

УДК 543.9:634.2

ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛОДОВ *PRUNUS ARMENIACA* (ROSACEAE) ПО СОДЕРЖАНИЮ КАРОТИНОИДОВ, ФЕНОЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ И УГЛЕВОДОВ

© Т.В. Воронкова, А.Г. Куклина, М.В. Семенова*, Л.С. Олехнович, В.В. Кондратьева

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, ул. Ботаническая, 4,
Москва, 127276, Россия, sem_ma@mail.ru

Проведено изучение полезных и биологически активных веществ, содержащихся в плодах *Prunus armeniaca* L. (Rosaceae). Растительный материал, относящийся к 5 сортам – Лель, Царский, Водолей, Зачатьевский и Гвиани московской селекции, собирали в стадии технической спелости в июле 2023 г. в Москве. Цель данной работы – исследовать содержание каротиноидов, суммы флавоноидов, фенолкарбоновых кислот (хлорогеновая, феруловая, кофейная) и углеводов (моно-, полисахариды, пектиновые вещества) в свежих и высушенных плодах абрикоса. Сравнительный анализ основных биохимических показателей свежих плодов абрикоса в пересчете на сухую массу и высушенных при 40 °C выявил тенденции изменений химического состава, питательной ценности, а также сортовую специфику изученных образцов. Отмечено, что в процессе сушки в плодах происходит снижение суммы каротиноидов на 10–60%; увеличение доли моносахаров от 30 до 200% и пектиновых веществ от 3 до 65% в зависимости от сорта. Общая сумма флавоноидов и сахаров сохранялась на уровне 97–99% в высушенных плодах большинства сортов. Органолептические показатели высушенных плодов выше у сортов Царский, Лель и Гвиани. Впервые определены фенолкарбоновые кислоты в плодах абрикоса московской селекции, отмечена максимальная доля этих веществ у сорта Водолей. Полученные результаты могут быть использованы в селекции сортов абрикоса и для подбора рекомендаций по пищевому употреблению плодов.

Ключевые слова: *Prunus armeniaca*, плоды, углеводы, каротиноиды, флавоноиды, фенолкарбоновые кислоты, пектиновые вещества.

Для цитирования: Воронкова Т.В., Куклина А.Г., Семенова М.В., Олехнович Л.С., Кондратьева В.В. Характеристика плодов *Prunus armeniaca* (Rosaceae) по содержанию каротиноидов, фенольных компонентов и углеводов // Химия растительного сырья. 2025. №2. С. 407–417. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250214438>.

Введение

В потребительском рационе используются плоды разнообразных растений. Среди них важное место занимает абрикос (*Prunus armeniaca* L., Rosaceae). Абрикос относится к теплолюбивой культуре. Родоначальники сортов *P. armeniaca* появились в Китае, Иране, Средней Азии и Закавказье. Первое место в мире по производству его плодов занимает Турция, где выращивают более 20% этой продукции [1]. В России *P. armeniaca* культивируют в промышленных масштабах, в основном южнее 50°с.ш., в Ростовской области, Краснодарском, Ставропольском краях и др. [2, 3].

Плоды абрикоса насыщены жизненно важными природными соединениями, обогащены витаминами (C, E, PP, провитамин A) и комплексом минеральных солей. Сахара в плодах представлены глюкозой, фруктозой, мальтозой, раффинозой, сахарозой, пектиновыми веществами [4–8]. Сумма сахаров в плодах абрикоса различается по регионам выращивания: в Оренбурге – 2–27% [5], в Молдавии [9] – 7.2–19.9%, в Самаре [10] – 7.4–9.1%. Помимо глюкозы, фруктозы и сахарозы в плодах абрикоса также содержатся пектиновые вещества, которые современная наука рассматривает как сложный полисахаридный комплекс, обладающий многоплановой биологической активностью. Пектиновые вещества, находящиеся в пищевых волокнах, необходимы для профилактики сахарного диабета и заболеваний сердечно-сосудистой системы [11]. Они участвуют в выведении токсинов и солей тяжелых металлов, обладают выраженной противовирусной, противоопухолевой и антиязвенной активностью [12]. Сумма пектиновых веществ в

* Автор, с которым следует вести переписку.

плодах абрикоса в Краснодарском крае достигает 0.4–0.78% [3], в Оренбурге [5] – 0.1–3.5%, в Молдавии [9] – 0.4–1%, из Самары [10] – 0.1–1.2%. У абрикоса сорта Салах в Кабардино-Балкарии содержится 0.71% пектина в сыром веществе [13].

Плоды абрикоса содержат органические кислоты – яблочная, лимонная, винная, щавелевая, янтарная, малениновая; аминокислоты: валин, метионин, триптофан, а также каротиноиды. Количество каротиноидов варьирует в зависимости от условий выращивания и переработки. В Оренбурге в плодах абрикоса фиксируют 0.1–24 мг/100 г каротина [5]. В Молдавии плоды местных сортов абрикоса имеют 1.6–3.8 мг% каротиноидов [9]. У испанских сортов, значительно отличающихся по окраске плодов, сумма каротиноидов варьирует от 1512 до 16500 мкг на 100 г свежих плодов, причем преобладает β -каротин, меньше β -криптоксантина и γ -каротина [14]. Сорта, выращенные в Краснодарском крае [3], накапливают 0.16–3.42 мг/100 г каротина. Сорта, культивируемые в Самаре, содержат 1.04–3.12 мг% каротиноидов [10]. При изучении плодов *P. armeniaca* московской селекции урожая 2022 г., высушенных при температуре 60 °С до воздушно-сухой массы, экстракцией этанолом при 20 °С выделено 8–18 мг% каротиноидов [15].

Плоды абрикоса содержат фенольные соединения, обладающие антиоксидантным действием – флавоноиды. Это биологически активные полифенолы, блокирующие свободные радикалы. Эти соединения обладают противовоспалительными и противоопухолевыми свойствами и способствуют профилактике сердечных заболеваний [16–19]. Фенольные соединения, включая флавоноиды, обеспечивают плодовым культурам вкус и окраску [20].

Фитохимический анализ, проведенный чешскими биохимиками, показал, что плоды *P. armeniaca* содержат такие биофлавоноиды, как рутин, кверцетин, изокверцитин, кверцитрин, катехин, эпикатехин, ресвератрол, фторидзин, флеретин и др., часто образующие комплексные соединения с моносахарами [7]. Исследователи из Китая отметили снижение содержания флавоноидов в свежих плодах по мере их созревания [21], например, у сорта Kuijin с 0.28 до 0.12 мг/г, а у сорта Katy уменьшение более выражено: с 0.23 до 0.05 мг/г.

К биологически активным фенольным соединениям в составе плодов абрикоса относятся фенолкарбоновые кислоты, отличающиеся широким спектром воздействия на организм человека [22]. По данным чешских исследователей [7], в плодах абрикоса идентифицировано 14 фенольных компонентов, среди которых доминирует хлорогеновая кислота (0.69–21.94 мг/100 г свежих плодов). В Пакистане [17] в сухих плодах абрикоса определено содержание феруловой 13.9 мг/кг и кофейной кислоты 6.70 мг/кг.

По литературным данным, концентрация фенолкарбоновых кислот зависит от сорта, условий выращивания деревьев и степени зрелости плодов. В незрелых плодах абрикоса хлорогеновой кислоты больше (18.87 мг/кг), чем в полу зрелых и спелых (16.05 и 14.69 мг/кг, соответственно) [23]. Показано, что на засушливых почвах Турции [24] в плодах абрикоса почти вдвое больше хлорогеновой кислоты – 2634.5–15251.5 мкг/100 г сухих плодов, чем на почвах с орошением: 585.0–7542.8 мкг/100 г сухих плодов. В такой же зависимости изменяется кофейная кислота – в засушливых условиях ее больше 173.9–845.2 мкг/100 г, чем при орошении 62.8–359.3 мкг/100 г; а также и феруловая кислота – в засушливых: 1044.0–2440.7 мкг/100 г и на орошаемых участках: 372.7–1136.9 мкг/100 г сухих плодов.

Вопросы селекции и разведения зимостойких плодовых сортов являются актуальной и приоритетной задачей для российских регионов с суровыми зимами.

Изучением природных популяций и возможностью селекции абрикоса в Московском регионе с 1950-х годов в ГБС РАН создавался генофонд *P. armeniaca* на основе сеянцев из косточек сортов, привезенных из различных южных регионов России и других стран, где эта культура выращивается в промышленных масштабах. Большая часть этих сеянцев вымерзала зимой или их плоды были низкого качества. В результате научной работы с отобранным материалом выяснилось, что плоды удовлетворительного качества получаются при использовании прививки южных сортов на подвой из отобранных сеянцев. Сорта, вошедшие в Госреестр селекционных достижений Российской Федерации, получены на основе отбора сеянцев, полученных из косточек этих привитых растений абрикоса [25–29]. Эти сорта пользуются популярностью среди садоводов, однако в зоне рискованного земледелия, к которой относится средняя полоса России, культивировать абрикосы в промышленных масштабах пока не представляется возможным.

В средней полосе России испытания и селекция абрикоса ведется в Самарской, Тамбовской, Орловской, Курской, Воронежской, Белгородской и Московской областях [8, 10, 30–32]. Сведения о наличии

биологически активных метаболитов у плодовых растений, устойчивых в регионах России с суровыми зимами, важны для оценки сортов и проведения селекционных испытаний.

Цель исследования – выявить специфику сортов *P. armeniaca* московской селекции посредством изучения содержания ряда основных биохимических показателей: углеводов (моно-, полисахариды, пектиновые вещества), каротиноидов, флавоноидов, фенолкарбоновых кислот (хлорогеновая, феруловая, кофейная) в свежих и высушенных плодах *P. armeniaca*.

Экспериментальная часть

Растительное сырье. Объектом исследования служили плоды *P. armeniaca*, относящиеся к сортам, включенным в Госреестр РФ: Лель (2004), Царский (2004), Водолей (2004), Гвиани (2019), а также отборный сортообразец Зачатьевский. Деревья в возрасте 25 лет произрастают в Москве, на территории Зачатьевского монастыря ($55^{\circ}44'24''$ с.ш. $37^{\circ}36'00''$ в.д.). Заготовку плодов осуществляли в июле-августе 2022 и 2023 гг. в стадии технической спелости, по достижении максимальных размеров и окрашивании мякоти в оранжевый и желтый цвет. Для биохимического анализа с деревьев отбирали 25 плодов каждого сорта. Измеряли длину и диаметр плодов (мм). Массу (г) свежесобранных плодов *P. armeniaca* определяли на весах CAS PW-3 (South Korea). После удаления косточек образцы всех сортов разделили на две части. Часть плодов исследовали в свежем виде, и результаты рассчитали на воздушно-сухое вещество с учетом влажности плодов, определенной в процессе сушки. Вторую часть плодов помещали в лабораторный сушильный шкаф ИШ-40 (Россия) с принудительной конвекцией при температуре 40°C и высушивали в течение 3 суток до воздушно-сухого состояния (~20% влажности). Такая температура сушки соответствует стандарту ГФ РФ и позволяет максимально сохранить биологически активные вещества. Сухие плоды размалывали с помощью лабораторной ножевой мельницы.

Общие экспериментальные условия. Биохимические исследования свежих и высушенных плодов *P. armeniaca* проводили в лаборатории физиологии и иммунитета растений ГБС РАН. Все образцы брали в 3-кратной аналитической повторности. Для свежих плодов определяли влажность/сухое вещество. Для высушенных образцов исследовали долю (%) растворимых и нерастворимых сухих веществ. Расчет биохимических показателей содержания веществ в свежих и сухих плодах выполнен на единицу воздушно-сухой массы, поскольку при таком подходе удобнее проводить сравнительный анализ.

Для изучения каротиноидов применяли UV-спектрофотометрический метод [15, 33, 34]. Плоды высушивали при температуре 40°C . В качестве экстрагента использовали 96% этанол. Навеску свежего (или высушенного) измельченного растительного материала массой 0.3 г растирали в фарфоровой ступке с 3 мл 96% этанола. Полученную смесь переносили в пробирку объемом 25 мл, добавляя к остатку в ступке новую порцию экстрагента (2–3 мл), затем доводили до объема 20 мл 96% этанолом. Далее экстракты фильтровали в мерные колбы объемом 25 мл через стеклянный фильтр ПОР 16 (Universal, Венгрия), доводя конечный объем экстракта до метки. Измерения проводили на спектрофотометре Spekol 1300 (Analytic Jena AG, Germany) при длине волны 450 нм в кювете с длиной оптического пути 10 мм. В качестве раствора сравнения использовали этанол 96%. Содержание каротиноидов в мг% вычисляли по следующей формуле:

$$X = \frac{D \cdot V \cdot 100 \cdot 10}{m \cdot E_{1\text{cm}}^{1\%}},$$

где X – мг% в пересчете на β -каротин; D – оптическая плотность при соответствующей длине волны нм; V – объем экстракта, мл; 100 – коэффициент пересчета в мг%, 10 – содержание β -каротина в 1 мл; m – масса навески, г; $E_{1\text{cm}}^{1\%}$ – удельный показатель поглощения β -каротина при длине волны 450 нм. Для этанола $E_{1\text{cm}}^{1\%} = 2500$. Результаты приведены в пересчете на β -каротин.

Сумму флавоноидов определяли на спектрофотометре Spekol 1300 с использованием реактива Фолина-Чокальтеу [35]. Навеску из средней пробы свежей мякоти плодов массой 2 г или высушенной массой 0.3 г гомогенизировали с помощью пестика и фарфоровой ступки, заливали 70% этанолом, выдерживали в течение 1 ч для экстрагирования флавоноидов, центрифугировали при 2000 г, надосадочную жидкость отделяли декантацией и доводили до объема 25 мл. Из полученного раствора отбирали аликовты для определения фенольных соединений. В колбе на 25 мл смешивали исследуемый раствор, 0.3 мл реактива, 3 мл 20%

Na₂CO₃ и доводили объем до метки дистиллиированной водой. Для приготовления раствора сравнения в колбе на 25 мл смешивали 0.3 мл реактива Фолина-Чокальтеу и 3 мл 20% Na₂CO₃, объем доводили до метки дистиллиированной водой. Светопоглощение растворов измеряли через 20 мин при длине волны 720 нм. В качестве вещества сравнения использовали кверцетин (Sigma, USA).

Анализ фенолкарбоновых кислот (хлорогеновая, феруловая, кофейная) проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Навеску из средней пробы мякоти свежих плодов массой 0.3 г заливали 80% этанолом и помещали на магнитную мешалку на 1 ч, экстракт отделяли декантацией и помещали в холодильник (при температуре 3–5 °C). Процедуру экстракции ФКК повторяли трижды. Объединенный экстракт фильтровали и упаривали досуха на роторном испарителе при температуре 40 °C. Сухой остаток растворяли в 1 мл 96% этанола. Экстракт очищали методом TCX на силикагелевых пластинках марки «Силуфол UV 254» в восходящем токе растворителей: бутанол, уксусная кислота, вода, в соотношении 6 : 1 : 2. В качестве внешнего стандарта использованы синтетические аналоги данных кислот (Serva, Germany). Пятно с фенолкарбоновыми кислотами R_f 0.8–0.9 счищали с пластинок, помещали в бюкс с притертой крышкой, заливали 2 мл 96% этанола и элюировали при температуре +5 °C, элюат сливали и упаривали досуха. Разделение фенолкарбоновых кислот проводили при помощи изократической системы «Стайсер» (Аквилон, Россия) на колонке с обращенной фазой LiChrosorb RP-C18 5 μ m, 150 × 4.6 mm (Supelco, USA) при длине волны 254 нм, скорость протока – 1 мл/мин. Жидкой фазой служила смесь ацетонитрила, воды и уксусной кислоты (в соотношении 50 : 50 : 1). Идентификацию и количественное определение проводили с использованием программ «МультиХром версия 2.4 для Аквилона» и Microsoft Excel.

Содержание и состав растворимых углеводов (моно-, полисахариды и пектиновые вещества) определены в водной вытяжке плодов колориметрическим методом с пикриновой кислотой в модификации Соловьева [36]. Навеску из средней пробы свежей мякоти плодов массой 2 г или высушеннной массой 0.3 г гомогенизировали, заливали дистиллиированной водой, выдерживали течение 1 ч при 50 °C для экстрагирования растворимых сахаров, затем центрифугировали при 2000 g, надосадочную жидкость сливали и доводили водой до объема 25 мл, отбирали аликовты в трех повторностях для определения моносахаридов. Для определения растворимых полисахаридов и пектиновых веществ использовали кислотный гидролиз аликовт надосадочной жидкости и осадка после центрифугирования соответственно. Далее в пробирке смешивали аликовту исследуемого раствора с 3 мл насыщенного раствора пикриновой кислоты и 3 мл 20% раствора Na₂CO₃, помещали в кипящую водяную баню на 30 мин, затем переносили в колбу на 50 мл и доводили до метки дистиллиированной водой. Моно-, полисахариды и пектиновые вещества количественно определяли по градуировочному графику, построенному ранее, на спектрофотометре Spekol 1300. Для приготовления раствора сравнения в колбе на 50 мл смешивали 3 мл насыщенного раствора пикриновой кислоты, 3 мл 20% раствора Na₂CO₃ и доводили до метки дистиллиированной водой. Результаты приведены в пересчете на глюкозу.

Статистический анализ. Данные, приведенные в таблицах и рисунках, обработаны в программах Microsoft Excel и PAST 3.1. Погрешность измерений – P≤0.05. По исследуемым параметрам в программе PAST проведен многомерный статистический анализ с пространственной визуализацией методом главных компонент, выявлены достоверные различия сортов по морфологическим и биохимическим показателям.

Обсуждение результатов

Изученные сорта абрикоса (рис. 1) различались по характеристикам и срокам созревания плодов в Москве. Ранесозревающие сорта – Царский, Лель (в III декаде июля); средние по срокам созревания Водолей, Зачатьевский (с начала до середины августа); позднесозревающий – Гвиани (в конце августа) (табл. 1). По массе плодов все сорта относятся к группе средних (20–35 г), за исключением сорта Зачатьевский, плоды которого более мелкие (массой менее 16 г).

Согласно нашим исследованиям (табл. 2), плоды *P. armeniaca*, культивируемого в Москве, содержали 8.9–15.5% сухого вещества. Они более сочные, по сравнению с плодами из Краснодарского края, имевших 12.7–18% сухого вещества [3]. В плодах московских сортов на долю растворимого сухого вещества приходится 6.6–12.2%, содержание нерастворимых веществ колебалось в пределах от 1.93 (Царский) до 5.04 % (Зачатьевский).

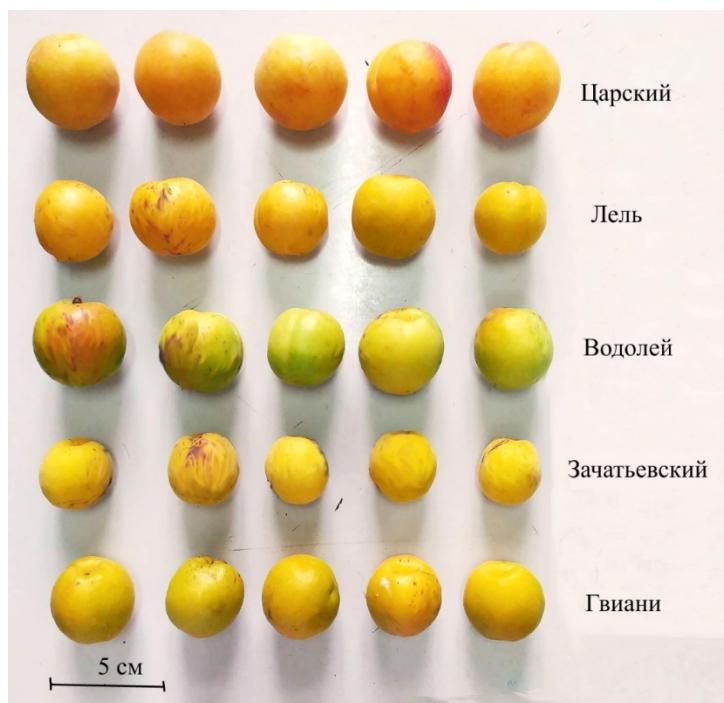


Рис. 1. Плоды *Prunus armeniaca* в стадии технической зрелости, Москва

Таблица 1. Характеристика плодов *Prunus armeniaca*, собранных в сезон 2022–2023 гг.

Сорт, форма	Средние размеры плода, мм		Средняя масса, г	Вкус
	Высота	Диаметр		
Царский	36–39	29–34	19.5–33.6	Сладко-освежающий
Лель	31–34	30–33	19.7–24.1	Кисло-сладкий
Водолей	36–41	31–39	25.4–28.4	Кисло-сладкий
Зачатьевский	27–29	30–32	13.8–15.9	Кисловато-терпкий
Гвиани	34–36	32–35	18.5–26.7	Кисло-сладкий

Таблица 2. Содержание сухого вещества в плодах *Prunus armeniaca*, культивируемых в Москве (%)*

Сорт	Суммарное содержание	Нерастворимые вещества	Растворимые вещества
Царский	11.20	1.93	9.26
Лель	15.56	4.59	10.97
Водолей	8.91	2.29	6.62
Зачатьевский	17.27	5.04	12.23
Гвиани	13.32	3.36	9.96

*P<0.05.

Каротиноиды – природные пигменты, синтезируемые растениями, являются важным пищевым компонентом, который требуется для нормализации метаболических процессов. Каротиноиды уменьшают риск появления многих хронических заболеваний, действуют как клеточные антиоксиданты, важны для снижения канцерогенеза [1]. Их содержание зависит от сорта растения, региона культивирования, способа извлечения [15]. Как следует из таблицы 3, свежие плоды абрикоса содержали больше каротиноидов, чем плоды в высушенном виде. Наиболее обогащены этим пигментом плоды сортов Водолей, Царский и Гвиани. В процессе высыпивания часть каротиноидов разрушилась, при этом выявились сортовые отличия. Лидерами по сохранившемуся после сушки содержанию каротиноидов в сухих плодах от исходной массы являются сорта Лель (более 80%) и Гвиани (78%). У сортов Царский и Зачатьевский сохранилось меньше каротиноидов – около 60%, у сорта Водолей – менее 40%.

Флавоноиды – биологически активные полифенолы. В нашем исследовании (табл. 4) по флавоноидам выявлены следующие сортовые отличия: более всего флавоноидов отмечено в плодах сорта Водолей, как в свежих, так и в сухих, в процессе сушки их количество снизилось на ~30%. Плоды остальных сортов изначально содержали в два раза меньше, однако после сушки сумма флавоноидов почти не изменилась. Таким образом, можно сделать вывод, что флавоноиды плодов абрикоса сортов московской селекции в основном представлены термостабильными формами.

Фенолкарбоновые кислоты. В нашем исследовании обнаружено, что в свежих плодах плодах *P. armeniaca* (табл. 5) содержится от 3.4 до 17 мг/100 г хлорогеновой кислоты, что согласуется с данными других исследователей [7]. Отмечены наибольшие показатели хлорогеновой кислоты в плодах сорта Водолей, что соответствует тенденции количественного содержания флавоноидов. Кофейная кислота в плодах изученных сортов московской селекции не идентифицирована. Феруловая кислота отмечена не у всех сортов и в незначительном количестве (0.08–0.1 мг/100 г).

Углеводы. По результатам нашего исследования (рис. 2) сумма сахаров в свежих плодах сортов московской селекции составила 31.7–54.1% (в пересчете на воздушно-сухую массу), в высушенных – 20–41%. Отмечено, что свежие плоды более насыщены полисахаридами, особенно сорт Царский (47.4%) и меньше – моносахаридами (тот же сорт – 6.9%).

В процессе высушивания плодов происходит увеличение доли моносахаридов, по-видимому, за счет гидролиза полисахаридов. Как видно в таблице 6, у сорта Лель содержание моносахаридов возросло более чем в 3 раза, у сортов Гвиани и Царский – в 2 раза. Также возрастало содержание растворимых пектиновых веществ, особенно у сортов Гвиани и Лель.

Как видно на диаграмме (рис. 2), у всех сортов доля пектиновых веществ составила 3.9–6.6 г/100 г в свежих плодах (в пересчете на воздушно-сухую массу); 4.7–7.8 г/100 г в высушенных плодах, т.е. в после сушки возросла в плодах всех сортов. Общая сумма сахаров в процессе сушки также выявила сортовую специфику: этот показатель практически не менялся в плодах сортов Зачатьевский и Гвиани; снижался за счет распада полисахаридов у сортов Водолей и Царский. У сорта Лель общая сумма сахаров увеличивалась, также, по-видимому, за счет повышенной кислотности плодов (табл. 4, 6).

По результатам многомерного статистического анализа морфологических (масса плода) и биохимических признаков (содержание сухого вещества, каротиноидов, хлорогеновой кислоты, флавоноидов) методом главных компонент проведена пространственная визуализация, показывающая достоверные различия изученных сортов (рис. 3).

Анализ содержания моно-, полисахаридов и пектиновых веществ методом главных компонент показал достоверные различия свежих и высушенных плодов (рис. 4).

Таблица 3. Содержание каротиноидов в плодах *Prunus armeniaca* в Москве

Сорт	Свежие плоды		Высушенные плоды	
	мг%	мг%*	мг%	Сохранность после сушки, %
Царский	1.72±0.25	15.7±1.0	9.3±0.9	59.2
Лель	1.70±0.23	11.0±0.9	9.6±0.8	87.3
Водолей	1.89±0.31	20.7±1.2	8.2±0.9	39.6
Зачатьевский	2.18±0.18	12.6±1.2	8.1±0.7	64.3
Гвиани	1.99±0.21	14.5±1.4	11.4±1.1	78.7

* в пересчете на воздушно-сухую массу.

Таблица 4. Сумма флавоноидов (мг/г) в плодах *Prunus armeniaca* в Москве

Сорт	Свежие плоды		Высушенные плоды	
	мг/г	мг/г	мг/г	Сохранность после сушки, %
Царский	0.70±0.09	6.39±0.23	6.28±0.29	98.3
Лель	0.76±0.11	5.60±0.22	5.36±0.21	95.7
Водолей	1.32±0.12	13.86±0.70	9.93±0.54	71.7
Зачатьевский	0.97±0.11	5.72±0.23	5.67±0.54	99.1
Гвиани	0.59±0.08	5.38±0.25	5.24±0.43	97.4

* в пересчете на воздушно-сухую массу.

Таблица 5. Содержание фенолкарбоновых кислот в свежих плодах *Prunus armeniaca* московской селекции (мг/100 г воздушно-сухой массы)

Сорт	Хлорогеновая кислота	Кофейная кислота	Феруловая кислота
Царский	7.02±0.32	–*	–
Лель	5.72±0.10	–	0.079±0.012
Водолей	17.04±0.32	–	0.128±0.008
Зачатьевский	3.40±0.36	–	0.106±0.048
Гвиани	5.77±0.38	–	–

* – не идентифицирована.

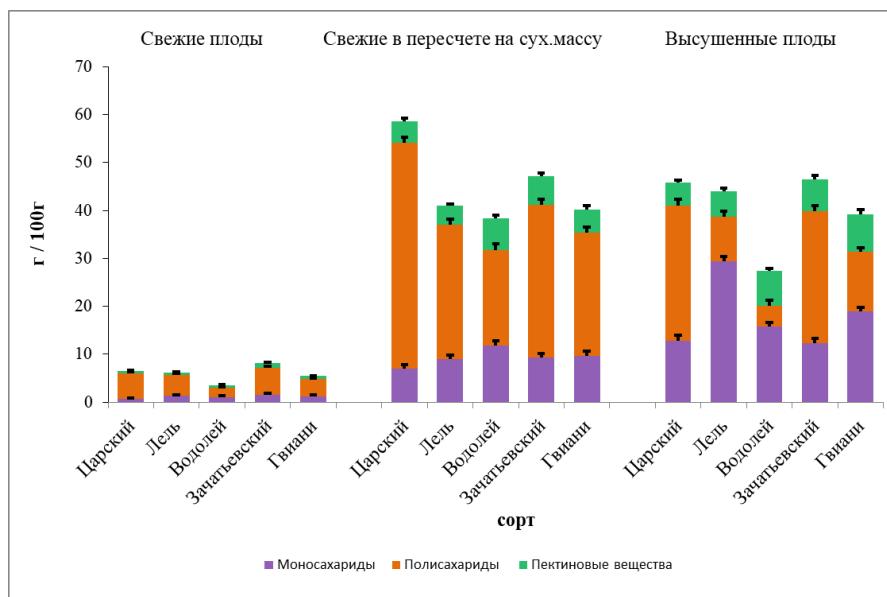


Рис. 2. Содержание углеводов в свежих и высушанных плодах абрикоса московской селекции, г/100 г

Таблица 6. Изменения состава углеводов в высушанных по сравнению со свежими (в пересчете на сухую массу) плодах абрикоса (%)

Сорт	Моносахариды	Пектиновые вещества	Полисахариды	Общая сумма
Царский	185.9*	103.5	59.7	78.0
Лель	318.5	137.4	33.2	98.4
Водолей	132.7	110.6	21.8	71.3
Зачатьевский	132.7	113.9	86.2	98.8
Гвиани	195.5	165.6	48.0	97.5

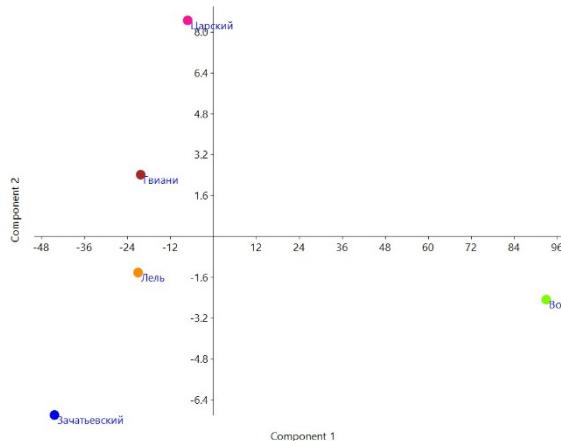
* $P \leq 0.05$.

Рис. 3. Распределение сортов по комплексу признаков с использованием метода главных компонент

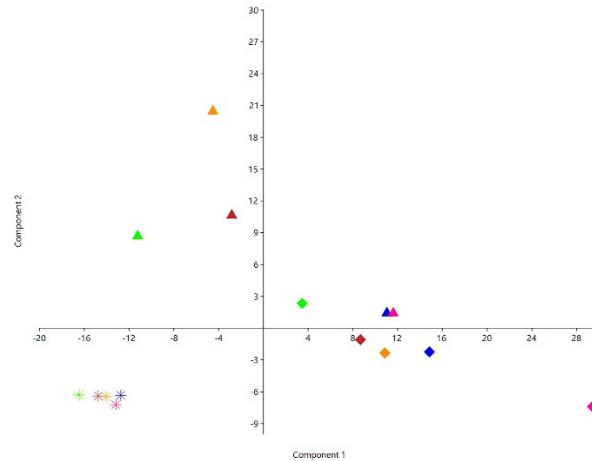


Рис. 4. Визуализация результатов статистического анализа содержания углеводов для разных сортов абрикоса использованием метода главных компонент. Обозначения: звездочка – свежие плоды; ромб – свежие плоды, содержание в пересчете на воздушно сухую массу; треугольник – высушенные. Цвет обозначений сортов соответствует рисунку 3

Выходы

Сравнительный анализ основных биохимических показателей свежих и высушенных плодов выявил тенденции изменений химического состава, питательной ценности, а также сортовую специфику абрикоса московской селекции. В свежем виде плоды сорта Царский выделяются по размеру, сочности, вкусовым качествам и содержанию сахаров.

Выявлено, что в процессе сушки при 40 °С происходит снижение суммы каротиноидов на 10–60% в зависимости от сорта. По этому показателю выделяются сорта Лель и Гвиани, в плодах которых сохранность каротиноидов составила 87 и 78% соответственно.

Флавоноиды плодов абрикоса изученных сортов представлены термостабильными формами, так как сохраняются более чем на 95%, кроме сорта Водолей.

Общая сумма сахаров в плодах абрикоса после высушивания снизилась только у сортов Водолей и Царский – на 30 и 20% соответственно, у остальных сортов сохранилась на уровне 97–98%. У сортов Лель и Гвиани отмечено увеличение доли моносахаридов от 32 до 218% и пектиновых веществ – от 3 до 65%.

Впервые определены фенолкарбоновые кислоты в плодах абрикоса московской селекции, отмечена максимальная доля этих веществ у сорта Водолей.

Все изученные сорта по сумме признаков достоверно различаются между собой. По итогам исследования биохимических показателей лучшими оказались плоды сортов Царский, Лель и Гвиани.

Таким образом, по вкусовым качествам, а также по содержанию каротиноидов, фенольных компонентов и углеводов плоды абрикоса сортов селекции Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН сравнимы со среднеплодными сортами южных регионов России, как в свежем, так и в высушеннем состоянии. Полученные результаты могут быть использованы в селекции сортов абрикоса и для подбора рекомендаций по пищевому употреблению плодов.

Финансирование

Работа выполнена в рамках Госзадания ГБС РАН «Биологическое разнообразие природной и культурной флоры: фундаментальные и прикладные вопросы изучения и сохранения», проект № 122042700002-6.

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник, предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Akcicek E., Otles S., Esiyok D. Cancer and its Prevention by Some Horticultural and Field Crops in Turkey // Asian Pacific J. Cancer Prev. 2005. Vol. 5. Pp. 224–230.
2. Чалая Л.Д. Биохимическая и технологическая оценка плодов новых перспективных сортов абрикоса Краснодарского края: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Краснодар, 2001. 24 с.
3. Дрофичева Н.В. Особенности химического состава и технологические свойства плодов косточковых культур Краснодарского края // Научные труды СКФНЦ СВВ. 2020. Т. 29. С. 33–39. <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2020-29-33-39>.
4. Ali S., Masud T., Abbasi K.S., Mahmood T., Hussai A. Apricot: nutritional potentials and health benefits – a review // Annals Food Science and Technology. 2015. Vol. 16, no. 1. Pp. 175–189.
5. Авдеев В.И. Абрикосы Евразии: эволюция, генофонд, интродукция, селекция. Оренбург, 2012. 408 с.
6. Akin E.B., Karabulut I., Topcu A. Some compositional properties of main Malatya apricot (*Prunus armeniaca* L.) varieties // Food Chem. 2008. Vol. 107. Pp. 939–948. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.052>.
7. Göttingerová M., Kumšta M., Rampáčková E., Kiss T., Nečas T. Analysis of phenolic compounds and some important analytical properties in selected apricot genotypes // Hort. Science. 2021. Vol. 56, no. 11. Pp. 1446–1452. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI16139-21>.
8. Куклина А.Г., Сорокопудов В.Н., Гаврющенко Е.В. Интродукционное испытание абрикоса в средней полосе России // Вестник КрасГАУ. 2019. №9 (150). С. 46–52. <https://doi.org/10.7868/S2587667819060190>.
9. Беспечальная В.В., Вердеревская Т.Д., Епифанов Б.Д. Культура абрикоса в неорошаемых условиях Молдавии. Кишинев, 1974. Ч. 1. 199 с.
10. Молчанов В.А. Абрикосы Самары. Самара, 1992. 80 с.

11. Оводов Ю.С. Биогликаны и природные гликозиды как перспективные объекты биоорганической химии // *Acta Naturae*. 2010. Т. 2, №2 (5). С. 29–37.
12. Lattimer J.M., Haub M.D. Effects of dietary fiber and its components on metabolic health // *Nutrients*. 2010. Vol. 2, no. 12. Pp. 1266–1289. <https://doi.org/10.3390/nu2121266>.
13. Созаева Д.Р., Джабова А.С., Шаова Л.Г., Цагоева О.К. Содержание пектинов в различных видах плодовых культур и их физико-химические свойства // Вестник ВГУИТ. 2016. №2. С. 170–174. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-2-170-174>.
14. Ruiz D., Egea J., Tomás-Barberán F.A., Gil M.I. Carotenoids from new apricot (*Prunus armeniaca* L.) varieties and their relationship with flesh and skin color // *Journal of agricultural and food chemistry*. 2005. Vol. 53, no. 16. Pp. 6368–6374. <https://doi.org/10.1021/jf0480703>.
15. Семенова М.В., Куклина А.Г., Кондратьева В.В., Олехнович Л.С., Воронкова Т.В. Содержание каротиноидов в плодах абрикоса *Prunus armeniaca* L. в зависимости от способа извлечения // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2023. Т. 13, №3. С. 402–408. <https://doi.org/10.21285/2227-29500-2023-13-3-402-408>.
16. Saura-Calixto F. Dietary fiber as a carrier of dietary antioxidants: an essential physiological function // *Journal Agric. Food Chem*. 2011. Vol. 59. Pp. 43–49. <https://doi.org/10.1021/jf1036596>.
17. Sultana B., Anwar F., Ashraf M., Saari N. Effect of drying techniques on the total phenolic contents and antioxidant activity of selected fruits // *J. Med. Plant. Res.* 2012. Vol. 6. Pp. 161–167. <https://doi.org/10.5897/JMPR11.916>.
18. Kumar S., Pandey A.K. Chemistry and Biological Activities of Flavonoids: An Overview // *The Scientific World Journal*. 2013. Article 162750. <https://doi.org/10.1155/2013/162750>.
19. Panche A., Diwan A., Chandra S. Flavonoids: An overview // *Journal of Nutritional Science*. 2016. Vol. 5. Article E47. <https://doi.org/10.1017/jns.2016.41>.
20. Cheynier V. Phenolic compounds: from plants to food // *Phytochemistry reviews*. 2012. Vol. 11. Pp. 153–177. <https://doi.org/10.1007/s11101-012-9242-8>.
21. Han X., Wang J., Wang G., Dong F., Nie P., Xue X. Transcriptome and metabolome analysis of flavonol synthesis in apricot fruits // *Frontiers in Plant Science*. 2023. Vol. 14. 1187551. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1187551>.
22. Николаева И.Г., Николаева Г.Г., Туртуева Т.А., Разуваева Я.Г., Раднаева Л.Д. Определение фенокарбоновых кислот в сборе «Панкреофит» // Вестник Бурятского государственного университета. 2014. №12. С. 133–135.
23. Dragovic-Uzelac V., Levaj B., Mrkic V., Bursac D., Boras M. The content of polyphenols and carotenoids in three apricot cultivars depending on stage of maturity and geographical region // *Food Chem*. 2007. Vol. 102. Pp. 966–975. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.04.001>
24. Kan T., Gundogdu M., Ercisli S., Muradoglu F., Celik F., Gecer M.K., Kodad O., Zia-Ul-Haq M. Phenolic compounds and vitamins in wild and cultivated apricot (*Prunus armeniaca* L.) fruits grown in irrigated and dry farming conditions // *Biological Research*. 2014. Vol. 47(1). Article 46. <https://doi.org/10.1186/0717-6287-47-46>.
25. Скворцов А.К., Виноградова Ю.К., Куклина А.Г., Крамаренко Л.А., Костина М.В. Формирование устойчивых интродукционных популяций: абрикос, черешня, черемуха, жимолость, смородина, арония. М., 2005. 87 с.
26. Скворцов А.К., Крамаренко Л.А. Абрикос в Москве и Подмосковье. М., 2007. 188 с.
27. Kramarenko L. Apricot breeding in Moscow // *Acta Horticultae*. 2006. Vol. 701, no. 1. Pp. 219–221. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.701.32>.
28. Kramarenko L. Formation of the apricot's cultigenous range // *Skvortsovia*. 2017. Vol. 3, no. 2. Pp. 72–75.
29. Куклина А.Г., Цыбулько Н.С., Воронкова Т.В., Крамаренко Л.А. Биохимический состав плодов у сортов *Prunus armeniaca* (Rosaceae) московской селекции // Вестник КрасГАУ. 2023. №7. С. 184–190. https://doi.org/10.36718/1819-4036_2023_7_184-190.
30. Кружков А.В. Биологические особенности и хозяйственная ценность сортов абрикоса и алычи в условиях средней полосы России: автореф. дис. ... канд. сельхоз. наук. Мичуринск, 2006. 24 с.
31. Ноздрачёва Р.Г. Основы ведения промышленной культуры абрикоса в Воронежской области: учебное пособие. Воронеж, 2010. 13 с.
32. Макаркина М.А., Джигадло Е.Н., Павел А.Р., Соколова С.Е., Попкова А.А. Оценка сортов абрикоса по химическому составу плодов, выращенных в условиях средней полосы России // Селекция, генетика и сортовая агротехника плодовых культур. Орел, 2013. С. 73–78.
33. Курегян А.Г. Спектрофотометрия в анализе каротиноидов // Фундаментальные исследования. 2015. Т. 2, №23. С. 5166–5172.
34. Куркин В.А., Шарова О.В., Афанасьева П.В. Совершенствование методики количественного определения суммы каротиноидов в сырье «Шиповника плоды» // Химия растительного сырья. 2020. №3. С. 131–138. <https://doi.org/10.14258/jcprtm.2020036093>.
35. Денисенко Т.А., Вишнин 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. <https://doi.org/10.15826/analitika.2015.19.4.012>.
36. Определение растворимых углеводов фотометрически с пикриновой кислотой (модификация Соловьева) // Практикум по агрохимии. 2-е. изд. / под ред. В.Г. Минеева. М., 2001. С. 419–422.

Поступила в редакцию 19 декабря 2023 г.

После переработки 9 февраля 2024 г.

Принята к публикации 2 февраля 2025 г.

Voronkova T.V., Kuklina A.G., Semenova M.V., Olekhnovich L.S., Kondrat'yeva V.V.* CHARACTERISTICS OF *PRUNUS ARMENIACA* (ROSACEAE) FRUITS BY THE CONTENT OF CAROTENOIDS, PHENOLIC COMPONENTS AND CARBOHYDRATES

*Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin RAS, Botanicheskaya st., 4, Moscow, 127276, Russia,
sem_ma@mail.ru*

The present study is necessary for a deeper study of the beneficial and biologically active substances contained in the fruits of *Prunus armeniaca* L. (Rosaceae). Plant material belonging to 5 varieties – Lel, Tsarsky, Vodolej, Zachatievsky and Guiani of Moscow selection, was collected at the stage of technical ripeness in Moscow in July-August 2022–2023. The purpose of this work is to investigate varietal specifics by studying the content of carotenoids, the amount of flavonoids, phenolic carboxylic acids (chlorogenic, ferulic, coffee) and carbohydrates (mono-, polysaccharides, pectin substances) in fresh and dried apricot fruits of Moscow selection. A comparative analysis of the main biochemical parameters of fresh apricot fruits in terms of dry weight and dried at 40° C revealed trends in changes in chemical composition, nutritional value, as well as varietal specifics of the studied samples. It is noted that during the drying process, the amount of carotenoids in fruits decreases by 10–60%; the proportion of monosaccharides increased from 30 to 200% and pectin substances from 3 to 65%, depending on the variety. The total amount of flavonoids and sugars remained at the level of 97–99% in the dried fruits of most varieties.

According to organoleptic indicators, dried fruits are better in the Tsarsky, Lel and Guiani varieties. For the first time, phenol-carboxylic acids were determined in apricot fruits of the Moscow selection, the maximum proportion of these substances in the Aquarius variety was noted. The results obtained can be used in the selection of apricot varieties and for the selection of recommendations for the nutritional use of fruits.

Keywords: *Prunus armeniaca*, fruits, carotenoids, flavonoids, phenolic carboxylic acids, carbohydrates.

For citing: Voronkova T.V., Kuklina A.G., Semenova M.V., Olekhnovich L.S., Kondrat'yeva V.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2025, no. 2, pp. 407–417. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250214438>.

References

1. Akcicek E., Otles S., Esiyok D. *Asian Pacific J. Cancer Prev.*, 2005, vol. 5, pp. 224–230.
2. Chalaya L.D. *Biokhimicheskaya i tekhnologicheskaya otsenka plodov novykh perspektivnykh sortov abrikosa Krasnodarskogo kraya: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk.* [Biochemical and technological evaluation of fruits of new promising varieties of apricot of Krasnodar region: author's abstract. diss. ... candidate of technical sciences]. Krasnodar, 2001, 24 p. (in Russ.).
3. Droficheva N.V. *Nauchnyye trudy SKFNTs SVV*, 2020, vol. 29, pp. 33–39. <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2020-29-33-39>. (in Russ.).
4. Ali S., Masud T., Abbasi K.S., Mahmood T., Hussai A. *Annals Food Science and Technology*, 2015, vol. 16, no. 1, pp. 175–189.
5. Avdeyev V.I. *Abrikosy Yevrazii: evolyutsiya, genofond, introduktsiya, selektsiya*. [Apricots of Eurasia: evolution, gene pool, introduction, selection]. Orenburg, 2012, 408 p. (in Russ.).
6. Akin E.B., Karabulut I., Topcu A. *Food Chem.*, 2008, vol. 107, pp. 939–948. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.052>.
7. Göttingerová M., Kumšta M., Rampáčková E., Kiss T., Nečas T. *Hort. Science*, 2021, vol. 56, no. 11, pp. 1446–1452. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI16139-21>.
8. Kuklina A.G., Sorokopudov V.N., Gavryushenko Ye.V. *Vestnik KrasGAU*, 2019, no. 9 (150), pp. 46–52. <https://doi.org/10.7868/S2587667819060190>. (in Russ.).
9. Bespechal'naya V.V., Verderevskaya T.D., Yepifanov B.D. *Kul'tura abrikosa v neoroshayemykh usloviyakh Moldavii*. [Apricot culture in non-irrigated conditions of Moldova]. Kishinev, 1974, vol. 1, 199 p. (in Russ.).
10. Molchanov V.A. *Abrikosy Samary*. [Apricots of Samara]. Samara, 1992, 80 p. (in Russ.).
11. Ovodov Yu.S. *Acta Natura*, 2010, vol. 2, no. 2 (5), pp. 29–37. (in Russ.).
12. Lattimer J.M., Haub M.D. *Nutrients*, 2010, vol. 2, no. 12, pp. 1266–1289. <https://doi.org/10.3390/nu2121266>.
13. Sozayeva D.R., Dzhabova A.S., Shaova L.G., Tsagoyeva O.K. *Vestnik VGU*, 2016, no. 2, pp. 170–174. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-2-170-174>. (in Russ.).
14. Ruiz D., Egea J., Tomás-Barberán F.A., Gil M.I. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2005, vol. 53, no. 16, pp. 6368–6374. <https://doi.org/10.1021/jf0480703>.
15. Semenova M.V., Kuklina A.G., Kondrat'yeva V.V., Olekhnovich L.S., Voronkova T.V. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya*, 2023, vol. 13, no. 3, pp. 402–408. <https://doi.org/10.21285/2227-29500-2023-13-3-402-408>. (in Russ.).
16. Saura-Calixto F. *Journal Agric. Food Chem.*, 2011, vol. 59, pp. 43–49. <https://doi.org/10.1021/jf1036596>.
17. Sultana B., Anwar F., Ashraf M., Saari N. *J. Med. Plant. Res.*, 2012, vol. 6, pp. 161–167. <https://doi.org/10.5897/JMPR11.916>.
18. Kumar S., Pandey A.K. *The Scientific World Journal*, 2013, article 162750. <https://doi.org/10.1155/2013/162750>.
19. Panche A., Diwan A., Chandra S. *Journal of Nutritional Science*, 2016, vol. 5, article E47. <https://doi.org/10.1017/jns.2016.41>.
20. Cheynier V. *Phytochemistry reviews*, 2012, vol. 11, pp. 153–177. <https://doi.org/10.1007/s11101-012-9242-8>.

* Corresponding author.

21. Han X., Wang J., Wang G., Dong F., Nie P., Xue X. *Frontiers in Plant Science*, 2023, vol. 14, 1187551. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1187551>.
22. Nikolayeva I.G., Nikolayeva G.G., Turtuyeva T.A., Razuvayeva Ya.G., Radnayeva L.D. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2014, no. 12, pp. 133–135. (in Russ.).
23. Dragovic-Uzelac V., Levaj B., Mrkic V., Bursac D., Boras M. *Food Chem.*, 2007, vol. 102, pp. 966–975. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.04.001>
24. Kan T., Gundogdu M., Ercisli S., Muradoglu F., Celik F., Gecer M.K., Kodad O., Zia-Ul-Haq M. *Biological Research*, 2014, vol. 47(1), article 46. <https://doi.org/10.1186/0717-6287-47-46>.
25. Skvortsov A.K., Vinogradova Yu.K., Kuklina A.G., Kramarenko L.A., Kostina M.V. *Formirovaniye ustoychivykh introdukcionnykh populatsiy: abrikos, chereshnya, cheremukha, zhimolost', smorodina, aroniya*. [Formation of stable introduction populations: apricot, sweet cherry, bird cherry, honeysuckle, currant, chokeberry]. Moscow, 2005, 87 p. (in Russ.).
26. Skvortsov A.K., Kramarenko L.A. *Abrikos v Moskve i Podmoskov'ye*. [Apricot in Moscow and Moscow region]. Moscow, 2007, 188 p. (in Russ.).
27. Kramarenko L. *Acta Horticulturae*, 2006, vol. 701, no. 1, pp. 219–221. <https://doi.org/10.17660/Acta-Hortic.2006.701.32>.
28. Kramarenko L. *Skvortsovia*, 2017, vol. 3, no. 2, pp. 72–75.
29. Kuklina A.G., Tsybul'ko N.S., Voronkova T.V., Kramarenko L.A. *Vestnik KrasGAU*, 2023, no. 7, pp. 184–190. https://doi.org/10.36718/1819-4036_2023_7_184-190. (in Russ.).
30. Kruzhkov A.V. *Biologicheskiye osobennosti i khozyaystvennaya tsennost' sortov abrikosa i alychi v usloviyakh sredney polosy Rossii: avtoref. dis. ... kand. sel'khoz. nauk*. [Biological characteristics and economic value of apricot and cherry plum varieties in the conditions of central Russia: author's abstract. diss. ... candidate of agricultural sciences]. Michurinsk, 2006, 24 p. (in Russ.).
31. Nozdrachova R.G. *Osnovy vedeniya promyshlennoy kul'tury abrikosa v Voronezhskoy oblasti: uchebnoye posobiye*. [Fundamentals of industrial apricot cultivation in the Voronezh region. Study guide]. Voronezh, 2010, 13 p. (in Russ.).
32. Makarkina M.A., Dzhigadlo Ye.N., Pavel A.R., Sokolova S.Ye., Popkova A.A. *Selektsiya, genetika i sortovaya agrotehnika plodovykh kul'tur*. [Selection, genetics and varietal agricultural technology of fruit crops]. Orel, 2013, pp. 73–78. (in Russ.).
33. Kuregyan A.G. *Fundamental'nyye issledovaniya*, 2015, vol. 2, no. 23, pp. 5166–5172. (in Russ.).
34. Kurkin V.A., Sharova O.V., Afanas'yeva P.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2020, no. 3, pp. 131–138. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020036093>. (in Russ.).
35. Denisenko T.A., Vishnikin A.B., Tsyganok L.P. *Analitika i kontrol'*, 2015, vol. 19, no. 4, pp. 373–380. <https://doi.org/10.15826/analitika.2015.19.4.012>. (in Russ.).
36. *Praktikum po agrokhimii. 2-ye. izd.* [Practical training in agrochemistry. 2nd ed.], ed. V.G. Mineyev. Moscow, 2001, pp. 419–422. (in Russ.).

Received December 19, 2023

Revised February 9, 2024

Accepted February 2, 2025

Сведения об авторах

Воронкова Татьяна Владимировна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, winterness@yandex.ru

Куклина Алла Георгиевна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, alla_gbsad@mail.ru

Семенова Мария Владимировна – кандидат биологических наук, научный сотрудник, sem_ma@mail.ru

Олехнович Людмила Сергеевна – младший научный сотрудник, mila.oleh@mail.ru

Кондратьева Вера Валентиновна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, lab-physiol@mail.ru

Information about authors

Voronkova Tatyana Vladimirovna – candidate of biological sciences, senior researcher, winterness@yandex.ru

Kuklina Alla Georgievna – candidate of biological sciences, leading researcher, alla_gbsad@mail.ru

Semenova Maria Vladimirovna – candidate of biological sciences, researcher, sem_ma@mail.ru

Olekhnovich Lyudmila Sergeevna – junior researcher, mila.oleh@mail.ru

Kondratieva Vera Valentinovna – candidate of biological sciences, senior researcher, lab-physiol@mail.ru