*Sorbus aucuparia*) in terms of ascorbic acid content by 11.54 and 43.27%; Organic acids by 24.11 and 60.84%; Tanning substances by 3.49 and 43.23%; Flavonoids by 44.19 and 12.79%, respectively. The obtained results allow to recommend these taxa as promising sources of raw materials for production of biologically active substances in production of natural food products and food additives.

*Keywords:* mountain ash, *Sorbus*, fruits, ascorbic acid, flavonoids, organic acids, tanning substances, chemical composition.

## References

- Xu M.-M., Yu X.-D., Zheng Y.-Q., Zhang T., Xia X.-H., Fu Q.-D., Zhang C.-H. *Forest Research*, 2020, vol. 33(2), pp. 154–160. DOI: 10.13275/j.cnki.lykxyj.
- Matseychik I.V., Martynova E.G., Korpacheva S.M., Shteer A.I., Lomovskiy I.O. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2020, vol. 50(1), pp. 52–60. DOI: 10.21603/2074-9414-2020-1-52-60.
- Pisarev D.I., Novikov O.O., Sorokopudov V.N., Khalikova M.A., Zhilyakova Ye.T., Ogneva O.V. *Nauchnyye vedomosti. Seriya: Meditsina. Farmatsiya*, 2010, vol. 22 (93), no. 12/2, pp. 123–128. (in Russ.).
- Mustafayeva L.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2013, no. 4, pp. 187–193. DOI: 10.14258/jcprm.1303187. (in Russ.).
- Mezhenskiy V.N., Mezhsenskaya L.A. *Selektsiya i semenovodstvo*, 2013, pp. 178–185. (in Russ.).
- Kolesnikov S.A. *Nauchnyye vedomosti*, 2012, vol. 21 (140), no. 21/1, pp. 29–33. (in Russ.).
- Rupasova Zh.A., Garanovich I.M., Shpital'naya T.V. *Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 85-letiyu VILAR*. [Collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 85th anniversary of VILAR]. Moscow, 2016, pp. 296–300. (in Russ.).
- Isaykina N.V., Kalinkina G.I., Razina T.G., Zuyeva Ye.P., Rybalkina O.Yu., Ul'rikh A.V., Fodorova Ye.P., Shilova A.B. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2017, no. 3, pp. 165–173. DOI: 10.14258/jcprm.2017041839. (in Russ.).
- Rengarten G.A., Sorokopudov V.N. *Ekosistemy*, 2019, pp. 89–96. (in Russ.).
- Phipps J.B., Robertson K., Smith P.G., Rohrer J.R. *Canad. J. Bor.*, 1990, vol. 68, pp. 2209–2269.
- Konovalov I.N. *Derev'ya i kustarniki SSSR*. [Trees and shrubs of the USSR]. Moscow; Leningrad, 1954, vol. 3, 841 p. (in Russ.).
- Abdullina R.G. *Yestestvennyye nauki*, 2009, no. 4, pp. 37–43. (in Russ.).
- Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii XIV izd.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation XIV ed.]. Moscow, 2018. URL: <http://www.femb.ru/femb/pharmacopea.php>. (in Russ.).
- Bozhuyuk M.R., Ercisli S., Ayed R.B., Jurikova T., Fidan H., Ilhan G., Ozkan G., Sagbas H.I. *Genetika*, 2020, vol. 52(1), pp. 55–65. DOI: 10.2298/GENSR2001055B.
- Mrkonjić Z.O., Nadpal J.D., Beara I.N., Sabo V.S.A., Četojević-Simin D.D., Mimica-Dukić N.M., Lesjak M.M. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 2017, vol. 82(6), pp. 651–664. DOI: 10.2298/JSC170202049M.
- Pupykina K.A. *Issledovaniya po razrabotke i standartizatsii lekarstvennykh rastitel'nykh sredstv dlya profilaktiki i kompleksnogo lecheniya zabolivaniy organov pishchevareniya: avtoref. diss. ... d. farm. n.* [Research on the development and standardization of herbal medicines for the prevention and complex treatment of diseases of the digestive system: author. diss. ... doctor farm. sciences]. Moscow, 2008, 50 p. (in Russ.).
- Asbaganov S.V. *Biologicheskiye osnovy introduktsii ryabiny (Sorbus L.) v Zapadnoy Sibiri: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk.* [Biological bases of the introduction of mountain ash (*Sorbus* L.) in Western Siberia: author. dis. ... cand. biol. sciences]. Novosibirsk, 2014, 17 p. (in Russ.).
- Kol'tsova M.A., Kozhevnikov V.I. *Ryabiny na Stavropol'ye*. [Rowans in the Stavropol Territory]. Stavropol', 1997, 119 p. (in Russ.).
- Abdullina R.G., Ryazanova N.A. *Izvestiya Samarskogo NTS RAN*, 2015, vol. 17, no. 4, pp. 236–239. (in Russ.).
- Wolf J., Göttingerová M., Kaplan J., Kiss T., Venuta R., Nečas T. *Horticultural Science*, 2020, vol. 47(4), pp. 181–193. DOI: 10.17221/18/2020-HORTSCI.
- Gostishchev A.I., Deyneka V.I., Anisimovich I.P., Tret'yakov M.Yu., Myasnikova P.A., Deyneka L.A., Sorokopudov V.N. *Nauchnyye vedomosti BelGU. Ser. Yestestvennyye nauki*, 2010, vol. 3 (74), no. 10, pp. 83–92. (in Russ.).

\* Corresponding author.



22. Zlobin A.A., Martinson Ye.A., Litvinets S.G., Ovechkina I.A., Durnev Ye.A., Ovodova R.G. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2011, no. 1, pp. 39–44. (in Russ.).
23. Galimova G.D., Latypova G.M., Pupykina K.A., Sagadeyeva L.Yu. *Traditsionnaya meditsina*, 2011, no. 5(28), pp. 177–180. (in Russ.).
24. Fomenko S.Ye., Kushnerova N.F., Sprygin V.G., Drugova Ye.S., Momot T.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2015, no. 2, pp. 161–168. DOI: 10.14258/jcprm.201502571. (in Russ.).
25. Isaykina N.V., Kolomiyets N.E., Abramets N.Yu., Bondarchuk R.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2017, no. 3, pp. 131–139. DOI: 10.14258/jcprm.2017031777. (in Russ.).
26. Kurkin V.A. *Farmakognoziya: uchebnik dlya studentov farmats. vuzov*. [Pharmacognosy: a textbook for pharmacy students. universities]. Samara, 2007, 1239 p. (in Russ.).
27. Murav'yeva D.A., Samylina I.A., Yakovlev G.P. *Farmakognoziya: uchebnik*. [Pharmacognosy: textbook]. Moscow, 2007, 656 p. (in Russ.).
28. Abdullina R.G., Vafin R.V., Gus'kova N.S., Bashirova R.M., Putenikhin V.P. *Vestnik VGU*, 2010, no. 2, pp. 40–42. (in Russ.).
29. Abdullina R.G., Pupykina K.A., Denisova S.G., Shigapov Z.Kh. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2020, no. 1, pp. 229–236. DOI: 10.14258/jcprm.2020015543. (in Russ.).
30. Abdullina R.G. *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2018, no. 2, pp. 44–48. (in Russ.).
31. Grinkevich N.I., Safronovich L.N. *Khimicheskiy analiz lekarstvennykh rasteniy*. [Chemical analysis of medicinal plants]. Moscow, 1983, 176 p. (in Russ.).
32. Poplavskaya T.K. *Selektsiya i vnedreniye novykh sortov ryabiny v sadovodstvo Rossii*. [Selection and introduction of new varieties of mountain ash in Russian gardening]. Perm', 2006, 152 p. (in Russ.).

*Received April 2, 2020*

*Revised February 19, 2021*

*Accepted March 4, 2021*

**For citing:** Abdullina R.G., Pupykina K.A., Denisova S.G., Pupykina V.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2021, no. 3, pp. 235–243. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2021037601.

