

ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ

Научная статья
УДК 581.19:634.11
DOI: 10.30901/2227-8834-2026-1-08



Биохимическая характеристика качества плодов субтропических плодовых культур методом капиллярного электрофореза

Н. Б. Платонова, В. А. Кунина

Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук», Сочи, Россия

Автор, ответственный за переписку: Наталия Борисовна Платонова, natali1875@bk.ru

Актуальность. Оценка качества плодов на основе анализа биохимических маркеров методом капиллярного электрофореза представляет собой перспективное направление аналитических исследований. Данный метод обеспечивает высокую разрешающую способность при анализе многокомпонентных смесей (органических кислот, сахаров) с минимальными затратами реагентов. Его применение необходимо для создания конкурентоспособных сортов субтропических культур, адаптированных к российским эколого-климатическим условиям и способных заместить импортную продукцию.

Материалы и методы. Исследования проводили на 5 сортах персика, 3 сортах нектарина, 5 сортах фейхоа и 5 сортах актинидии. Плоды отобраны в стадии потребительской зрелости. Определение органических кислот и сахаров выполнено методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель-105М» (кварцевый капилляр 75 мкм) с детекцией в проточном режиме и обработкой данных с использованием программного обеспечения «Эльфран».

Результаты и заключение. Выявлены значительные межсортовые различия по содержанию анализируемых показателей. У персика сорта 'Редхавен' отмечен сбалансированный кислотный профиль (яблочная кислота – 4,28, лимонная – 4,78 мг/г), а у сорта 'Осенний Румянец' – максимальное суммарное содержание сахаров (198,56 мг/г). Максимальное суммарное содержание сахаров также показал нектарин сорта 'Обильный' (195,61 мг/г). У фейхоа сорта 'Суперба' выявлено максимальное содержание сахарозы (101,70 мг/г), а у сорта 'ШВ-07' – моносахаридов. В сортах актинидии 'Апсны' и 'Победитель' преобладали фруктоза и глюкоза, а у сорта 'Отхара' обнаружено максимальное суммарное содержание сахаров среди сортов актинидии (217,41 мг/г). Капиллярный электрофорез подтвердил эффективность как основной метод для скрининга биохимических маркеров. Полученные данные создают научную основу для селекции сортов с улучшенными вкусовыми свойствами и питательной ценностью в условиях российских субтропиков.

Ключевые слова: «Капель-105М», органические кислоты, сахара, персик, нектарин, актинидия, фейхоа

Благодарности: публикация подготовлена в рамках реализации государственного задания Федерального исследовательского центра «Субтропический научный центр Российской академии наук» № FGRW-2025-0005 «Фундаментальные закономерности биохимических процессов при трансформации сырья субтропического растениеводства», регистрационный номер 125071808812-9.

Для цитирования: Платонова Н.Б., Кунина В.А. Биохимическая характеристика качества плодов субтропических плодовых культур методом капиллярного электрофореза. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2026;187(1):21-29. DOI: 10.30901/2227-8834-2026-1-08

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы. Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы.

STUDYING AND UTILIZATION OF PLANT GENETIC RESOURCES

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2026-1-o8

Biochemical quality profiling of subtropical fruit crops by capillary electrophoresis

Natalia B. Platonova, Viktoria A. Kunina

*Subtropical Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Sochi, Russia***Corresponding author:** Natalia B. Platonova, natali1875@bk.ru

Background. Fruit quality assessment based on the analysis of biochemical markers using capillary electrophoresis is a promising field of analytical research. This method provides high resolution when analyzing multicomponent mixtures (organic acids, sugars, etc.) with minimal reagent consumption. Its application is essential for the development of competitive subtropical fruit crop cultivars adapted to Russian environments and capable of replacing imported produce.

Materials and methods. The study was conducted on 5 cultivars of peach, 3 of nectarine, 5 of feijoa, and 5 of *Actinidia*. Fruits were sampled in the commercial maturity stage. Quantification of organic acids and sugars was performed by capillary electrophoresis using a Kapel-105M system (75 μ m quartz capillary) with flow-through detection and data processing using the Elf-oran software.

Results and conclusion. Significant intervarietal differences were revealed the content of the analyzed compounds. The peach cv. 'Redhaven' demonstrated a balanced acid profile (4.28 mg/g of malic acid, and 4.78 of citric acid), while cv. 'Osenniy Rumyanets' had the highest total sugar content (198.56 mg/g). The nectarine cv. 'Obilny' also showed the maximum total sugar content (195.61 mg/g). The feijoa cv. 'Superba' had the highest sucrose content (101.70 mg/g), and cv. 'SHV-07' the maximum of monosaccharides. Fructose and glucose predominated in cvs. 'Apsny' and 'Pobeditel' of *Actinidia*, while cv. 'Otkhara' contained the maximum of total sugars among *Actinidia* cultivars (217.41 mg/g). Capillary electrophoresis proved effective as a primary method for screening biochemical markers. The data obtained provided a scientific basis for breeding fruit cultivars with improved flavor and nutritional value in Russia's subtropical climate.

Keywords: Kapel-105M, organic acids, sugars, peach, nectarine, *Actinidia*, feijoa

Acknowledgments: the publication was prepared within the framework of the state task assigned to the Subtropical Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, No. FGRW-2025-0005 "Fundamental patterns of biochemical processes in the transformation of raw materials of subtropical plant production", registration number 125071808812-9.

For citation: Platonova N.B., Kunina V.A. Biochemical quality profiling of subtropical fruit crops by capillary electrophoresis. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2026;187(1):21-29. (In Russ.). DOI: 10.30901/2227-8834-2026-1-o8

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work. The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors or their employers.

Введение

Основная цель возделывания отечественных субтропических плодовых культур – это импортозамещение и обеспечение продовольственной безопасности, состоящей в создании условий для производства экологически чистой продукции. Плоды данных культур содержат большое количество полезных веществ, которые необходимы для нормального функционирования и оздоровления организма человека – пищевых волокон (пектины, гемицеллюлоза), органических кислот (лимонная, яблочная, винная), моно- и дисахаридов (сахароза, глюкоза, фруктоза), витаминов (аскорбиновая кислота, каротиноиды, токоферолы, фолаты), макро- и микроэлементов (калий, магний, железо, цинк, селен) и биологически активных соединений (флавоноиды, антоцианы, танины, терпеноиды) (Richter, Shoferistov, 2009; Pokhrel et al., 2019). Биохимический профиль субтропических плодов обусловлен спецификой агроэкологических условий зон их возделывания, характеризующихся высокой инсоляцией и суммой активных температур. Систематическое употребление в пищу такой продукции способствует снижению риска развития ряда заболеваний, включая сердечно-сосудистые патологии, благодаря высокой антиоксидантной активности и иммуномодулирующим свойствам содержащихся в плодах биоактивных веществ (Egemin et al., 2002; Boeing et al., 2012; Liu, 2013; Phan et al., 2019). Таким образом, культивирование субтропических культур направлено на участие в государственных программах здорового питания и расширение ассортимента потребляемых населением продуктов. Поэтому развитие и изменение современного агропромышленного сектора ставит перед исследователями задачу создания сортов с высокими показателями качества, определяющими их конкурентоспособность.

В настоящий момент российский рынок сельскохозяйственной продукции характеризуется преобладанием импортных тропических и субтропических плодовых культур, качественные параметры которых зачастую не соответствуют установленным стандартам. Решение этой проблемы возможно за счет увеличения объема производства данных культур на территории Российской Федерации, в частности во влажной субтропической зоне Черноморского побережья, а также в Республике Абхазии. Успешная работа в этом направлении проводится Федеральным исследовательским центром «Субтропический научный центр Российской академии наук» (ФИЦ СЦ РАН), в генетической коллекции которого поддерживается более 500 сортообразцов субтропических культур (Omarov et al., 2020; Ryndin et al., 2021a, b).

Научными сотрудниками центра непрерывно ведутся комплексные исследования селекционного, агрономического и физиолого-биохимического направлений (Ayba, 2001; Besedina, Tutberidze, 2011; Abilfazova, 2021; Abilfazova et al., 2023; Batashova et al., 2024). Для оптимизации селекционного процесса возникла необходимость создания базы данных биохимических маркеров, содержащихся в спелых плодах перспективных сортов плодовых культур, адаптированных к эколого-климатическим условиям российских влажных субтропиков России и Республики Абхазии.

Для определения биохимических характеристик качества плодов одним из наиболее совершенных аналитических методов детектирования, отличающимся не только скоростью выполнения, но и высокой точностью полученных результатов, является метод капиллярного

электрофореза (Komarova, Kamentsev, 2006; Zipaev et al., 2017, 2020; Batashova et al., 2024). Данный метод был выбран для проведения исследований в силу его высокой разрешающей способности при разделении многокомпонентных смесей. Это позволяет определять даже близкие по свойствам вещества в условиях буферного электролита, заполняющего кварцевый капилляр, под воздействием приложенного электрического поля с последующей детекцией аналитов в режиме проточного анализа. Приложение высокого напряжения (до 30 кВ) к электродам капилляра индуцирует электроосмотический поток, в результате которого компоненты пробы мигрируют с разной скоростью, определяемой величиной заряда. Разделение компонентов пробы осуществляется в форме дискретных зон, которые регистрируются детектором последовательно в зависимости от времени их миграции, обусловленной различиями в электрофоретической подвижности аналитов. Качественная идентификация веществ осуществляется по времени их миграции, тогда как количественная оценка – по высоте и площади пиков, коррелирующих с концентрацией соединений в образце (Komarova, Kamentsev, 2006).

Использование современных методов в оценке биохимических качеств плодов позволяет расширить и обновить комплекс определяемых показателей как в уже имеющимся видовом составе, так и для вновь интродуцированных сортов, пополняющих коллекционный фонд ФИЦ СЦ РАН и Государственного научного учреждения «Институт сельского хозяйства Академии наук Абхазии» (ГНУ ИСХ АНА).

Цель данной работы – на примере выбранных сортов четырех видов субтропических культур показать эффективность применения метода капиллярного электрофореза для количественного определения биохимических маркеров качества плодов (органических кислот и сахаров) с последующей идентификацией перспективных сортов, адаптированных к условиям российских субтропиков и способных заместить импортную продукцию.

Материалы и методы

Материалом для проведения биохимической характеристики качества плодов послужили сортообразцы перспективных плодовых культур из генетических коллекций ФИЦ СЦ РАН (персик, нектарин, фейхоа) и ГНУ ИСХ АНА (актинидия) (таблица).

Плоды персика, нектарина и фейхоа были отобраны в 2024 г. с коллекционно-опытных насаждений ФИЦ СЦ РАН (г. Сочи, Россия), расположенных на склоне северо-западной экспозиции на высоте 115–132 м над уровнем моря (крутизна склона – 10–15°; удаление от моря – 2 км). Почва на этих участках бурая лесная, тяжелосуглинистая. Метеорологические условия 2024 г. характеризовались аномально теплой погодой с дефицитом осадков. В зимне-весенний период (январь – апрель) температура устойчиво превышала среднегодовое значение на +1,3...+4,5°C. Летом также сохранялся положительный температурный фон (отклонение от нормы – до +2,3°C), при этом июнь и июль были засушливыми (количество осадков в июне составило лишь 2% от нормы). Плоды актинидии, выращенные на коллекционных участках ГНУ ИСХ АНА (г. Сухум, Республика Абхазия), также были отобраны в 2024 г. Посадки расположены на бурых лесных слабокислых почвах предгорной зоны. По данным метеонаблюдений, 2024 г. характеризовался устойчи-

Таблица. Список опытных образцов субтропических плодовых культур из коллекций Субтропического научного центра РАН и Института сельского хозяйства Академии наук Абхазии**Table.** List of experimental samples of subtropical fruit crops from the collections of the Subtropical Scientific Center of the Russian Academy of Sciences and the Institute of Agriculture of the Academy of Sciences of Abkhazia

Сорт / Cultivar	Происхождение / Origin
Персик	
‘Редхаве’ (контроль)	США
‘Пятница 13’	Россия
‘Память Симиренко’	Россия
‘Золотой Юбилей’	США
‘Осенний Румянец’	Россия
Нектарин	
‘Silver Roma’ (контроль)	Италия
‘Обильный’	Узбекистан
‘Орион’	Италия
Фейхоа	
‘Суперба’ (контроль)	США
‘Дачная’	Россия
‘Сентябрьская’	Россия
‘Д-1’	Россия
‘ШВ-07’	Россия
Актинидия	
‘Победитель’ (контроль)	Абхазия
‘Отхара’	Абхазия
‘Апсны’	Абхазия
‘Тулрипшский’	Абхазия
‘Слава’	Абхазия

вым положительным термическим фоном (аномалия +1.5...+3.5°C) и неравномерным распределением осадков. Отмечены весенний дефицит осадков (< 40% от нормы) и летняя засуха (июнь – 25% от нормы) на фоне повышенных температур (аномалия до +2.5°C). Для опыта плоды отбирались в период массового сбора урожая, однородные, свежие, здоровые, в стадии товарной зрелости, без дефектов, с характерными сортовыми признаками.

Аналитические исследования проведены с помощью системы капиллярного электрофореза на приборе «Капель-105М» (ООО «Люмэкс-Маркетинг», Россия) со следующими характеристиками: кварцевый капилляр (внутренний диаметр – 75 мкм), эффективная длина – 0,6 м, жидкостное термостатирование. Анализ заключался в экстрагировании соединений из образцов сока, последующем осветлении полученных экстрактов центрифугированием и их определении с применением фонового электролита в соответствии с рекомендациями компании-разработчика (ООО «Люмэкс-Маркетинг»). Обработка результатов анализов выполнена с помощью программного обеспечения «Эльфран» по совпадению времени миграции компонентов в пробе и контрольной сме-

си при ширине окна идентификации 5% (Komarova, Kametsev, 2006).

Биохимические исследования выполнены с использованием оборудования лаборатории биосинтетических процессов преобразования растительного сырья ФИЦ СЦЦ РАН.

Результаты и обсуждение

Критериями оценки качества плодов выступает содержание в них органических кислот и сахаров, которые служат ключевыми маркерами при идентификации ценных генотипов для селекции. В связи с этим в рамках научных исследований нами была проведена серия анализов для отбора образцов с наиболее сбалансированным биохимическим профилем. Проведенный анализ литературных данных показал ограниченную возможность прямого сопоставления полученных результатов с исследованиями других авторов. Это связано с применением в существующих работах либо иных методических подходов, преимущественно традиционных, либо метода капиллярного электрофореза, но на других плодовых культурах, таких как виноград, яблоня, груша и другие.

Выбранный нами подход позволит получить сопоставимые данные для последующей селекционной работы с исследуемыми культурами.

Так, в образцах плодов персика обнаружены следующие органические кислоты: винная, яблочная, молочная, янтарная, лимонная и щавелевая. Установлено, что больше всего в плодах всех изученных сортов персика содержится яблочной и лимонной кислот (рис. 1). Яблочная кислота обеспечивает характерную кислотность, тогда как лимонная вносит вклад в формирование свежего, сбалансированного послевкуся. Концентрации данных кислот варьируют в зависимости от сортовых особенностей, степени зрелости плодов и агроклиматических условий выращивания.

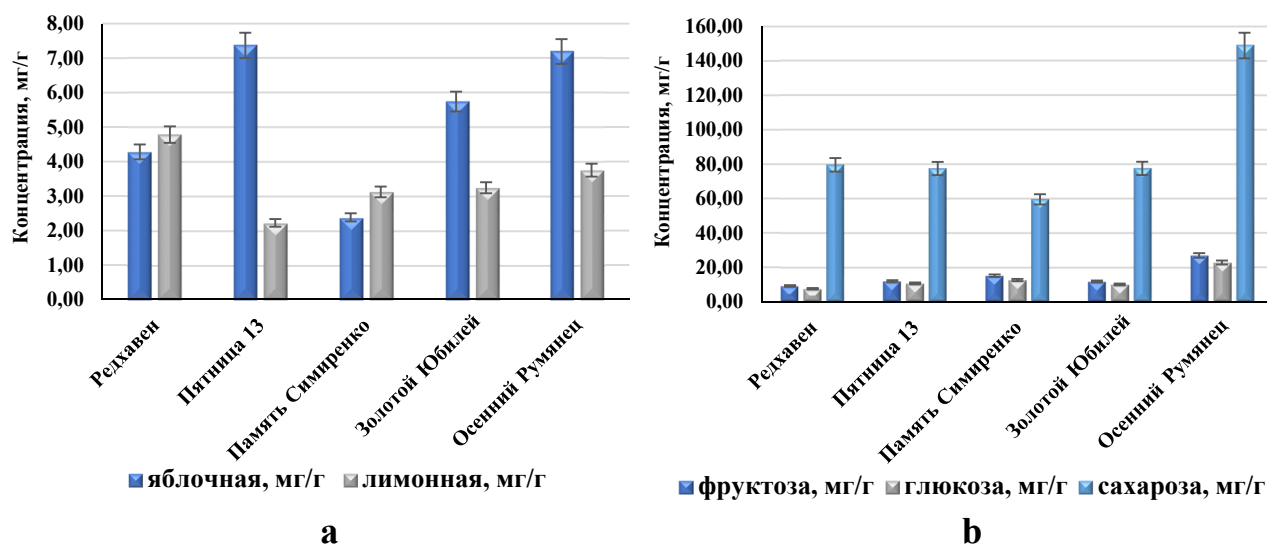


Рис. 1. Содержание основных органических кислот (а), моно- и дисахаров (б) в плодах персика по сортам
Fig. 1. The content of major organic acids (a) and mono- and disaccharides (b) in peach fruits differing by cultivar

Максимальные значения содержания яблочной кислоты зафиксированы у сортов 'Пятница 13' (7,37 мг/г) и 'Осенний Румянец' (7,19 мг/г), тогда как минимальный уровень отмечен у сорта 'Память Симиренко' (2,38 мг/г). Примечательно, что сорт 'Пятница 13', отличающийся высоким содержанием яблочной кислоты, одновременно характеризуется самым низким содержанием лимонной кислоты (2,22 мг/г), что свидетельствует о выраженном дисбалансе органических кислот в его биохимическом профиле. В контрольном сорте 'Редхавен' установлены близкие количественные показатели яблочной (4,28 мг/г) и лимонной (4,78 мг/г) кислот, формирующие гармоничный вкусовой комплекс.

Данные, представленные на графике, демонстрируют выраженные сортовые различия по содержанию растворимых сахаров. Их содержание и состав являются одними из ключевых биохимических параметров, определяющих органолептические свойства (вкус, аромат, текстуру) плодов. Наибольшей сладостью характеризуются плоды с преобладанием фруктозы, что связано с высоким коэффициентом сладости данного моносахарида. Плоды с преобладанием сахарозы характеризуются классическим сбалансированным сладким вкусом, с преобладанием глюкозы – менее выраженной сладостью, но зато служат быстрым источником энергии для организма.

На фоне образцов, характеризующихся средними показателями, выделяется сорт 'Осенний Румянец', демонстрирующий самое высокое содержание всех фракций

углеводов (фруктоза – 26,88 мг/г, глюкоза – 22,78 мг/г, сахароза – 148,90 мг/г), что создает сложный и интенсивный сладкий профиль. Сорт 'Память Симиренко' показал самое низкое содержание сахарозы (59,49 мг/г) среди всех изученных сортов, что повлияло на характер слабого сахаронакопления. Сорта 'Редхавен', 'Пятница 13', 'Золотой Юбилей' продемонстрировали сходный биохимический профиль сахаров: умеренное общее содержание и высокая доля сахарозы, что обеспечивает гармоничный вкус.

Тот же комплекс биохимических анализов был проведен для плодов нектарина (рис. 2).

Во всех исследованных сортах содержание лимонной кислоты существенно превосходит содержание яблоч-

ной (см. рис. 2, а). Сорт 'Орион' выделяется максимальным содержанием обеих кислот (8,65 мг/г и 5,07 мг/г соответственно). Сорт 'Обильный' характеризуется минимальным содержанием яблочной кислоты (4,11 мг/г), но высоким – лимонной (8,41 мг/г). Сорт 'Silver Roma' (контроль) демонстрирует наименьшие показатели по содержанию лимонной кислоты (8,00 мг/г). Таким образом, статистически значимых межсортовых различий в содержании органических кислот выявлено не было.

Проведенный анализ выявил существенные сортовые различия в составе и содержании сахаров в плодах нектарина. Сорт 'Обильный' обладает уникально высоким содержанием всех исследованных сахаров (фруктоза – 34,62 мг/г, глюкоза – 29,49 мг/г, сахароза – 131,50 мг/г), формируя интенсивный, насыщенный сладкий вкус с богатым послевкусием. Контрольный сорт 'Silver Roma' (фруктоза – 19,55 мг/г, глюкоза – 15,88 мг/г, сахароза – 75,71 мг/г) и сорт 'Орион' (фруктоза – 21,14 мг/г, глюкоза – 18,56 мг/г, сахароза – 81,53 мг/г) демонстрируют сходный сахарный профиль, обеспечивающий характерный сбалансированный, классический сладкий вкус. Содержание сахарозы является максимальным во всех изученных сортах и составляет около 67–68% от общего содержания растворимых сахаров.

В рамках исследования нами был проведен целевой отбор образцов из коллекции фейхоа Субтропического научного центра Российской академии наук, осуществленный на основе комплексной оценки хозяйственно ценных

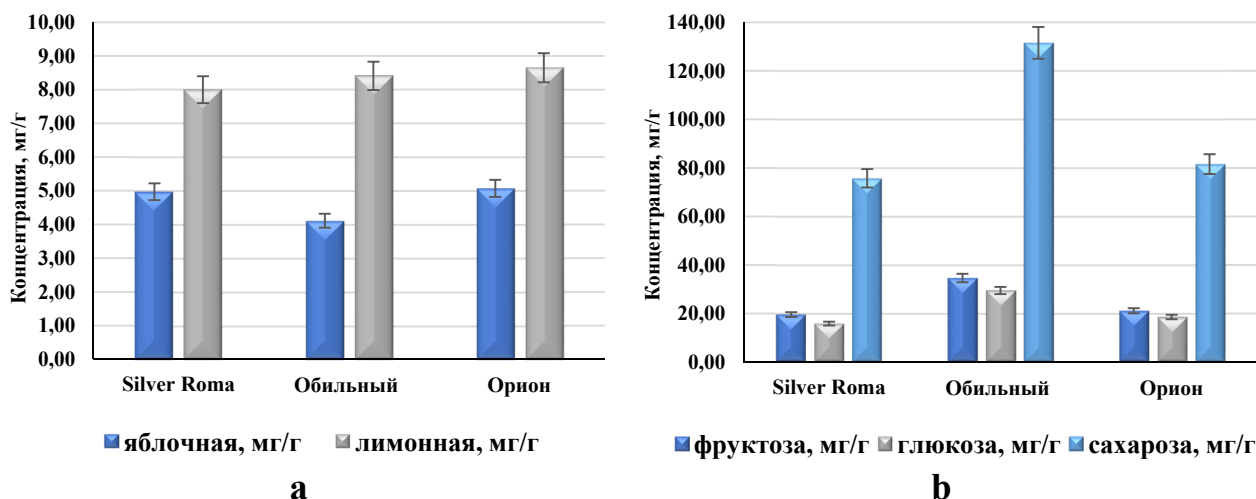


Рис. 2. Содержание основных органических кислот (а), моно- и дисахаров (б) в плодах нектарина по сортам
Fig. 2. The content of major organic acids (a) and mono- and disaccharides (b) in nectarine fruits differing by cultivar

признаков, включающих продуктивность и устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам (Omarov et al., 2020). Для выбранных сортов проведен аналогичный комплекс биохимических анализов.

Данные (рис. 3, а) демонстрируют значительные межсортные различия в содержании как яблочной, так и лимонной кислоты, а также в общей кислотности плодов. Так, высокое содержание органических кислот отмечено у сорта 'Дачная' (яблочная – 3,22 мг/г, лимонная – 21,40 мг/г). Сорт 'Сентябрьская', напротив, характеризуется минимальными значениями (0,85 мг/г и 7,44 мг/г соответственно). У сорта 'ШВ-07' зафиксировано самое высокое содержание лимонной кислоты (22,71 мг/г). Сорта 'ШВ-07' и 'Дачная' характеризуются наиболее высокой общей кислотностью, преимущественно за счет лимонной кислоты, в то время как сорт 'Сентябрьская' обладает самым мягким кислотным профилем в сравнении с контрольным сортом 'Суперба' (яблочная – 1,20 мг/г, лимонная – 11,38 мг/г).

Данные, представленные на графике (рис. 3, б), демонстрируют значительные различия в содержании сахаров между изученными образцами фейхоа, подчер-

ктивная важность их генотипа. Так, сорт 'Суперба' лидирует не только по содержанию сахарозы (101,70 мг/г), но и в целом по сумме сахаров (129,49 мг/г). Наименьшее содержание сахаров отмечено у сорта 'Д-1': сахароза – 60,06 мг/г, сумма сахаров – 93,61 мг/г. Анализ данных показывает, что общее содержание сахаров в плодах сортов 'Сентябрьская' (116,91 мг/г), 'ШВ-07' (109,61 мг/г) и 'Дачная' (118,41 мг/г) не имеет существенных межсортных различий. Особый интерес представляет сорт 'ШВ-07', демонстрируя высокое содержание фруктозы и глюкозы при относительно низкой доле сахарозы, что является нетипичным для фейхоа. Данное сочетание сахаров может придавать его плодам несколько иной вкусовой оттенок по сравнению с сортами, имеющими высокое содержание сахарозы ('Суперба', 'Дачная', 'Сентябрьская').

В рамках комплексного биохимического анализа плодов пяти сортов актинидии также выполнено сравнительное исследование содержания органических кислот и сахаров (рис. 4).

Результаты исследования показали зависимость кислотного состава плодов актинидии от генотипических

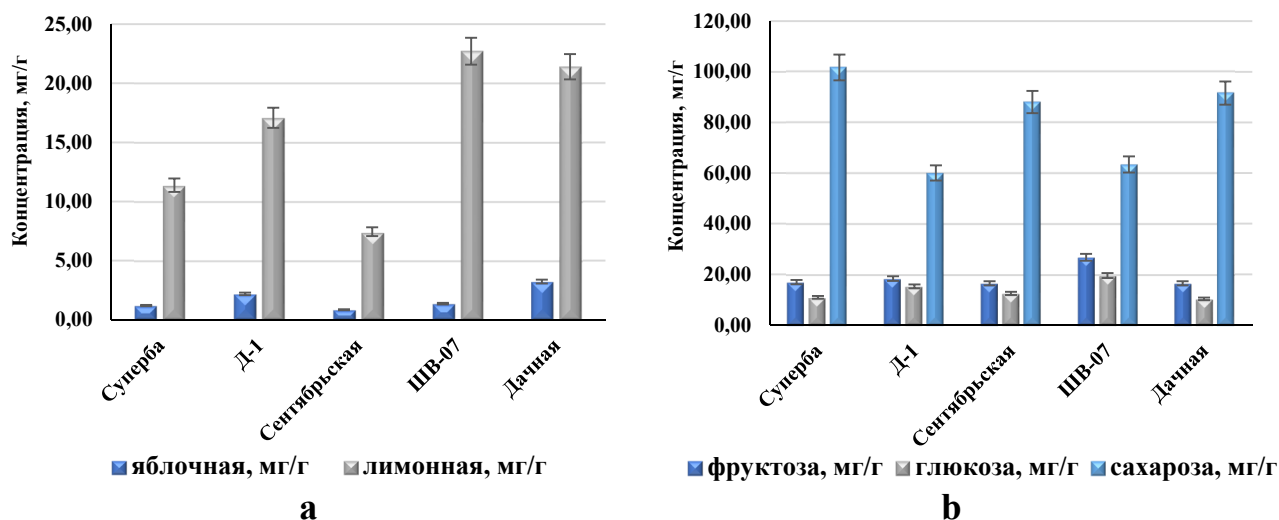


Рис. 3. Содержание основных органических кислот (а), моно- и дисахаров (б) в плодах фейхоа по сортам
Fig. 3. The content of major organic acids (a) and mono- and disaccharides (b) in feijoa fruits differing by cultivar

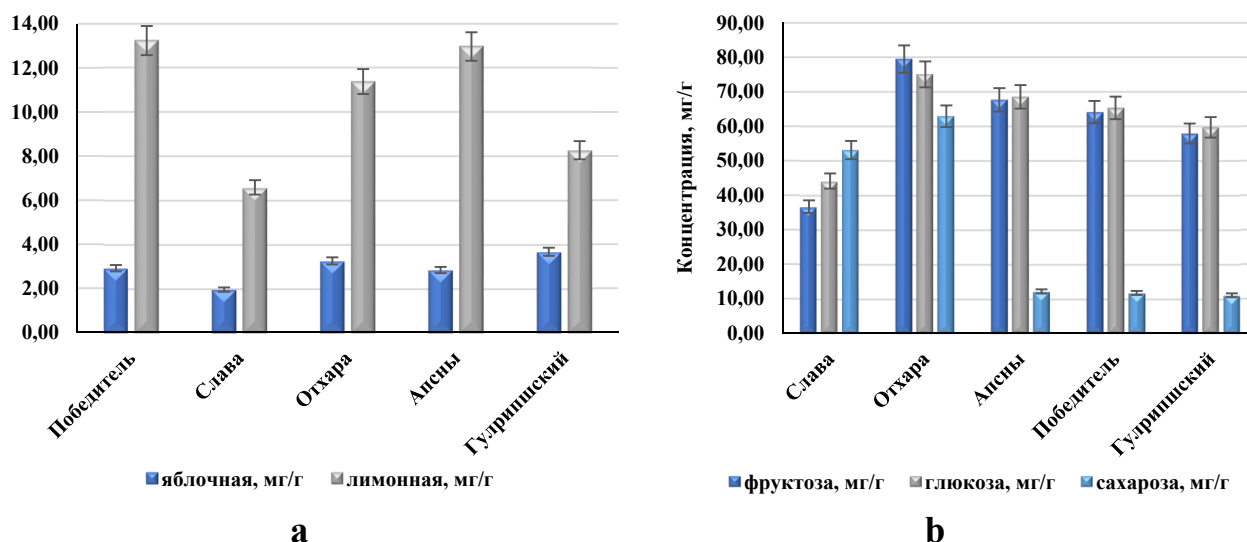


Рис. 4. Содержание основных органических кислот (а), моно- и дисахаров (б) в плодах актинидии по сортам
Fig. 4. The content of major organic acids (a) and mono- and disaccharides (b) in *Actinidia* fruits differing by cultivar

особенностей сорта. Сорта 'Победитель' (контроль) и 'Апсны' характеризуются максимальным содержанием лимонной кислоты (13,24 мг/г и 12,97 мг/г соответственно), что предполагает выраженный кислый вкус. Наибольшее содержание яблочной кислоты (3,65 мг/г) выявлено у сорта 'Гулрипшский'. В целом данный сорт отличается сбалансированным соотношением кислот. Сорт 'Слава' обладает минимальным содержанием обеих кислот (яблочная – 11,94 мг/г, лимонная – 6,58 мг/г), что указывает на потенциально более мягкий вкус. Сорт 'Отхара' демонстрирует высокое содержание лимонной кислоты (11,38 мг/г) при умеренном уровне яблочной.

Также в разных сортах актинидии нами были выявлены значимые различия в содержании фруктозы, глюкозы и сахарозы. Сорта 'Апсны', 'Победитель' (контроль), 'Гулрипшский' характеризуются высоким содержанием фруктозы (67,68 мг/г, 64,11 мг/г и 57,89 мг/г соответственно) и глюкозы (68,52 мг/г, 65,31 мг/г и 59,68 мг/г соответственно) и очень низким содержанием сахарозы (12,06 мг/г, 11,66 мг/г и 10,97 мг/г соответственно), что обеспечивает ярко выраженное десертное вкусовое ощущение. Сорта 'Слава' и 'Отхара' отличаются значительным содержанием сахарозы (53,09 мг/г и 62,90 мг/г) одновременно с высоким уровнем моносахаридов. Сорт 'Отхара' обладает наибольшим суммарным содержанием сахаров (217,41 мг/г), значительно превосходя другие сорта, характеризуется как более сладкий.

Заключение

Проведенное исследование биохимических параметров качества плодов субтропических плодовых культур методом капиллярного электрофореза подтвердило его высокую эффективность при количественном определении органических кислот и сахаров в плодах для скрининга биохимических маркеров качества в селекции.

Установлены значимые межсортные различия в содержании и соотношении сахарокислотных компонентов у всех изученных культур (персик, нектарин, фейхоа, актинидия), что подчеркивает определяющую роль генотипа в формировании биохимического профиля каждого изученного сорта.

Так, выявлен сорт персика с гармоничным вкусовым комплексом, напрямую зависящим от кислотного профиля сорта (контрольный сорт 'Редхавен'), и сорт с выраженным вкусовым дисбалансом ('Пятница 13' – высокая яблочная / низкая лимонная кислоты). Сорт 'Осенний Румянец' выделяется высоким суммарным накоплением сахаров, а сорт 'Память Симиренко' – минимальным.

При изучении плодов нектарина установлено, что сорт 'Обильный' обладает высоким суммарным содержанием сахаров (195,61 мг/г), значительно превосходя сорта 'Silver Roma' (контроль) и 'Орион'. Во всех сортах нектаринов содержание лимонной кислоты преобладает над содержанием яблочной.

У сортов фейхоа обнаружены значительные различия по содержанию кислот (максимум у 'ШВ-07' и 'Дачная', минимум у 'Сентябрьской') и сахаров. Максимальное содержание суммы сахаров выявлено у контрольного сорта 'Суперба'. Сорт 'ШВ-07' продемонстрировал нетипично высокое для фейхоа содержание моносахаридов (глюкозы и фруктозы) одновременно с относительно низким содержанием сахарозы.

У сортов актинидии 'Апсны', 'Победитель' (контроль), 'Гулрипшский' обнаружено высокое содержание моносахаридов (фруктозы и глюкозы) и очень низкое содержание сахарозы. Напротив, сорта 'Слава' и 'Отхара' характеризуются значительной долей сахарозы на фоне высокого уровня моносахаридов. Сорт 'Отхара' обладает максимальным суммарным содержанием сахаров (217,41 мг/г) среди изученных сортов актинидии.

Таким образом, результаты, полученные нами с помощью метода капиллярного электрофореза, могут служить основой создания базы данных биохимических маркеров (кислот, сахаров и др.), содержащихся в плодах потребительской степени зрелости перспективных сортов субтропических плодовых культур. При этом их прикладное значение заключается в оптимизации селекционного процесса (создание сортов, обладающих улучшенными вкусовыми и ценными пищевыми качествами), сертификации продукции, адаптированной к эколого-климатическим условиям влажных субтропиков России и Республики Абхазии, а также повышении конкурентоспособности отечественного плодового хозяйства.

References / Литература

- Abilfazova Yu.S. Biochemical composition of peach fruits in the subtropical regions of Russia. *Horticulture and Viticulture*. 2021;(2):19-23. [in Russian] (Абильфазова Ю.С. Биохимический состав плодов персика в субтропиках России. *Садоводство и виноградарство*. 2021;(2):19-23). DOI: 10.31676/0235-2591-2021-2-19-23
- Abilfazova Yu.S., Besedina T.D., Tutberidze Ts.V. Biochemical composition of fruit in *Actinidia deliciosa* (A. Chev.) C.F. Liang & A.R. Ferguson in the humid subtropics of Russia. *Horticulture and Viticulture*. 2023;(5):42-48. [in Russian] (Абильфазова Ю.С., Беседина Т.Д., Тутберидзе Ц.В. Биохимический состав плодов *Actinidia deliciosa* (A. Chev.) C.F. Liang & A.R. Ferguson во влажных субтропиках России. *Садоводство и виноградарство*. 2023;(5):42-48). DOI: 10.31676/0235-2591-2023-5-42-48
- Ayba L.Ya. Kiwi cultivation in Abkhazia (Kultura kivi v Abkhazii). Sukhum: Alashara; 2001. [in Russian] (Айба Л.Я. Культура киви в Абхазии. Сухум: Алашара; 2001).
- Batashova S.S., Zolotukhina A.A., Guryleva A.V., Platonova N.B., Kunina V.A. Method for automated assessment of the effectiveness of fruit safety enhancement using an acousto-optical imaging spectrometer. *Journal of Optical Technology*. 2024;91(7):452-458. DOI: 10.1364/JOT.91.000452
- Besedina T.D., Tutberidze Z.V. Problematic aspects in technology of *Actinidia* sweet (kiwifruit) cultivation in subtropics of Russia. *Subtropical and Ornamental Horticulture*. 2011;(44):143-147. [in Russian] (Беседина Т.Д., Тутберидзе Ц.В. Проблемные аспекты в технологии возделывания актинидии сладкой (киви) в субтропиках России. *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2011;(44):143-147).
- Boeing H., Bechthold A., Bub A., Ellinger S., Haller D., Kroke A. et al. Critical review: vegetables and fruit in the prevention of chronic diseases. *European Journal of Nutrition*. 2012;51(6):637-663. DOI: 10.1007/s00394-012-0380-y
- Eremin G.V., Provorchenko A.V., Gavriush V.F., Podorozhnyi V.N., Eremin V.G. Stone fruit crops. Growing on clonal rootstocks and own roots (Kostochkovye kultury. Vyrashchivaniye na klonovykh podvoyakh i sobstvennykh kornyakh). Rostov-on-Don: Phoenix; 2002. [in Russian] (Еремин Г.В., Проворченко А.В., Гавриш В.Ф., Подорожный В.Н., Еремин В.Г. Косточковые культуры: Выращивание на клонных подвоях и собственных корнях. Ростов на Дону: Феникс; 2002).
- Komarova N.V., Kamentsev Ya.S. Practical guide to the use of the KAPEL capillary electrophoresis systems (Prakticheskoye rukovodstvo po ispolzovaniyu sistem kapillyarnogo elektroforeza "KAPEL"). St. Petersburg: Veda; 2006. [in Russian] (Комарова Н.В., Каменцев Я.С. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ». Санкт-Петербург: Веда; 2006).
- Liu R.H. Health-promoting components of fruits and vegetables in the diet. *Advances in Nutrition*. 2013;4(3):384-392. DOI: 10.3945/an.112.003517
- Omarov M.D., Omarova Z.M., Karpun N.N. Feijoa cultivation in the humid subtropics of Russia: a monograph (Kultura feykhoa vo vlazhnykh subtropikakh Rossii: monografiya). Sochi; 2020. [in Russian] (Омаров М.Д., Омарова З.М., Карпун Н.Н. Культура фейхоа во влажных субтропиках России: монография. Сочи; 2020).
- Phan A.D.T., Chaliha M., Sultanbawa Y., Netzel M.E. Nutritional characteristics and antimicrobial activity of Australian grown feijoa (*Acca sellowiana*). *Foods*. 2019;8(9):376. DOI: 10.3390/foods8090376
- Pokhrel S., Raut N., Bhattarai D.R. Biochemical analysis of kiwifruit grown in Nepal. *International Journal of Horticulture*. 2019;(9)4:23-30. DOI: 10.5376/ijh.2019.09.0004
- Richter A.A., Shoferistov E.P. Pomological and biochemical peculiarities of peach hybrids and varieties for genus *Persica* Mill. (*Prunus persica* Borkh.) with anthocyanidin pigmentation of fruits pulp and leaves. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2009;1(9):42-50. [in Russian] (Рихтер А.А., Шоферистов Е.П. Помологические и биохимические особенности сортов и гибридов рода *Persica* Mill. (*Prunus persica* Borkh.) с антоциановой окраской мякоти плодов и листьев. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2009;1(9):42-50).
- Ryndin A.V., Kulyan R.V., Slepchenko N.A. Subtropical and flower crops breeding at the Subtropical Scientific Centre. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021a;25(4):420-432. [in Russian] (Рындин А.В., Кулян Р.В., Слепченко Н.А. Селекция субтропических и цветочных культур в ФИЦ «Субтропический научный центр РАН». *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021a;25(4):420-432). DOI: 10.18699/VJ21.047
- Ryndin A.V., Kulyan R.V., Slepchenko N.A., Tutberidze Ts.V., Gorshkov V.M. The results of introduction of subtropical, southern fruit and flower-ornamental crops in FRC SSC of RAS. *Subtropical and Ornamental Horticulture*. 2021b;(77):25-44. [in Russian] (Рындин А.В., Кулян Р.В., Слепченко Н.А., Тутберидзе Ц.В., Горшков В.М. Результаты интродукции субтропических, южных плодовых и цветочно-декоративных культур в ФИЦ СНЦ РАН в 2020 г. *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2021b;(77):25-44). DOI: 10.31360/2225-3068-2021-77-25-43
- Zipaev D.V., Nikitchenko N.V., Platonov I.A. Determination of organic acids by capillary electrophoresis in the feed beer beverage with triticale. *Beer and Beverages*. 2017;(1):44-47. [in Russian] (Зипаев Д.В., Никитченко Н.В., Платонов И.А. Определение органических кислот методом капиллярного электрофореза в сырье пивного напитка с тритикале. *Пиво и напитки*. 2017;(1):44-47).
- Zipaev D.V., Tulina A.A., Kozhukhov A.N. The use of capillary electrophoresis in the evaluation of food and beverages. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2020;82(1):82-87. [in Russian] (Зипаев Д.В., Тулина А.А., Кожухов А.Н. Использование метода капиллярного электрофореза в оценке пищевых продуктов и напитков. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2020;82(1):82-87). DOI: 10.20914/2310-1202-2020-1-82-87

Информация об авторах

Наталья Борисовна Платонова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук», 354002 Россия, Сочи, ул. Яна Фабрициуса, 2/28, natali1875@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2392-8947>

Виктория Алексеевна Кунина, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук», 354002 Россия, Сочи, ул. Яна Фабрициуса, 2/28, kunina.v@internet.ru, <https://orcid.org/0009-0005-2640-4921>

Information about the authors

Natalia B. Platonova, Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, Subtropical Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2/28 Yana Fabritsiusa St., Sochi 354002, Russia, natali1875@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2392-8947>

Viktoria A. Kunina, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Subtropical Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2/28 Yana Fabritsiusa St., Sochi 354002, Russia, kunina.v@internet.ru, <https://orcid.org/0009-0005-2640-4921>

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 of interests: the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 05.08.2025; одобрена после рецензирования 11.11.2025; принята к публикации 14.01.2026.
The article was submitted on 05.08.2025; approved after reviewing on 11.11.2025; accepted for publication on 14.01.2026.