

Научная статья
УДК 615.32:634.2
EDN: HWYQXA
DOI: 10.21285/2227-2925-2023-13-3-402-408



Содержание каротиноидов в плодах абрикоса *Prunus armeniaca* L. в зависимости от способа извлечения

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

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В середине XX века в Москве, в Главном ботаническом саду им. Н.В. Цицина РАН, был собран ценный генофонд абрикоса, отличающийся высоким разнообразием и хорошей зимостойкостью. На основе этого генофонда Л.А. Крамаренко провела селекционную работу по выведению зимостойких сортов абрикоса, которые были включены в Госреестр селекционных достижений Российской Федерации: Айсберг, Водолей, Гвиани, Лель, Царский и др. Для дальнейшей работы необходимо понимать, в какой степени сорта насыщены каротиноидами, чтобы опираться на эти данные в селекционном отборе. Определено содержание каротиноидов в плодах абрикоса (*Prunus armeniaca* L., Rosaceae) сортов московской селекции – Айсберг, Водолей, Гвиани, Лель, Царский и Зачатьевский. Задача изучения состояла в использовании различных методов экстракции растительного сырья, способствующих оптимальному извлечению суммы каротиноидов в плодах абрикоса. В качестве экстрагентов использованы гексан, 96%-й этанол при комнатной температуре и этанол в водяной бане при температуре 60 °С (40 мин). Наиболее высокое содержание каротиноидов отмечено у сортов Лель (31,73 мг%) и Водолей (31,77 мг%), наименьшее – у отборного образца Зачатьевский (11,93 мг%). В расчетно-экспериментальных исследованиях использование нескольких растворителей позволяет повысить достоверность определения значений суммы каротиноидов в растительных объектах. Выявленный диапазон содержания каротиноидов может быть использован для характеристики и описания перспективных форм при проведении селекционной работы, направленной на получение новых сортов, обладающих полезными качествами для здоровья.

Ключевые слова: *Prunus armeniaca*, плод, каротиноиды, экстрагент, УФ-спектрофотометрия

Благодарности. Авторы благодарны к.б.н. Л.А. Крамаренко, к.фарм.н. Н.С. Цыбулько, О.Л. Ениной за помощь в подготовке эксперимента и оформлении результатов.

Финансирование. Работа выполнена по теме «Биологическое разнообразие природной и культурной флоры: фундаментальные и прикладные вопросы изучения и сохранения», номер госрегистрации 122042700002-6 (государственное задание № 075-00745-22-01).

Для цитирования: 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. N 3. С. 402–408. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2023-13-3-402-408>. EDN: HWYQXA.

PHYSICO-CHEMICAL BIOLOGY

Original article

Carotenoid content in *Prunus armeniaca* L. apricot fruits depending on the extraction method

Maria V. Semenova✉, Alla G. Kuklina, Vera V. Kondratieva, Lyudmila S. Olekhovich,
Tatiana V. Voronkova

N.V. Tsitsin Main Botanical Garden RAS, Moscow, Russian Federation

Abstract. In the middle of the 20th century, specialists of the Tsitsin Main Moscow Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences collected a valuable apricot gene pool characterized by high diversity and winter hardiness. From this gene pool, L.A. Kramarenko carried out selection work to develop winter-hardy apricot varieties, such as Aisberg, Vodoley, Guiani, Lel', Tsarsky and others, which were included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation. The use of these varieties in further selective breeding requires information on their carotenoid content. In this work, we determine carotenoids in apricot (*Prunus armeniaca* L., Rosaceae) fruits of Moscow breeding varieties Aisberg, Vodoley, Guiani, Lel', Tsarsky and Zachat'ievsky. We employed different extraction

© Семенова М.В., Куклина А.Г., Кондратьева В.В., Олехнович Л.С., Воронкова Т.В., 2023

methods of plant raw materials, contributing to the optimal extraction of carotenoids from apricot fruits. Extraction was performed with hexane, 96% ethanol at room temperature, and EtOH heated to 60 °C (water bath) for 40 min. The highest carotenoid content was observed in *Lel'* (31.73 mg%) and *Vodoley* (31.77 mg%) varieties, while the lowest content was observed in the *Zachat'ievsky* sample (11.93 mg%). The application of multiple solvents increases the reliability of determining carotenoids in plants for computational and experimental studies. The discovered range of their content can be used for description of promising forms during breeding works. In this way, new and beneficial for health varieties may emerge.

Keywords: *Prunus armeniaca*, fruit, carotenoids, extractant, UV-spectrophotometry

Acknowledgements. The authors are grateful to Cand. Sci. L.A. Kramarenko, Cand. Sci. N.S. Tsybulko and O.L. Enina for their help in preparing the experiment and presenting the results.

Funding. The work was carried out on the topic "Biological diversity of natural and cultural flora: fundamental and applied issues of study and conservation", state registration number 122042700002-6 (state task number 075-00745-22-01).

For citation: Semenova M.V., Kuklina A.G., Kondratieva V.V., Olekhovich L.S., Voronkova T.V. Carotenoid content in *Prunus armeniaca* L. apricot fruits depending on the extraction method. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2023;13(3):402-408. (In Russian). <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2023-13-3-402-408>. EDN: HWYQXA.

ВВЕДЕНИЕ

Каротиноиды – природные пигменты, синтезируемые в растениях. Они относятся к биологически активным веществам и обладают широким спектром фармакологических свойств. В организме человека каротиноиды повышают иммунитет, оказывают антиоксидантное, радиопротекторное и антиканцерогенное воздействие [1–3].

Плоды абрикоса (*Prunus armeniaca* L., Rosaceae) отличаются питательностью, обогащены жизненно важными природными веществами. Они содержат сахара, включающие глюкозу, фруктозу, мальтозу, рафинозу и сахарозу. В плодах имеются клетчатка, жиры и органические кислоты (яблочная, лимонная, винная, щавелевая, янтарная и малеиновая). Плоды содержат макро- и микроэлементы, в основном калий, фосфор, кальций, магний, в меньшей степени – железо, натрий, цинк, медь, марганец, селен, бор и др. [4–8]. По интенсивности окраски мякоти плодов абрикоса, подобно облепихе и тыкве, можно предполагать о наличии биологически активных веществ – каротиноидов [9–13].

Согласно литературным данным, содержание каротиноидов в плодах абрикоса значительно различается. При анализе гравиметрическим методом в плодах из средней полосы России отмечено 0,7–3,0 мг% каротиноидов [9]. Колориметрический метод определения на абрикосах в Орловской области показал наличие каротиноидов от 1,0 до 3,4 мг/100 г [14]. В сортах, культивируемых в Чехии, наличие каротиноидов варьирует от 0,44 до 1,4 мг/100 г сырого веса [5]. Анализ узбекских сортов показал содержание каротиноидов в пределах 0,7–1,7 мг/100 г; у плодов из Закарпатья – 1,4 мг% [13]. В литературе имеются сообщения о более высоком содержании каротиноидов. Сорта из Испании, анализируемые методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (HPLC), содержали 0,15–1,65 мг/100 г каротиноидов [15]. Приведенные выше результаты получены без указания методики или формулы расчета либо со ссылкой на другие источники.

В Турции у распространенных сортов абрикоса каротиноиды отмечены в диапазоне от 14,8 до 91,9 мг/100 г абсолютно сухой массы [16]. Согласно выводам А.Г. Курегяна, спектрографическое определение

каротиноидов с использованием одного растворителя недостаточно [1].

У абрикоса идентифицированы следующие каротиноиды: антраксантин, лютеин, зеаксантин, β -криптоксантин, 13-цис- β -каротин, транс- β -каротин, 9-цис- β -каротин и др. [11]. На примере плодов из Узбекистана показано, что β -каротин составляет до 60%, лютеин – 2,1%, зеаксантин – 0,7% от всей массы каротиноидов [13].

В середине XX века в Москве, в Главном ботаническом саду им. Н.В. Цицина РАН (ГБС РАН), был собран ценный генофонд абрикоса, отличающийся высоким разнообразием и хорошей зимостойкостью. На основе этого генофонда Л.А. Крамаренко [17–19] провела селекционную работу по выведению зимостойких сортов абрикоса, которые были включены в Госреестр селекционных достижений Российской Федерации: Айсберг, Водолей, Гвиани, Лель, Царский и др. Для дальнейшей работы необходимо понимать, в какой степени сорта насыщены каротиноидами, чтобы опираться на эти данные в селекционном отборе.

Цель работы состояла в количественном определении суммы каротиноидов в плодах абрикоса у сортов московской селекции. Задача изучения – сравнение различных методик экстракции растительного сырья, способствующих оптимальному определению суммы каротиноидов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В качестве объекта исследования использовали плоды абрикоса обыкновенного (*Prunus armeniaca*), относящиеся к сортам Айсберг, Водолей, Гвиани, Лель, Царский и Зачатьевский. Деревья в возрасте 25 лет произрастают в Москве (ул. Остоженка, на территории Зачатьевского женского монастыря). Образцы отбирали в августе 2022 года, по 20 плодов каждого сорта с деревьев в стадии технической зрелости, когда плоды достигли максимальных размеров, мякоть была плотная. Весь собранный материал очищали от семян и помещали в лабораторный сушильный шкаф ШС-40 (завод «Электродело», Россия) с принудительной конвекцией при температуре 60 °С, высушивая до остаточной влажности не более 20%. Результаты рассчитаны на единицу воздушно-сухой массы.

Экстракция каротиноидов. Для определения суммы каротиноидов в пересчете на β -каротин применялась методика¹ [20], модифицированная в лаборатории ГБС РАН. Экстракция растительного сырья проведена различными растворителями при разном температурном режиме. Известно, что каротиноиды растворяются в спирте различной концентрации, гексане, ацетоне и пр.^{1,2} [1, 20–22].

1 способ. В качестве экстрагента использовали 95%-й этанол. Навеску высушенного измельченного растительного материала массой 0,2 г растирали в фарфоровой ступке с 3 мл 96%-го этанола. Полученную смесь переносили в пробирку объемом 25 мл, добавляя к остатку в ступке новую порцию экстрагента (2–3 мл), затем доводили до 20 мл кипящим 96%-м этанолом. Пробирку с экстрактом закрывали пробкой и оставляли на 40 мин при комнатной температуре (20–23 °С), периодически встряхивая.

2 способ. В качестве экстрагента также применяли 96%-й этанол. Подготовку проб проводили аналогично способу 1. Пробирки с полученными экстрактами помещали на 40 мин в кипящую водяную баню, периодически встряхивая для смывания частиц сырья со стенок, закрывали пробкой. Затем образцы охлаждали до комнатной температуры.

В дальнейшем экстракты, полученные 1 и 2 способами, фильтровали в мерные колбы объемом 25 мл через бумажный фильтр (средний широкопористый; Filtrak 389, Германия), смоченный этанолом, доводя до метки.

3 способ. В качестве экстрагента применяли гексан. Навеску высушенного измельченного растительного материала массой 1 г растирали в фарфоровой ступке. Затем полученную смесь с небольшими порциями гексана переносили в мерную колбу объемом 250 мл. Продолжительность экстракции составляла 40 мин при комнатной температуре (20–23 °С). Фильтровали экстракт аналогично предыдущим способам.

УФ-спектрофотометрия. Измерения проводили на спектрофотометре Specol f300 (Analytik Jena, Германия) при длине волны 450 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. В качестве раствора сравнения использовали соответствующие экстрагенты (этанол 95%, гексан).

Содержание каротиноидов вычисляли по следующей формуле^{1,2} [20, 23]:

$$X = \frac{D \times V \times 100 \times 10}{a \times k},$$

где X – мг% в пересчете на β -каротин; D – оптическая плотность при определенной длине волны, нм; V – объем экстракта, мл; 100 – коэффициент пересчета в мг%; 10 – содержание β -каротина в 1 мл; a – масса навески, г; k – удельный показатель поглощения β -каротина. Для этанола k = 2500, для гексана k = 2592 при длине волны 450 нм.

Статистический анализ, выполненный в программе Microsoft Excel и PAST 4.10, позволил провести оценку

достоверности полученных значений, коэффициенты корреляции (r) и провести визуализацию данных при различных методах извлечения каротиноидов.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты, полученные экспериментально с экстрагентами – этанолом и гексаном, отражены на рис. 1. Отмечено, что более низкая экстракционная способность у этанола наблюдается при комнатной температуре. При использовании этанола с нагреванием до 60 °С в течение 40 мин содержание извлеченных пигментов было почти в 2 раза выше. Ранее на примере моркови было показано, что при нагревании этанола растворимость каротиноидов возрастает [24], что согласуется с нашими результатами. Однако если термический процесс длится более 1 ч, то происходит термодеструкция природных каротиноидов [24].

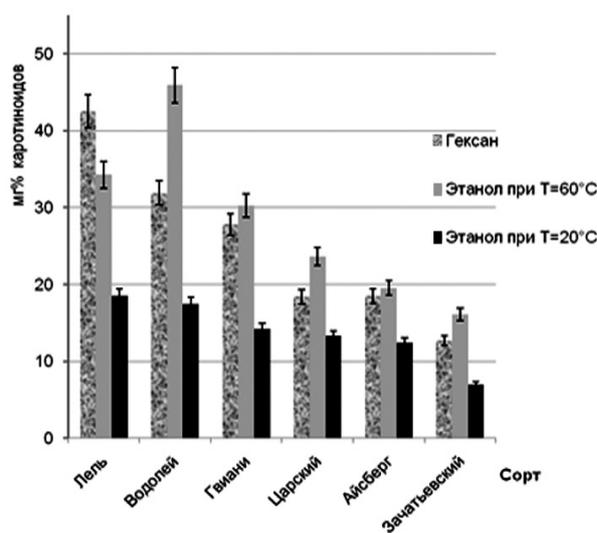


Рис. 1. Содержание каротиноидов в плодах абрикоса при экстракции различными способами (мг% воздушно-сухой массы). Стандартная ошибка: 1 способ – 4,46; 2 способ – 1,68; 3 способ – 4,45

Fig. 1. Carotenoids content in apricot fruits during extraction by various means (mg% air-dry mass). Standard error: 1 way – 4.46; 2 way – 1.68; 3 way – 4.45

По литературным данным содержание в высушенных плодах облепихи при извлечении горячим этанолом составляло от 16 до 55 мг% [20]. Сумма каротиноидов в плодах шиповника при экстракции гексаном варьировала от 10 до 74 мг% в пересчете на абсолютно сухое сырье, используемое для производства масла шиповника [21]. При экстракции гексаном при комнатной температуре содержание каротиноидов в абсолютно сухой массе спирулины составляло 20–40 мг% [22]. Данные анализа каротиноидов для сортов абрикоса в Турции (до 92 мг/100 г абсолютно сухой массы) [16] согласуются с нашими результатами.

¹Государственная фармакопея РФ. XIV издание. ФС 42-3192-95. Облепиховое масло (*Hipporhaes oleum*) [Электронный ресурс]. URL: <https://femb.ru/record/pharmacopea14> (02.03.2023).

²Государственная фармакопея РФ. XIV издание. ФС 2.5.01.06.18. Шиповника плоды (*Rosae fructus*) [Электронный ресурс]. URL: <https://femb.ru/record/pharmacopea14> (02.03.2023).

Таким образом, содержание каротиноидов в плодах абрикоса, полученное в итоге нашей работы и составившее в зависимости от сорта и используемого экстрагента от 12 до 32 мг% в пересчете на воздушно-сухую массу, сопоставимо с данными, приводимыми в литературе при использовании методик Государственной фармакопеи РФ^{1,2}.

В опыте О.В. Тринеевой и А.И. Сливкиной [20] для плодов облепихи наиболее полная экстракция каротиноидов достигается при использовании в качестве растворителя этанола и гексана, что вполне согласуется с полученными результатами. В нашем эксперименте в условиях экстракции гексаном (коэффициент вариации CV=43,2%) и 96%-м этанолом при нагревании в течение 40 мин на водяной бане (CV=38,6%) получены максимальные показатели каротиноидов. В опыте с использованием этанола при комнатной температуре значения суммы каротиноидов меньше (CV=29,7%).

При различных методах извлечения сохраняется зависимость количественного содержания каротиноидов от сорта (только у сорта Водолей при нагревании этанола отмечено увеличение содержания каротиноидов). На наш взгляд, оптимальный способ определения суммы каротиноидов в мякоти высушенных плодов абрикосов – экстракция 96%-м этанолом. Этиловый спирт имеет преимущества безопасности по сравнению с гексаном, хотя оба растворителя могут использоваться для экстракции каротиноидов из плодов абрикоса.

Данные наблюдений и результаты эксперимента показывают, что плоды сортов абрикоса можно отнести к ценным каротиноидосодержащим продуктам. Характеристика сорта Лель: плоды массой до 15,2 г, кожица и мякоть оранжевая. При экстракции тремя способами сумма каротиноидов составляет $31,73 \pm 7,04$ мг% (CV=38,4%). Сорт Водолей является сеянцем сорта Лель, имеет плоды массой до 13,7 г, желтые, иногда с розовым бочком. Сумма каротиноидов тем же способом составляет $31,77 \pm 8,20$ мг% (CV=44,7%). Сорт Гвиани: плоды массой 16,6 г, кожица оранжевая с ярко-розовым бочком. Сумма каротиноидов – $24,07 \pm 4,98$ мг% (CV=35,8%). Сорт Царский: плоды массой до 24 г, желтые с невыраженным румянцем. Сумма каротиноидов – $18,43 \pm 2,97$ мг% (CV=27,9%). Сорт Айсберг: плоды массой 15,8 г, желтовато-оранжевые. Сумма каротиноидов – $16,80,4 \pm 2,22$ мг% (CV=22,9%). Сорт Зачатьевский не зарегистрирован в Госреестре РФ. Плоды массой 11,3 г, желто-оранжевые. Сумма каротиноидов – $11,93 \pm 2,65$ мг% (CV=38,5%).

На рис. 2 проведена визуализация результатов в программе PAST (методом Barchart) для усреднения данных по экстракции тремя использованными способами, отражающими характеристику сортов абрикоса по содержанию каротиноидов.

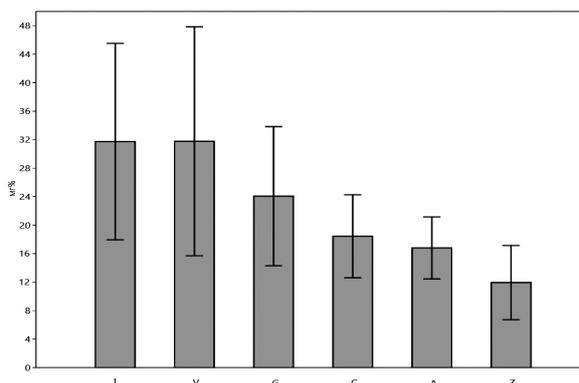


Рис. 2. Визуализация результатов экстракции каротиноидов (мг% воздушно-сухой массы) с использованием трех методов извлечения у сортов Лель (L), Водолей (V), Гвиани (G), Царский (C), Айсберг (A) и Зачатьевский (Z)

Fig. 2. Visualization of carotenoid extraction results (mg% air-dry weight) using three methods extraction in apricot varieties Lel (L), Aquarius (V), Gviani (G), Tsarsky (C), Iceberg (A) and Zachatievsky (Z)

При вычислении коэффициентов корреляции отмечены высокие значения r – от 0,784 до 0,912, показывающие взаимосвязь трех методов извлечения каротиноидов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В расчетно-экспериментальных исследованиях использование нескольких растворителей позволяет повысить достоверность определения значений суммы каротиноидов в растительных объектах. При экстракции 96%-м этанолом с нагреванием на водяной бане отмечены максимальные показатели, что указывает на более полное извлечение каротиноидов из плодов абрикоса. В качестве оптимальных способов извлечения каротиноидов можно рекомендовать экстракцию гексаном и этанолом с последующим экстрагированием в течение 40 мин.

Наиболее высокое содержание каротиноидов отмечено у сортов Лель ($31,73$ мг% воздушно-сухой массы) и Водолей ($31,77$ мг% воздушно-сухой массы), наименьшее – у отборного образца Зачатьевский ($11,93$ мг% воздушно-сухой массы). Выявленный диапазон содержания каротиноидов может быть полезен для характеристики и описания перспективных форм при проведении селекционной работы, направленной на получение новых сортов, обладающих полезными качествами для здоровья.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Курегян А.Г. Спектрофотометрия в анализе каротиноидов // *Фундаментальные исследования*. 2015. N 2. С. 5166–5172. EDN: TWTATZ.
2. Шашкина М.Я., Шашкин П.Н., Сергеев А.В. Роль каротиноидов в профилактике наиболее распространенных заболеваний // *Российский биотерапевтический журнал*. 2010. Т. 9. N 1. С. 77–86. EDN: QZSLDL.
3. Katayama S., Ogawa H., Nakamura S. Apricot ca-

rotenoids possess potent anti-amyloidogenic activity in vitro // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2011. Vol. 59, no. 23. P. 12691–12696. <https://doi.org/10.1021/jf203654c>.

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. P. 175–189.

5. Göttingerová M., Kumšta M., Rampáčková E., Kiss T., Nečas T. Analysis of phenolic compounds and some important analytical properties in selected apricot genotypes // *HortScience*. 2021. Vol. 56, no. 11. P. 1446–1452. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI16139-21>.
6. Lee D.S., Woo S.K., Yang C.B. Studies on the chemical composition of major fruits in Korea-On non-volatile organic acid and sugar contents of apricot (maesil), peach, grape, apple and pear and its seasonal variation // *Korean Journal of Food Science and Technology*. 1972. Vol. 4, no. 2. P. 134–139.
7. Stryjecka M., Kiełtyka-Dadasiewicz A., Michalak M., Rachoń L., Glowacka A. Chemical composition and antioxidant properties of oils from the seeds of five apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars // *Journal of Oleo Science*. 2019. Vol. 68, no. 8. P. 729–738. <https://doi.org/10.5650/jos.ess19121>.
8. Witherspoon J.M., Jackson J.F. Analysis of fresh and dried apricot // *Modern Methods of Plant Analysis*. 1995. Vol. 18. P. 111–131. https://doi.org/10.1007/978-3-642-79660-9_7.
9. Акимов М.Ю., Бессонов В.В., Коденцова В.М., Элмер К.И., Вржесинская О.А., Бекетова Н.А. [и др.]. Биологическая ценность плодов и ягод российского производства // *Вопросы питания*. 2020. Т. 89. N 4. С. 220–232. EDN: UOQQLM. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10055>.
10. Сапарклычева С.Е. Содержание каротина (провитамина А) в растениях и его физиологическая значимость // *Аграрное образование и наука*. 2021. N 3. С. 4–9. EDN: YXWWAU.
11. Fratiani A., Albanese D., Mignogna R., Cinquanta L., Panfili G., Di Matteo M. Degradation of carotenoids in apricot (*Prunus armeniaca* L.) during process // *Plant Foods for Human Nutrition*. 2013. Vol. 68. P. 241–246. <https://doi.org/10.1007/s11130-013-0369-6>.
12. Голубкина Н.А., Химич Г.А., Антошкина М.С., Плотникова У.Д., Надежкин С.М., Коротцева И.Б. Особенности каротиноидного состава тыквы 'Конфетка', перспективы использования // *Овощи России*. 2021. N 1. С. 111–116. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-1-111-116>.
13. Кудрицкая С.Е. Каротиноиды плодов и ягод. Киев: Высшая школа, 1990. 211 с.
14. 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*. Жилина: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, 2013. С. 73–78.
15. 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. P. 6368–6374. <https://doi.org/10.1021/jf0480703>.
16. Akin E.B., Karabulut I., Topcu A. Some compositional properties of main Malatya apricot (*Prunus armeniaca* L.) varieties // *Food Chemistry*. 2008. Vol. 107, no. 2. P. 939–948. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.052>.
17. Скворцов А.К., Крамаренко Л.А. Абрикос в Москве и Подмосковье. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. 188 с.
18. Kramarenko L.A. Withstanding of Moscow apricots under extremely low (winter 2006) and extremely high (winter 2006-07) temperatures // *Acta Horticulturae*. 2010. Vol. 862. P. 453–458. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.862.70>.
19. Kramarenko L.A. Formation of the apricot's cultigenous range // *Skvortsovia*. 2017. Vol. 3, no. 2. P. 72–75.
20. Тринеева О.В., Сливкин А.И. Валидация методики определения каротиноидов в плодах облепихи различными способами консервации // *Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация*. 2016. N 2. С. 145–151.
21. Куркин В.А., Шарова О.В., Афанасьева П.В. Совершенствование методики количественного определения суммы каротиноидов в сырье «Шиповника плоды» // *Химия растительного сырья*. 2020. N 3. С. 131–138. EDN: WWBCXM. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020036093>.
22. Первушкин С.В., Куркин В.А., Воронин А.В., Сохина А.А., Шаталаев И.Ф. Методики идентификации различных пигментов и количественного спектрофотометрического определения суммарного содержания каротиноидов и белка в фитомассе *Spirulina platensis* (Nords.) Geitl. // *Растительные ресурсы*. 2002. Т. 38. N 1. С. 112–119.
23. Lichtenthaler H.K. 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).
24. Болотов В.М., Черепнин В.С., Жеребцов В.А., Киселева Е.В. Химическая модификация природных каротиноидов растительного сырья // *Известия вузов. Пищевая технология*. 1996. N 1-2. С. 19–22. EDN: QBLHRH.

REFERENCES

1. Kuregyan A.G. The spectrophotometry in analysis of carotenoids. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2015;(2):5166-5172. (In Russian). EDN: TWTATZ.
2. Shashkina M.Y., Shashkin P.N., Sergeev A.V. Carotenoids in human health and prevention of diseases. *Rossiiskii bioterapevticheskii zhurnal = Russian Journal of Biotherapy*. 2010;9(1):77-86. (In Russian). EDN: QZSLDL.
3. Katayama S., Ogawa H., Nakamura S. Apricot carotenoids possess potent anti-amyloidogenic activity in vitro. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2011;59(23):12691-12696.
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;16(1):175-189.
5. Göttingerová M., Kumšta M., Rampáčková E., Kiss T., Nečas T. Analysis of phenolic compounds and some important analytical properties in selected apricot genotypes. *HortScience*. 2021;56(11):1446-1452. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI16139-21>.
6. Lee D.S., Woo S.K., Yang C.B. Studies on the chemical composition of major fruits in Korea-

On non-volatile organic acid and sugar contents of apricot (maesil), peach, grape, apple and pear and its seasonal variation. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 1972;4(2):134-139.

7. Stryjecka M., Kiełtyka-Dadasiewicz A., Michalak M., Rachoń L., Głowacka A. Chemical composition and antioxidant properties of oils from the seeds of five apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars. *Journal of Oleo Science*. 2019;68(8):729-738.
<https://doi.org/10.5650/jos.ess19121>.

8. Witherspoon J.M., Jackson J.F. Analysis of fresh and dried apricot. *Modern Methods of Plant Analysis*. 1995;18:111-131.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-79660-9_7.

9. Akimov M.Yu., Bessonov V.V., Kodentsova V.M., Eller K.I., Vrzhesinskaya O.A., Beketova N.A., et al. Biological value of fruits and berries of Russian production. *Vo-prosy pitaniya = Problems of Nutrition*. 2020;89(4):220-232. (In Russian). EDN: UOQQLM.
<https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10055>.

10. Saparklycheva S.E. The content of carotene (provitamin A) in plants and its physiological significance. *Agrarnoe obrazovanie i nauka*. 2021;(3):4-9. (In Russian). EDN: YXWWAU.

11. Fratianni A., Albanese D., Mignogna R., Cinquanta L., Panfili G., Di Matteo M. Degradation of carotenoids in apricot (*Prunus armeniaca* L.) during process. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2013;68:241-246.
<https://doi.org/10.1007/s11130-013-0369-6>.

12. Golubkina N.A., Khimich G.A., Antoshkina M.S., Plotnikova U.D., Nadezhkin S.M., Korottseva I.B. Features of the carotenoid composition of pumpkin 'Konfetka', prospects for use. *Ovoshchi Rossii = Vegetable crops of Russia*. 2021;(1):111-116. (In Russian).
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-1-111-116>.

13. Kudritskaya S.E. *Carotenoids of fruits and berries*. Kiev: Vysshaya shkola, 1990. 211 p. (In Russian).

14. Makarkina M.A., Dzhigadlo E.N., Pavel A.R., Sokolova S.E., Popkova A.A. Evaluation of apricot varieties by the chemical composition of fruits grown in the conditions of central Russia. In: *Breeding, genetics and varietal agricultural technology of fruit crops*. Zhilina: Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut selektsii plodovykh kul'tur; 2013, p. 73-78. (In Russian).

15. 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;53(16):6368-6374.
<https://doi.org/10.1021/jf0480703>.

16. Akin E.B., Karabulut I., Topcu A. Some compositional properties of main Malatya apricot (*Prunus armeniaca* L.) varieties. *Food Chemistry*. 2008;107(2):939-948.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.052>.

17. Skvortsov A.K., Kramarenko L.A. *Apricot in Moscow and Moscow region*. Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK; 2007, 188 p. (In Russian).

18. Kramarenko L.A. Withstanding of Moscow apricots under extremely low (winter 2006) and extremely high (winter 2006-07) temperatures. *Acta Horticulturae*. 2010;862:453-458.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.862.70>.

19. Kramarenko L.A. Formation of the apricot's cultigenous range. *Skvortsovia*. 2017;3(2):72-75.

20. Trineeva O.V., Slivkin A.I. Validation of the method for determining carotenoids in sea buckthorn fruits of various preservation methods. *Vestnik VGU. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya = Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*. 2016;(2):145-151. (In Russian).

21. Kurkin V.A., Sharova O.V., Afanaseva P.V. Improving the method of quantitative determination of the amount of carotenoids in the raw material "Rosehip fruit". *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 2020;(3):131-138. (In Russian). EDN: WWBCXM.
<https://doi.org/10.14258/jcprm.2020036093>.

22. Pervushkin S.V., Kurkin V.A., Voronin A.V., Sokhina A.A., Shatalaev I.F. Methods for identification of various pigments and quantitative spectrophotometric determination of the total content of carotenoids and protein in the phytomass of *Spirulina platensis* (Nords.) Geit. *Rastitel'nye resursy*. 2002;38(1):112-119. (In Russian).

23. Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*. 1987;148:350-382.
[https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1).

24. Bolotov V.M., Cherepnin V.S., Zherebtsov V.A., Kiseleva E.V. Chemical modification of natural carotenoids of vegetable raw materials. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya = Izvestiya Vuzov. Food Technology*. 1996;(1-2):19-22. (In Russian). EDN: QBLHRH.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Семенова Мария Владимировна,
к.б.н., научный сотрудник,
Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина
РАН,
127276, г. Москва, ул. Ботаническая, 4,
Российская Федерация,
✉ sem_ma@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4627-0802>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Maria V. Semenova,
Cand. Sci. (Biology), Researcher,
N.V. Tsitsin Main Botanical Garden RAS,
4, Botanic St., Moscow, 127276,
Russian Federation,
✉ sem_ma@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4627-0802>

Куклина Алла Георгиевна,
к.б.н., ведущий научный сотрудник,
Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН,
127276, г. Москва, ул. Ботаническая, 4,
Российская Федерация,
alla_gbsad@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9783-7776>

Alla G. Kuklina,
Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher,
N.V. Tsitsin Main Botanical Garden RAS,
4, Botanic St., Moscow, 127276,
Russian Federation,
alla_gbsad@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9783-7776>

Кондратьева Вера Валентиновна,
к.б.н., старший научный сотрудник,
Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН,
127276, г. Москва, ул. Ботаническая, 4,
Российская Федерация,
verbena_20@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3934-9288>

Vera V. Kondratieva,
Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher,
N.V. Tsitsin Main Botanical Garden RAS,
4, Botanic St., Moscow, 127276,
Russian Federation,
verbena_20@mail.ru
<https://orcid.org/0000-003-3932-9288>

Олехнович Людмила Сергеевна,
младший научный сотрудник,
Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН,
127276, г. Москва, ул. Ботаническая, 4,
Российская Федерация,
mila.oleh@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3230-0038>

Lydmila S. Olekhnovich,
Junior Researcher,
N.V. Tsitsin Main Botanical Garden RAS,
4, Botanic St., Moscow, 127276,
Russian Federation,
mila.oleh@mail.ru
<https://orcid.org/0000-002-3230-0038>

Воронкова Татьяна Владимировна,
к.б.н., старший научный сотрудник,
Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН,
127276, г. Москва, ул. Ботаническая, 4,
Российская Федерация,
winterness@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6112-271X>

Tatiana V. Voronkova,
Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher,
N.V. Tsitsin Main Botanical Garden RAS,
4, Botanic St., Moscow, 127276,
Russian Federation,
winterness@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6112-271X>

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Информация о статье

Поступила в редакцию 27.03.2023.
Одобрена после рецензирования 28.06.2023.
Принята к публикации 31.08.2023.

Information about the article

The article was submitted 27.03.2023.
Approved after reviewing 28.06.2023.
Accepted for publication 31.08.2023.