

# ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

## PLANT PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY

DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-4-878

УДК 543.9:634.2



Научная статья

### ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РОСТА И СОЗРЕВАНИЯ ПЛОДОВ АБРИКОСА (PRUNUS ARMENIACEAE) СОРТОВ МОСКОВСКОЙ СЕЛЕКЦИИ В СРЕДНЕЙ ПОЛОСЕ РОССИИ

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

**Обоснование.** Абрикос одна из самых популярных плодовых культур в мире. Средняя полоса России относится к умеренно-холодному климатическому подполюсу II климатической зоны с суммой эффективных температур 1000-2200°C, поэтому биологические особенности сортов абрикоса для этой зоны должны соответствовать экологическим условиям региона. Изучение процесса созревания плодов зимостойких сортов абрикоса может быть полезно при проведении селекционных работ.

**Цель.** Изучить динамику основных физиолого-биохимических показателей листьев и плодов сортов абрикоса московской селекции.

**Материал и методы.** Объектом изучения были плоды и листья сортов абрикоса селекции ГБС РАН (Москва) в период образования и созревания плодов. В период формирования плодов (июнь-август) в пробах определяли спектрофотометрическим методом по общепринятым методикам содержание моно- и полисахаридов, фотосинтетических пигментов – хлорофиллов и каротиноидов, флавоноидов, а также методом ВЭЖХ некоторых фенолкарбоновых кислот. Также фиксировали морфометрические показатели – вес и диаметр плода, площадь листа.

**Результаты.** Установлена сортовая специфика по изученным биохимическим и морфометрическим показателям листьев и плодов. Наиболее крупные плоды были у сорта Царский, минимальный размер у отборного образца За-

чатъевский. Аналогичная картина отмечена по диаметру плода и площади листьев. Уровень хлорофиллов и каротиноидов в листьях оставался стабильным в течение всего периода исследования у сорта «Царский», лучшего по сроку созревания и вкусовым качествам плодов. В листьях сорта Царский в июне и июле уровень каротиноидов был на ~ 35% выше, чем у других образцов. По содержанию и соотношению моно- и полисахаридов значимых сортовых отличий не обнаружено. Снижение уровня фенолов, повышение содержания полисахаридов и каротиноидов способствовало формированию сладко-кислого вкуса и окраски плодов. Наличие фенолов, участвующих в активации протекторных механизмов на всех этапах формирования и развития плодов, по-видимому, позволяет преодолевать негативное воздействие погодных условий. По биохимическим и органолептическим показателям выделяются сорта раннего срока созревания Царский и Лель.

**Заключение.** Впервые изучена динамика биохимического состава листьев и плодов зимостойких сортов абрикоса Московской селекции в процессе плодообразования. Такие данные могут помочь выявить маркеры для отбора селекционного материала, обладающего адаптивными способностями к биотическим и абиотическим стрессам в условиях центральной России.

**Ключевые слова:** *Prunus armeniaca*; зимостойкие сорта; углеводы; фотосинтетические пигменты; каротиноиды; флавоноиды; фенолкарбоновые кислоты

**Для цитирования.** Кондратьева В.В., Семенова М.В., Куклина А.Г., Олехнович Л.С., Воронкова Т.В. Физиолого-биохимические аспекты роста и созревания плодов абрикоса (*Prunus armeniaca*) сортов московской селекции в средней полосе России // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2024. Т. 16, №4. С. 82-104. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-4-878

Original article

## PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL ASPECTS OF GROWTH AND MATURATION OF APRICOT (*PRUNUS ARMENIACEAE*) VARIETIES OF MOSCOW SELECTION IN CENTRAL RUSSIA

*V.V. Kondrat'eva, M.V. Semenova, A.G. Kuklina,  
L.S. Olekhnovich, T.V. Voronkova*

**Background.** *Apricot is one of the most popular fruit crops in the world. Central Russia belongs to the moderately cold climatic subzone of climatic zone*

*It with the sum of effective temperatures of 1000-2200°C. Therefore, the biological characteristics of apricot varieties for this zone must correspond to the environmental conditions of the region. Studying the process of fruit ripening of winter-hardy apricot varieties can be useful when carrying out breeding work.*

**Purpose.** *To study the dynamics of the main physiological and biochemical parameters of leaves and fruits of apricot varieties of Moscow selection.*

**Material and methods.** *The object of the study was the fruits and leaves of apricot varieties selected by GBS RAS (Moscow) during the formation and ripening of fruits. During the period of fruit formation (June-August), the content of mono- and polysaccharides, photosynthetic pigments - chlorophylls and carotenoids, flavonoids, as well as the HPLC method of some phenolcarboxylic acids was determined in the samples using the spectrophotometric method according to generally accepted methods. Morphometric indicators were also recorded: weight and diameter of the fruit, leaf area.*

**Results.** *Varietal specificity has been established based on the studied biochemical and morphometric parameters of leaves and fruits. The largest fruits were in the Tsarsky variety, the minimum size in the selected Zachatievsky variety. A similar picture was observed for fruit diameter and leaf area. The level of chlorophylls and carotenoids in the leaves remained stable throughout the entire study period in the Tsarsky variety, the best in terms of fruit ripening and taste. In the leaves of the Tsarsky variety in June and July, the level of carotenoids was ~35% higher than in other samples. No significant varietal differences were found in the content and ratio of mono- and polysaccharides. A decrease in the level of phenols and an increase in the content of polysaccharides and carotenoids contributed to the formation of the sweet-sour taste and color of the fruit. The presence of phenols involved in the activation of protective mechanisms at all stages of fruit formation and development apparently makes it possible to overcome the negative effects of weather conditions. According to biochemical and organoleptic indicators, early ripening varieties Tsarsky and Lel are distinguished.*

**Conclusion.** *The dynamics of the biochemical composition of leaves and fruits of winter-hardy apricot varieties of Moscow selection during the process of fruit formation was studied for the first time. Such data may help identify markers for selecting breeding material with adaptive capabilities to biotic and abiotic stresses in central Russia.*

**Keywords:** *Prunus armeniaca; varieties; carbohydrates; photosynthetic pigments; carotenoids; flavonoids; phenolic carboxylic acids*

**For citation:** *Kondrat'eva V.V., Semenova M.V., Kuklina A.G., Olekhovich L.S., Voronkova T.V. Physiological and biochemical aspects of growth and matu-*

*ration of apricot (Prunus armeniaceae) varieties of Moscow selection in central Russia. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2024, vol. 16, no. 4, pp. 82-104. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-4-878*

### **Введение**

Биохимические исследования плодов абрикоса (*Prunus armeniaca* L., Rosaceae) чаще проводятся на сортах, культивируемых в южных широтах [23], особенно в Турции, Китае и на Балканах. Помимо отличных вкусовых качеств они обладают широким спектром микроэлементов, органических кислот, витаминов и фенольных соединений с антиоксидантными свойствами [15; 18].

В Главном ботаническом саду имени Н.В. Цицина РАН ведется селекционная работа по выведению сортов абрикоса, обладающих хорошей зимостойкостью. Профессором А.К. Скворцовым и его сотрудниками собран богатый генетический материал, на основе которого кандидат биологических наук Л.А. Крамаренко создала ряд сортов абрикоса, плодоносящих в климатических условиях Средней полосы России, обладающих хорошими вкусовыми качествами и включенных в Госреестр селекционных достижений РФ [7; 21].

В процессе созревания плодов происходит серия взаимосвязанных реакций, ведущих к метаболическим изменениям в составе сахаров, пигментов, в первую очередь каротиноидов, фенольных соединений и образованию летучих веществ, что определяет их вкус и аромат [27].

Существенная роль отводится широко распространенной группе пигментов – каротиноидов, имеющих большое значение в механизмах фотосинтеза и формирования протекторных реакций на биотические и абиотические стрессы. Каротиноиды защищают растения от воздействия избыточного света, смягчают действие экстремальных температур, разрушают активные формы кислорода, образующиеся при фотоокислительном стрессе, сохраняя целостность клеточных мембран [27]. Известно, что в плодах абрикоса преобладает  $\beta$ -каротин, содержание которого значительно варьирует в зависимости от сорта и региона выращивания. По мере созревания плодов его концентрация возрастает почти вдвое [24]. Кроме того, в тканях зрелых плодов абрикоса идентифицированы L-каротиноиды,  $\gamma$ -каротин, зеоксантин и лютеин [16].

Присутствующие в плодах абрикоса полифенолы обладают антимикробными, антиоксидантными, антиаллергенными и противовоспалительными свойствами [20]. Их содержание зависит от сорта и

климатических условий выращивания культуры, поскольку полифенолы чувствительны к изменению окружающей среды, особенно свету и температуре. Содержание фенольных соединений подвержено колебаниям в процессе роста и созревания плодов. Они могут служить индикаторами физиологической стадии развития плодов. Фенольные соединения влияют на рост и развитие плодов через взаимодействие с фитогормонами, в первую очередь с ауксинами; они регулируют растяжение первичной клеточной стенки. Кроме того, фенолы связаны с активацией механизма протекторных реакций при биогенных и абиогенных стрессах [23].

Основным компонентом комплекса фенолкарбоновых кислот в плодах абрикоса является хлорогеновая кислота (ХК), представляющая собой сложный эфир кофейной и хинной кислот. ХК связана с регуляцией ростовых процессов, участвует в запуске антистрессовых механизмов и перестройке метаболизма всего растения или его отдельных органов для адаптации в новых условиях [1]. Также в южных сортах найдены неохлорогеновая, кофейная, феруловая кислоты и флавоноиды [13]. Феруловая кислота (ФК) входит в состав лигнина, участвует в образовании свободных радикалов, блокирующих активные формы кислорода в тканях растений [11]. Для стимуляции синтеза флавоноидов, представленных, в основном, гликозидами и рутинозидами, необходим солнечный свет, поэтому они в основном сосредоточены в кожуре плодов абрикоса и в листьях. Из листьев гликозиды флавоноидов по флоэме переходят в плоды [12].

Для зрелых плодов абрикоса важное значение имеет соотношение сахаров и органических кислот. Основным углеводом является сахароза, которая не только выполняет функции энергетического субстрата, но и необходима для стабилизации клеточных мембран при холодовом стрессе [9]. В меньшем количестве присутствуют глюкоза, фруктоза, мальтоза и раффиноза [10; 17]. Замечено, что в плодах позднеспелых сортов сахаров больше [14].

В литературе доминируют работы по оценке зрелых плодов абрикоса, и недостаточно внимания уделено динамике биохимических процессов, происходящих по мере их созревания. На примере южных сортов из Средиземноморья оценена динамика накопления полифенолов и каротиноидов у абрикоса [12; 13]. В Турции проведено сравнение содержания фенольных соединений и витаминов в плодах абрикоса, выращенных при орошении и в засушливых условиях [19].

Средняя полоса России - густонаселенный регион, относящийся к умеренно-холодному климатическому подполюсу II климатической зоны с суммой эффективных температур 1000-2200°C, где традиционные сорта абрикоса из южных регионов не могут плодоносить вследствие вымерзания побегов зимой (морозы более 20 °С) и генеративных почек весной (поздне-весенние возвратные холода). Поэтому биологические особенности сортов абрикоса для средней полосы России должны соответствовать экологическим условиям региона.

Исследования московских сортов абрикоса по содержанию каротиноидов, флавоноидов, органических кислот и углеводов проведены на зрелых плодах [4, 6]. В этих работах отсутствует динамика изученных компонентов в процессе развития плодов и листьев, такие данные, возможно, помогут выявить маркеры для отбора селекционного материала.

**Цель работы.** Изучить динамику основных физиолого-биохимических показателей листьев и плодов сортов абрикоса селекции ГБС РАН (Москва) в период образования и созревания плодов. Задачи данной работы: проследить динамику содержания фотосинтетических пигментов (хлорофиллов «а» и «б» и каротиноидов), углеводов (моно- и полисахаридов), полифенолов (флавоноидов и фенолкарбоновых кислот) а также биометрических показателей плодов и листьев сортов абрикоса московской селекции в июне-августе.

### **Материалы и методы**

Материалом исследования служили плоды и листья абрикоса 4 сортов, включенных в Госреестр РФ: Гвиани, Лель, Водолей, Царский и отборный сортообразец Зачатьевский селекции ГБС РАН. Деревья в 6-летнем возрасте высажены в 2002 г. на территории женского Зачатьевского монастыря (Москва). Сорта Лель и Царский характеризуются ранним сроком созревания плодов; сорт Водолей и сортообразец Зачатьевский – средним, а Гвиани – поздним.

Исследования проводили в июне-августе 2023г. Для анализов пробы плодов и листьев, отбирали 3 раза. Первая проба - в начале июня, когда зеленый плод только начал формироваться и имел мягкую косточку. Вторая проба - в июле, когда в плодах сформировалась твердая косточка. Третья проба - в августе, в стадии технической спелости плода, когда он достиг максимальных размеров, был ярко окрашен, имел хорошие вкусовые качества. Для каждого сорта отбирали по 25 типичных плодов и 25 листьев. Определяли массу плода, диаметр плода и площадь листа. У плодов анализировали мякоть с кожурой.

Биохимические исследования выполнены в лаборатории физиологии и иммунитета ГБС РАН на свежем растительном материале. Определение фенолкарбоновых кислот (ФКК) проведено методом ВЭЖХ на изократической системе Стайер (фирма Аквилон, Москва) [3]. Для анализа суммы флавоноидов использовали реактив Фолина-Чокалтеу [2]. Свободные сахара определяли по модифицированной методике с использованием пикриновой кислоты [5]. Для определения суммы каротиноидов в пересчете на  $\beta$ -каротин применяли методику, описанную О.В. Тринеевой и А.И. Сливкиным [8]. Количественный расчет проводили по формулам с учетом содержания хлорофилла [25]. Хлорофилл определяли по стандартной методике Лихтеналлера [22]. Статистическая обработка данных выполнена в программе Microsoft Excel,  $P \leq 0.05$ .

### Результаты и обсуждение

За относительно короткий период плод накапливает значительное количество сухого вещества и воды, активно поглощая ассимилянты из листьев. В процессе роста и развития плодов меняется их диаметр, масса, а также площадь листа (табл. 1).

Таблица 1.

#### Биометрические параметры сортов абрикосов московской селекции

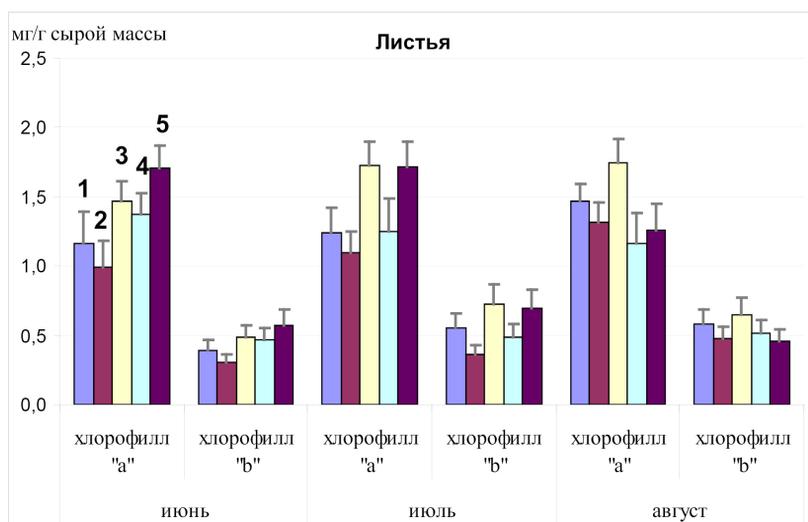
Дата / Сорт	Гвиани	Зачатьев- ский	Водолей	Лель	Царский
<b>масса плода, г</b>					
Июнь	8,5 ± 1,8	5,2 ± 1,0	8,6 ± 0,6	6,2 ± 0,9	6,9 ± 0,1
Июль	13,4 ± 1,3	8,9 ± 0,8	13,8 ± 0,9	12,2 ± 0,5	10,4 ± 1,2
Август	26,2 ± 2,9	15,9 ± 1,4	28,4 ± 4,7	24,1 ± 4,2	33,6 ± 2,4
<b>диаметр плода, см</b>					
Июнь	2,2 ± 0,2	1,7 ± 0,2	2,2 ± 0,2	1,7 ± 0,1	2,1 ± 0,2
Июль	3,5 ± 0,1	3,0 ± 0,1	3,6 ± 0,1	3,3 ± 0,1	3,2 ± 0,1
Август	4,4 ± 0,3	3,6 ± 0,2	4,5 ± 0,3	4,2 ± 0,3	5,0 ± 0,2
<b>площадь листа, см<sup>2</sup></b>					
Июнь	31,7 ± 4,9	21,7 ± 3,5	25,0 ± 4,3	29,2 ± 3,1	24,5 ± 4,8
Июль	33,7 ± 3,8	25,5 ± 1,9	29,8 ± 4,1	30,2 ± 3,6	30,8 ± 3,5
Август	35,8 ± 6,4	30,0 ± 4,1	35,6 ± 4,5	31,1 ± 2,6	38,8 ± 6,3

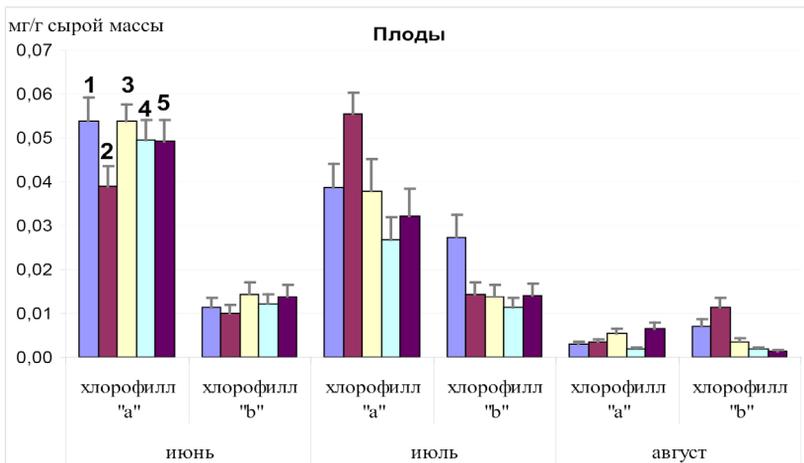
По этим показателям следует выделить сорт Царский, превысивший остальные образцы: масса плода увеличилась в 4,8 раза, диаметр в ~2 раза, а площадь листа – в 1.5 раза, тогда как у остальных сортов и

отборной формы увеличение веса плода было в 3,0-3,4 раза. Диаметр плодов у всех сортов и отборной формы в первый срок взятия проб был примерно одинаковый, 1,7 - 2 см. По мере созревания плодов он увеличивался, достигая максимума у зрелых плодов, наиболее крупные плоды были у сорта Царский, минимальный размер у отборного образца Зачатьевский. Аналогичная картина отмечена по диаметру плода и площади листьев.

Содержание фотосинтетических пигментов - хлорофиллов "а" и "б" в листьях незначительно менялось в период наблюдений, их нормальное соотношение – 3:1 – также, при этом не обнаружено существенных сортов-ых отличий, листья сортов Царский и Водолей превосходили остальные по накоплению пигментов в июне и июле.

В плодах содержание хлорофиллов было в ~30 раз меньше, чем в листьях, но их соотношение оставалось также 3:1 в июне и июле. Ко времени созревания плодов присутствие зеленых пигментов в них снизилось до следовых количеств, а нормальное соотношение (3:1) сохранилось только у сорта Царский, при этом у отборного образца Зачатьевский оно поменялось на противоположное – 1:3 (рис. 1). По-видимому, собственная фотосинтетическая активность зеленых плодов вносит сравнительно небольшой вклад в накопление органических веществ.





**Рис. 1.** Фотосинтетические пигменты в тканях абрикоса, мг/г сырой массы. Обозначения: Сорта: 1 – Гвиани; 2 – Зачатьевский; 3 – Водолей; 4 – Лель; 5 – Царский.

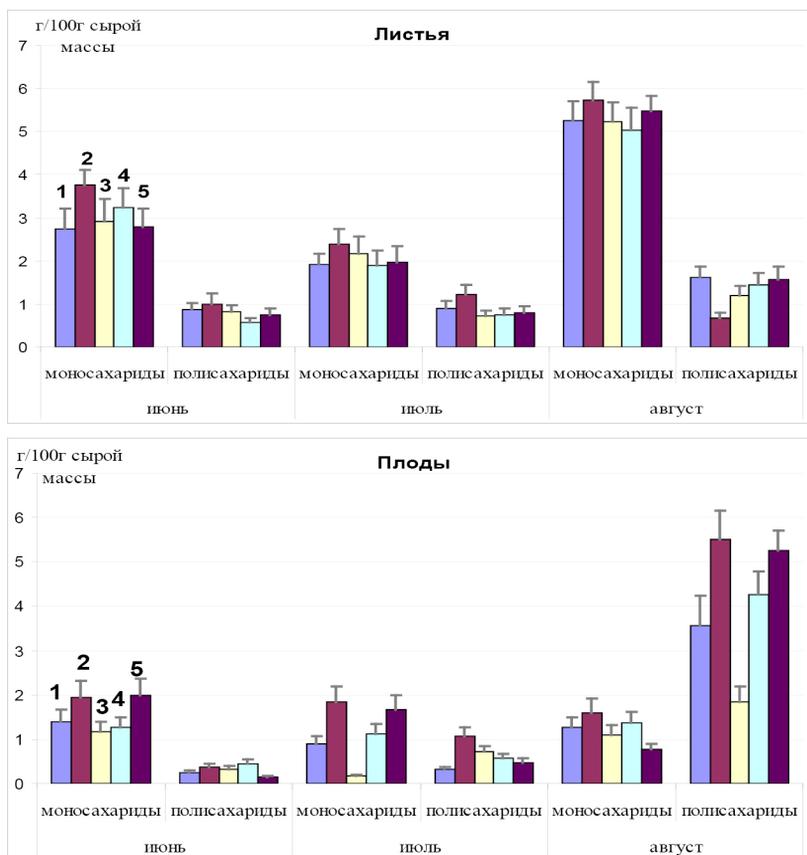
При созревании плодов абрикоса в августе отмечен активный биосинтез каротиноидов в листьях всех сортов – увеличение почти в 2 раза по сравнению с июнем и июлем. При этом у раннеспелого сорта Царский уровень каротиноидов почти не менялся за весь период наблюдений и был на ~ 35% выше, чем у других сортов в июне и июле. В плодах всех сортов в стадию технической спелости в августе содержание каротиноидов снизилось ~ на 15% по сравнению с исходным в июне, по-видимому, за счет накопления воды, при этом у мелкоплодного Зачатьевского отмечена обратная тенденция (табл. 2).

Таблица 2.

**Содержание каротиноидов в тканях абрикоса, мг/100 г сырой массы**

Сорт	Гвиани	Зачатьевский	Водолей	Лель	Царский
<b>листья</b>					
Июнь	49,4 ± 6,5	40,9 ± 2,3	64,1 ± 6,5	58,8 ± 7,7	71,2 ± 9,3
Июль	49,6 ± 5,2	43,0 ± 5,4	65,8 ± 8,3	51,5 ± 6,5	72,4 ± 8,1
Август	94,8 ± 6,9	74,2 ± 8,4	101,8 ± 6,5	71,5 ± 8,1	73,2 ± 7,4
<b>плоды</b>					
Июнь	2,3 ± 0,3	1,6 ± 0,2	2,1 ± 0,3	2,1 ± 0,3	2,0 ± 0,3
Июль	1,5 ± 0,2	1,1 ± 0,1	1,5 ± 0,2	1,1 ± 0,1	1,2 ± 0,2
Август	1,9 ± 0,2	2,1 ± 0,2	1,8 ± 0,2	1,7 ± 0,2	1,7 ± 0,2

Важным показателем не только качества плодов, но и стрессоустойчивости растений можно считать количество и соотношение углеводов [9]. В листьях и плодах изучаемых сортов в течение всего срока роста и формирования плодов в июне и июле преобладали моносахариды, соотношение моно-/полисахариды было  $\sim 3:1$  (рис. 2). В августе уровень моносахаров в листьях достиг максимума, увеличившись вдвое по сравнению с июнем, при этом значимых сортовых отличий не обнаружено, соотношение моно-/полисахариды было таким же как в июне –  $3:1$ . В плодах в более чем в 3 раза вырос уровень полисахаридов, особенно у сортов Царский, Лель, Гвиани и Зачатьевский.



**Рис. 2.** Углеводы в тканях абрикоса, г/100г сырой массы.

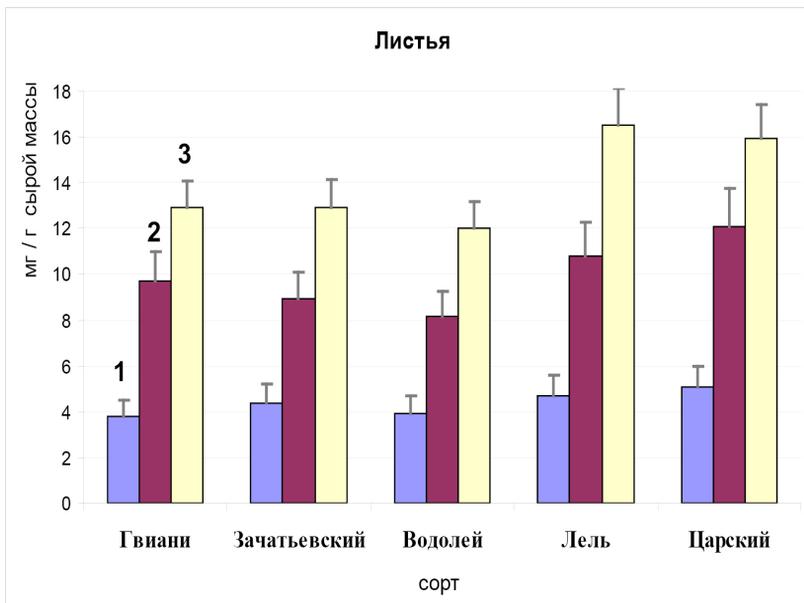
Обозначения: Сорта: 1 – Гвиани; 2 – Зачатьевский; 3 – Водолей; 4 – Лель; 5 – Царский

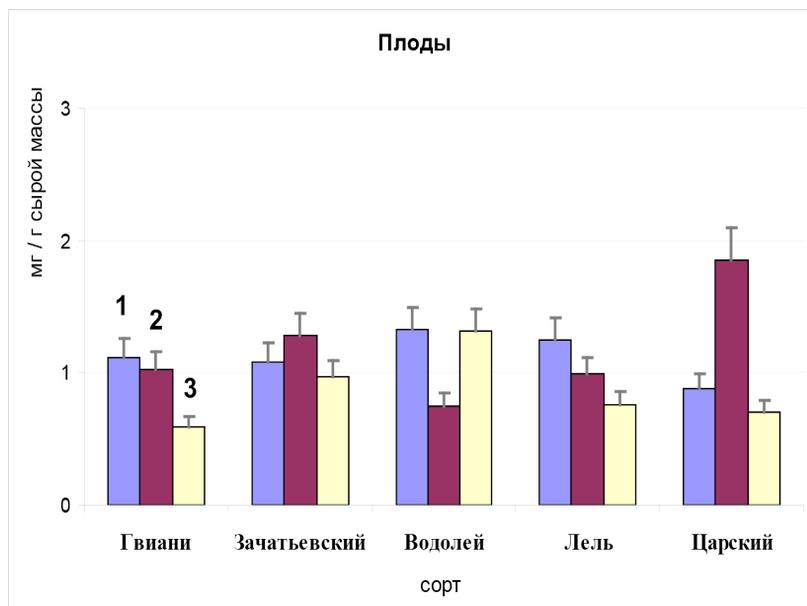
В качестве дыхательного субстрата сахара дают клеткам энергию для биосинтеза вторичных соединений, в частности фенолов. Они также могут быть прямым предшественником фенольных гликозидов [23]. В молодых плодах идет активный биосинтез фенолов *in situ*, затем, в период роста плодов он замедляется и может незначительно возрастать после созревания плода.

В процессе роста и формирования плодов изучалась динамика флавоноидов и фенолкарбоновых кислот (ФКК), которые тесно связаны с формированием протекторных механизмов в ответ на биогенные и абиогенные стрессы. Флавоноиды представлены в тканях абрикосов в основном гликозидами, определяющими вместе с каротиноидами светло-желтый цвет абрикосов.

У сортов абрикоса в листьях с июня по август отмечено увеличение суммы флавоноидов в 3-4 раза. Максимальный прирост уровня этих веществ зафиксирован у сортов Лель и Царский.

В плодах уровень флавоноидов был в несколько раз ниже и колебался с тенденцией к уменьшению (рис. 3) в стадии технической спелости плодов.





**Рис. 3.** Флаваноиды в тканях абрикоса, мг/г сырой массы.  
Обозначения - даты отбора проб: 1 –июнь; 2 –июль; 3 – август

Доминирующей ФКК в листьях и плодах абрикоса является хлорогеновая кислота. В тканях листьев и плодов некоторых сортов абрикоса в разные сроки взятия проб идентифицированы феруловая и кофейная кислоты. В процессе роста и развития плодов уровень ХК постепенно снижался и в тканях листьев, и в тканях плодов. В плодах сорта Гвиани почти в 28 раз, сорта Лель - в 25 раз, у сорта Царский - в 9 раз, а в листьях в среднем – в 7-8 раз (табл. 3).

В стадии начала формирования зеленых плодов, в тканях их мякоти у большинства сортов была идентифицирована кофейная кислота (КК), более активная в формировании протекторных реакций. Вероятно, в это время молодые, растущие завязи развивающихся плодов нуждаются в быстрой, адекватной перестройке метаболизма при возможных стрессовых ситуациях. У раннеспелого сорта Царский КК зафиксирована в тканях сформированных плодов с твердой косточкой. У сорта Лель КК не обнаружена, но в листьях и в тканях начавших формироваться плодов был максимальный уровень ХК.

Таблица 3.

**Уровень ФКК в тканях плодов и листьев ряда сортов и отборной формы абрикоса московской селекции, мкг/г сырой массы**

Дата	Сорт	Фенолкарбоновые кислоты		
		Хлорогеновая	Феруловая	Кофейная
		Плоды		
июнь	Гвиани	233,12 ± 2,91	0,21 ± 0,04	4,47 ± 0,17
	Зачатьевский	25,65 ± 1,35	–*	1,18 ± 0,14
	Водолей	42,71 ± 2,68	–	0,86 ± 0,04
	Лель	248,18 ± 4,67	–	–
	Царский	69,45 ± 8,88	0,098 ± 0,003	1,16 ± 0,1
июль	Гвиани	17,63 ± 1,76	0,15 ± 0,02	–
	Зачатьевский	44,93 ± 2,39	–	–
	Водолей	23,80 ± 1,6	–	–
	Лель	34,19 ± 2,99	–	–
	Царский	47,52 ± 1,21	–	1,46 ± 0,1
август	Гвиани	7,69 ± 0,5	–	–
	Зачатьевский	5,9 ± 0,62	0,18 ± 0,08	–
	Водолей	15,78 ± 0,30	0,12 ± 0,01	–
	Лель	8,7 ± 0,16	0,12 ± 0,02	–
	Царский	7,8 ± 0,36	–	–
<b>Листья</b>				
июнь	Гвиани	610,96 ± 59,25	–	–
	Зачатьевский	648,70 ± 56,70	–	–
	Водолей	495,53 ± 29,61	–	–
	Лель	687,60 ± 28,05	–	–
	Царский	369,33 ± 36,90	0,48 ± 0,09	–
июль	Гвиани	170,76 ± 6,23	0,45 ± 0,17	–
	Зачатьевский	148,23 ± 10,32	–	–
	Водолей	129,4 ± 4,67	–	–
	Лель	195,2 ± 2,62	–	–
	Царский	168,08 ± 2,62	0,53 ± 0,06	–
август	Гвиани	82,6 ± 16,5	–	–
	Зачатьевский	317,76 ± 8,90	–	–
	Водолей	175,46 ± 21,57	–	–
	Лель	175,72 ± 28,86	–	–
	Царский	32,0 ± 3,17	–	–

\* - не идентифицирована

Следует отметить, что динамика содержания ФКК в тканях плодов абрикосов Московской селекции совпадает с таковой из южных районов Турции и Балканского полуострова, но количественные характеристики ФКК у абрикосов в Средней полосе России ниже [19].

### **Заключение**

Уровень хлорофиллов и каротиноидов в листьях оставался стабильным в течение всего периода исследования у сорта «Царский», лучшего по сроку созревания и вкусовым качествам плодов. В листьях изученных образцов содержалось в ~25 раз больше хлорофиллов и в ~40 раз больше каротиноидов, чем в плодах. В листьях сорта Царский в июне и июле уровень каротиноидов был на ~35% выше, чем у других образцов.

Содержание и соотношение моно- и полисахаридов в листьях в июне и июле было выше, чем в плодах в ~2 раза, в августе в листьях резко возрос уровень моносахаров до 5-5,5%, а в плодах уровень полисахаридов – до 5% от сырой массы соответственно. При этом значимых сортовых отличий не обнаружено

Количество флавоноидов в листьях стабильно возрастало у всех сортов от 4 в начальный период до 12-16 мг/г сырой массы к моменту созревания плодов. Максимальный прирост уровня этих веществ в листьях зафиксирован у сортов Лель и Царский. В плодах уровень флавоноидов оставался почти стабильным в течение всего периода наблюдений и в период созревания плодов был в ~10 раз меньше чем в листьях.

В листьях и плодах всех сортов в течение всего периода наблюдений идентифицирована хлорогеновая кислота, причем в листьях на порядок больше чем в плодах. Феруловая кислота выявлена в незначительном количестве в листьях и плодах некоторых сортов, а кофейная – только в плодах в июне и июле.

На основании полученных данных можно заключить, что уровень каротиноидов, хлорофиллов, флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в листьях абрикоса был значительно (в 10-40 раз) выше, чем в плодах в период их созревания.

В стадии технической спелости проведен органолептический анализ качества плодов. Снижение уровня фенолов, повышение содержания полисахаридов и каротиноидов способствовало формированию сладко-кислого вкуса и окраски плодов. Таким образом, учитывая биохимические показатели тканей плодов и листьев, можно констатировать хорошие вкусовые качества плодов всех изученных сортов абрикоса московской селекции. Наличие фенолов, участвующих в активации протекторных механизмов

на всех этапах формирования и развития плодов, по-видимому, позволяет преодолевать негативное воздействие погодных условий. По биохимическим и органолептическим показателям выделяются сорта раннего срока созревания Царский и Лель.

Впервые показаны результаты исследования динамики изменения биохимического состава листьев и плодов зимостойких сортов абрикоса. Количественная характеристика этих компонентов в процессе развития плодов и листьев, помогает понять адаптационные возможности растений к биотическим и абиотическим факторам и может быть использована при отборе селекционного материала.

**Информация о конфликте интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Информация о спонсорстве.** Исследование выполнено в рамках Государственного задания ГБС РАН «Биологическое разнообразие природной и культурной флоры: фундаментальные и прикладные вопросы изучения и сохранения», проект № 122042700002-6.

### Список литературы

1. Дейнека В.И., Хлебников В.А., Сорокопудов В.Н., Анисимович И.П. Хлорогеновая кислота плодов и листьев некоторых растений семейства *Berberidaceae* // Химия растительного сырья. №1. 2008. С. 57-61.
2. Денисенко Т.А., Вишнякин 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. С. 373-380. <https://doi.org/10.15826/analitika.2015.19.4.012>
3. Каштанова О.А., Ткаченко О.Б., Кондратьева В.В., Олехнович Л.С., Воронкова Т.В. Устойчивость таксонов конского каштана *AESCULUS* к каштановой минирующей моли *CAMERARIA OHRIDELLA* // Субтропическое и декоративное садоводство. 2021. С. 153-163.
4. 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](https://doi.org/10.36718/1819-4036_2023_7_184-190)
5. Определение растворимых углеводов фотометрически с пикриновой кислотой (модификация Соловьева) // Практикум по агрохимии. 2-е. изд. под ред. акад. РАСХН В.Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ. 2001. С. 419-422.

6. 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/10.21285/2227-2925-2023-13-3-402-408>
7. Скворцов А.К., Крамаренко Л.А. Абрикос в Москве и Подмоскowie. М.: КМК, 2007. 188 с. <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2021-79-153-163>
8. Тринеева О.В., Сливкин А. И. Валидация методики определения каротиноидов в плодах облепихи различных способов консервации // Вестник ВГУ, серия: химия, биология, фармация. № 2. 2016. С. 145-151.
9. Трунова Т.И. Растение и низкотемпературный стресс // Российская академия наук, Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева. 64 ежегодные Тимирязевские чтения. 3 июня 2003. М. 2007. 53 с.
10. Cirillo A., De Luca L., Izzo L., Cepparulo M., Graziani G., Ritieni A., Romano R., Di Vaio C. Biochemical and nutraceutical characterization of different accessions of the apricot (*Prunus armeniaca* L.) // Horticulture. 2023. Vol. 9 (5). P. 546. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9050546>
11. Dixon R., Paiva N.L. Stress-induced phenylpropanoid metabolism // The Plant Cell. 1995. Vol. 7. P. 1085–1097. <https://doi.org/10.1105/tpc.7.7.1085>
12. Dragovic-Uzelac V., Delonga K., Levaj B., Djakovic S., Pospisil J. Phenolic profiles of raw apricots pumpkins and their purees in the evaluation of apricot nectars and jams authenticity // J. Agric Food Chem 2005. Vol. 53. P. 4836-4842. <https://doi.org/10.1021/jf040494+>
13. 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. P. 966-975. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.04.001>
14. Drogoudi D.P., Vemmos S., Pantelidis G., Petri E., Tzoutzoukou C., Karayianis I. Physical characters and antioxidant, sugar, and mineral nutrient contents in fruit from 29 apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars and hybrids // J. Agric. Food Chem. 2008. Vol. 56. No. 22. P. 10754-10760. <https://doi.org/10.1021/jf801995x>
15. Femenia A, Rosello C., Mulet A., Canellas J. Chemical composition of bitter and sweet apricot kernels // J. Agric Food Chem 1995. Vol. 43. P. 356-361. <https://doi.org/10.1021/jf00050a018>
16. Fraser P.D., Bramley P. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids // Progress in Lipid Research. 2004. Vol. 43. No 3. P. 228-265. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2003.10.002>

17. Gatti E., De Filippi B.G., Predieri S., Infante R. Apricot (*Prunus armeniaca* L.) quality and breeding perspectives // Journal of Food, Agriculture & Environment. 2009. Vol. 7 (3&4). P. 573-580.
18. Hegedus A., Pfeiffer P., Papp N., Abranko L., Blazovics A., Pedryc A., Stefanovits-Banyai E. Accumulation of antioxidants in apricot fruit through ripening: characterization of a genotype with enhanced functional properties // Biol. Res. 2011. V. 44. P. 339-344. <https://doi.org/10.4067/S0716-97602011000400004>
19. 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 condition // Biological Research. 2014. Vol. 47. P. 1-6. <https://doi.org/10.1186/0717-6287-47-46>
20. Kim D.O., Jeong S.W., Lee C.Y. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums // Food Chem. 2003. Vol. 81. P. 321-326. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00423-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00423-5)
21. Kramarenko L. Apricot breeding in Moscow // Acta Hort. 2006. P. 219-222. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.701.32>
22. Lichtenthaler H. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes // Methods in Enzymology 1987. Vol. 148. P. 350-382. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1)
23. Macheix J.J., Fleuriat A., Billot J. Fruit Phenolics. Boca Raton, FL: CRC Press. 1990. P. 390. <https://doi.org/10.1201/9781351072175>
24. Munzuroglu O., Karatas F., Geckil H. The vitamin and selenium contents of apricot fruit of varietal cultivars cultivated in different geographical region // Food Chemistry. 2003. Vol. 83. P. 205-212.
25. Niroula A., Khatri S., Timilsina R., Khadka D. Profile of chlorophylls and carotenoids of wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) microgreens // J. Food Sci. Technol. 2019. Vol. 56(5). P. 2758–2763. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03768-9>
26. Speirs J., Brady C.J. Modification of gene expression in ripening fruit // Australian Journal of Plant Physiology. 1991. Vol. 18. P. 519–532.
27. Strzalka K., Kostecka-Gugala A., Latowski D. Carotenoids and environmental stress in plants: significance of carotenoid-mediated modulation of membrane physical properties // Russian Journal of Plant Physiology. 2003. Vol. 50. № 2. P. 168-173. <https://doi.org/10.1023/A:1022960828050>

### References

1. Deineka V.I., Khlebnikov V.A., Sorokopudov V.N., Anisimovich I.P. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], no. 1, 2008, pp. 57-61.

28. Denisenko T.A., Vishnikin A.B., Cyganok L.P. Spektrofotometricheskoe opredelenie summy fenol'ny'x soedinenij v rastitel'ny'x ob'ektax s ispol'zovaniem xlorida alyuminiya, 18-molibdodifosfata i reaktiva Folina-Chokal'teu [Spectrophotometric determination of the amount of phenolic compounds in plant objects using aluminum chloride, 18-molybdenum diphosphate and Folin-Chocalteu reagent]. *Analitika i kontrol'* [Analytics and control], 2015, vol. 19, pp. 373–380. <https://doi.org/10.15826/analitika.2015.19.4.012>
29. Kashtanova O.A., Tkachenko O.B., Kondrat'eva V.V., Olexnovich L.S., Voronkova T.V. Ustoichivost' taksonov konskogo kashtana Aesculus k kashtanovoi miniruyushchei moli Cameraria Ohridella [The resistance of the horse chestnut taxa Aesculus to the chestnut mining moth Cameraria Ohridella]. *Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo* [Subtropical and ornamental gardening], 2021, pp. 153-163.
30. Kuklina A.G., Cybul'ko N.S., Voronkova T.V., Kramarenko L.A. Bioximicheskij sostav plodov u sortov Prunus armeniaca (Rosaceae) moskovskoj selekcii [Biochemical composition of fruits in Prunus armeniaca (Rosaceae) varieties of Moscow selection]. *Vestnik KrasGAU* [Bulletin of KrasGAU], 2023, no. 7, pp. 184-190. [https://doi.org/10.36718/1819-4036\\_2023\\_7\\_184-190](https://doi.org/10.36718/1819-4036_2023_7_184-190)
31. Opredelenie rastvorimyykh uglevodov fotometricheski s pikrinovoi kislotoi (modifikatsiya Solov'eva) [Determination of soluble carbohydrates photometrically with picric acid (Solovyov modification)]. *Praktikum po agrokhimii* [Workshop on agrochemistry]. M.: Moscow State University Publ., 2001, pp. 419-422.
32. Semenova M.V., Kuklina A.G., Kondrat'eva V.V. Olexnovich L.S., Voronkova T.V. Soderzhanie karotinooidov v plodakh abrikosa Prunus armeniaca L. v zavisimosti ot sposoba izvlecheniya [The content of carotenoids in apricot fruits Prunus armeniaca L. depending on the extraction method.]. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya* [News of universities. Applied Chemistry and Biotechnology], 2023, vol. 13, no. 3, pp. 402-408. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2023-13-3-402-408>
33. Skvortsov A.K., Kramarenko L.A. *Abrikos v Moskve i podmoskov'e* [Apricot in Moscow and the Moscow region.]. M.: KMK, 2007, 188 p. <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2021-79-153-163>
34. Trineeva O.V., Slivkin A. I. Validatsiya metodiki opredeleniya karotinooidov v plodakh oblepikhi razlichnykh sposobov konservatsii [Validation of the methodology for the determination of carotenoids in sea-buckthorn fruits of various conservation methods]. *Vestnik VGU, seriya: khimiya, biologiya, farmatsiya*, 2016, no. 2, pp. 145-151.

35. Trunova T.I. Rastenie i nizkotemperaturnyi stress [Plant and low-temperature stress]. *64 ezhegodnye Timirjazevskie chtenija. 3 ijunja 2003* [64 annual Timiryazev readings. June, 3 2003]. M, 2007, 53 p.
36. Cirillo A., De Luca L., Izzo L., Cepparulo M., Graziani G., Ritieni A., Romano R., Di Vaio C. Biochemical and nutraceutical characterization of different accessions of the apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Horticulture*, 2023, vol. 9 (5), p. 546.
37. Dixon R., Paiva N.L. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *The Plant Cell*, 1995, vol. 7, pp. 1085–1097. <https://doi.org/10.1105/tpc.7.7.1085>
38. Dragovic-Uzelac V., Delonga K., Levaj B., Djakovic S., Pospisil J. Phenolic profiles of raw apricots pumpkins and their purees in the evaluation of apricot nectars and jams authenticity. *J. Agric Food Chem*, 2005, vol. 53, pp. 4836-4842. <https://doi.org/10.1021/jf040494+>
39. 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>
40. Drogoudi D.P., Vemmos S., Pantelidis G., Petri E., Tzoutzoukou C., Karayiananis I. Physical characters and antioxidant, sugar, and mineral nutrient contents in fruit from 29 apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars and hybrids. *J. Agric. Food Chem.*, 2008, vol. 56, no. 22, pp. 10754-10760. <https://doi.org/10.1021/jf801995x>
41. Femenia A, Rosello C, Mulet A, Canellas J: Chemical composition of bitter and sweet apricot kernels. *J. Agric Food Chem.*, 1995, vol. 43, pp. 356-361. <https://doi.org/10.1021/jf00050a018>
42. Fraser P.D., Bramley P. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. *Progress in Lipid Research*, 2004, vol. 43, no. 3, pp. 228-265. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2003.10.002>
43. Gatti E., De Filippi B.G., Predieri S., Infante R. Apricot (*Prunus armeniaca* L.) quality and breeding perspectives. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 2009, vol. 7 (3&4), pp. 573-580.
44. Hegedus A., Pfeiffer P., Papp N., Abranko L., Blazovics A., Pedryc A., Stefanovits-Banyai E. Accumulation of antioxidants in apricot fruit through ripening: characterization of a genotype with enhanced functional properties. *Biol. Res.*, 2011, vol. 44, pp. 339-344. <https://doi.org/10.4067/S0716-97602011000400004>
45. Kan T., Gundogdu M., Ercisli S. Phenolic compounds and vitamins in wild and cultivated apricot (*Prunus armeniaca* L.) fruits grown in irrigated and dry farming condition. *Biological Research*, 2014, vol. 47, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1186/0717-6287-47-46>

46. Kim D.O., Jeong S.W., Lee C.Y. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chem.*, 2003, vol. 81, pp. 321-326. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00423-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00423-5)
47. Kramarenko L. Apricot breeding in Moscow. *Acta Hortic.*, 2006, pp. 219-222. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.701.32>
48. Lichtenthaler H. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, 1987, vol. 148, pp. 350-382. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1)
49. Macheix J.J., Fleuriet A., Billot J. Fruit Phenolics. Boca Raton, FL: CRC Press, 1990, p. 390. <https://doi.org/10.1201/9781351072175>
50. Munzuroglu O., Karatas F., Geckil H., Djakovic S, Pospisil J: The vitamin and selenium contents of apricot fruit of varieties cultivated in different geographical region. *Food Chemistry*, 2003, vol. 83, pp. 205-212.
51. Niroula A., Khatri S., Timilsina R., Khadka D. Profile of chlorophylls and carotenoids of wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) microgreens. *J. Food Sci. Technol.*, 2019, vol. 56(5), pp. 2758–2763. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03768-9>
52. Speirs J., Brady C.J. Modification of gene expression in ripening fruit. *Australian Journal of Plant Physiology*, 1991, vol. 18, pp. 519–532.
53. Strzalka K., Kostecka-Gugala A., Latowski D. Carotenoids and environmental stress in plants: significance of carotenoid-mediated modulation of membrane physical properties. *Russian Journal of Plant Physiology*, 2003, vol. 50. № 2. pp. 168-173. <https://doi.org/10.1023/A:1022960828050>

### ВКЛАД АВТОРОВ

- Кондратьева В.В.:** разработка дизайна исследования, анализ фенолкарбоновых кислот, написание рукописи и оформление результатов исследования.
- Семенова М.В.:** анализ хлорофиллов и каротиноидов, оформление рукописи статьи.
- Куклина А.Г.:** морфометрическое и органолептическое изучение материала исследования, техническое редактирование текста.
- Олехнович Л.С.:** анализ пигментов и фенолкарбоновых кислот.
- Воронкова Т.В.:** разработка дизайна исследования, анализ углеводов и флавоноидов, написание текста рукописи, оформление иллюстраций и результатов исследования.

### AUTHOR CONTRIBUTIONS

- Vera V. Kondrat'eva:** development of the study design, analysis of phenol carboxylic acids, writing the manuscript and presentation of the study results.

**Maria V. Semenova:** analysis of carotenoids and chlorophyll, design of the manuscript of the article.

**Alla G. Kuklina:** morphometric and organoleptic study of the research material, technical text editing.

**Ludmila S. Olekhovich:** analysis of pigments and phenolic carboxylic acids.

**Tatyana V. Voronkova:** development of the study design, analysis of carbohydrates and flavonoids, writing the text of the manuscript, design of illustrations and research results.

#### ДАнные ОБ АВТОРАХ

**Кондратьева Вера Валентиновна**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории физиологии и иммунитета *Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук*  
ул. Ботаническая, 4, г. Москва, 127276, Российская Федерация  
*verbena\_20@mail.ru*

**Семенова Мария Владимировна**, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории физиологии и иммунитета *Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук*  
ул. Ботаническая, 4, г. Москва, 127276, Российская Федерация  
*set\_ma@mail.ru*

**Куклина Алла Георгиевна**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории природной флоры *Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук*  
ул. Ботаническая, 4, г. Москва, 127276, Российская Федерация  
*alla\_gbsad@mail.ru*

**Олехович Людмила Сергеевна**, младший научный сотрудник лаборатории физиологии и иммунитета *Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук*  
ул. Ботаническая, 4, г. Москва, 127276, Российская Федерация  
*mila.oleh@mail.ru*

**Воронкова Татьяна Владимировна**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории физиологии и иммунитета  
*Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук*  
ул. Ботаническая, 4, г. Москва, 127276, Российская Федерация  
*winterness@yandex.ru*

#### DATA ABOUT THE AUTHORS

**Vera V. Kondratieva**, Ph.D. in Biology, Senior Researcher  
*Tsitsin Main Botanical Garden of Russian Academy of Sciences*  
4, *Botanicheskaya Str., Moscow, 127276, Russian Federation*  
*verbena\_20@mail.ru*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3934-9288>  
ResearcherID: J-8545-2018  
Scopus Author ID: 7004652794  
SPIN-code: 6228-8519

**Maria V. Semenova**, Ph.D. in Biology, Researcher  
*Tsitsin Main Botanical Garden of Russian Academy of Sciences*  
4, *Botanicheskaya Str., Moscow, 127276, Russian Federation*  
*sem\_ma@mail.ru*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4627-0802>  
ResearcherID: J-8720-2018  
Scopus Author ID: 26536757800  
SPIN-code: 7227-5089

**Alla G. Kuklina**, Ph.D. in Biology, Leading Researcher of the Laboratory of Natural Flora  
*Tsitsin Main Botanical Garden of Russian Academy of Sciences*  
4, *Botanicheskaya Str., Moscow, 127276, Russian Federation*  
*alla\_gbsad@mail.ru*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9783-7776>  
ResearcherID: J-600-2018  
Scopus Author ID: 57023797100  
SPIN-code: 7615-4813

**Lydmila S. Olekhnovich**, Junior Researcher  
*Tsitsin Main Botanical Garden of Russian Academy of Sciences*  
4, *Botanicheskaya Str., Moscow, 127276, Russian Federation*

*mila.oleh@mail.ru*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3230-0038>*

*ResearcherID: J-8645-2018*

*Scopus Author ID: 56023273400*

*SPIN-code: 4901-4480*

**Tatiana V. Voronkova**, Ph.D. in Biology, Senior Researcher

*Tsitsin Main Botanical Garden of Russian Academy of Sciences  
4, Botanicheskaya Str., Moscow, 127276, Russian Federation*

*winterness@yandex.ru*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6112-271X>*

*ResearcherID: J-8620-2018*

*Scopus Author ID: 6602994285*

*SPIN-code: 3986-5731*

Поступила 28.12.2023

После рецензирования 30.01.2024

Принята 15.02.2024

Received 28.12.2023

Revised 30.01.2024

Accepted 15.02.2024