

## СУБТРОПИЧЕСКИЙ ФРУКТ ХУРМА – ИСТОЧНИК АНТИОКСИДАНТОВ

Е. Фокина  \*

Высшая школа биотехнологий и пищевых производств,  
Институт биомедицинских систем и биотехнологий, Санкт-Петербургский  
политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Россия  
elizabeth\_fox@mail.ru

**Аннотация:** антиоксиданты – вещества, которые ингибируют окисление и способны нейтрализовать окислительное действие свободных радикалов. Антиоксиданты, полученные из рациона, в настоящее время все чаще исследуются на предмет их положительного воздействия на здоровье, включая их роль в профилактике различных заболеваний. В целом растительным антиоксидантам уделяется большое внимание, поскольку их можно употреблять в течение более длительных периодов времени без каких-либо побочных эффектов. Фрукты являются важным компонентом рациона человека и играют важную роль в поддержании здоровья. Это обусловлено наличием биоактивных компонентов, благотворно влияющих на физиологию человека. Ряд растений приобрел популярность как полезные пищевые объекты. Среди них можно выделить хурму (*Diospyros kaki* L.), плоды которой являются питательными и обладают сильной антиоксидантной активностью. В данном обзоре обобщены данные о видах хурмы, ее свойствах и способах использования.

**Ключевые слова:** хурма; антиоксиданты; биологически активные вещества

### Введение

Фрукты являются важным компонентом рациона человека и играют важную роль в поддержании здоровья. Это обусловлено наличием биоактивных компонентов, благотворно влияющих на физиологию человека [1]. Ряд растений приобрел популярность как полезные пищевые объекты. Среди них можно выделить хурму (*Diospyros kaki* L.) и фейхоа (*Feijoa sellowiana* B.), плоды которых являются питательными и обладают сильной антиоксидантной активностью [2, 3].

Хурма – морозостойкое растение рода *Diospyros* семейства *Ebenaceae*. В мире выращивают более 400 видов хурмы [4]. Среди них большое значение имеют виды *Diospyros kaki*, *Diospyros virginiana*, *Diospyros oleifera* и *Diospyros lotus* [5]. Наиболее перспективным видом является *D. kaki* (хурма японская).

Антиоксиданты – вещества, которые ингибируют окисление и способны нейтрализовать окислительное действие свободных радикалов. Антиоксиданты, полученные из рациона, в настоящее время все чаще исследуются на предмет их положительного воздействия на здоровье, включая их роль в профилактике различных заболеваний. В целом растительным антиоксидантам уделяется большое внимание, поскольку их можно употреблять в течение более длительных периодов времени без каких-либо побочных эффектов.

Наиболее известные антиоксиданты растительного происхождения: аскорбиновая кислота (витамин С), токоферол (витамин Е),  $\beta$ -каротин (провитамин А) и ликопин. К ним также относят полифенолы: флавины и флавоноиды, танины, антоцианы.

### Классификация антиоксидантов

Жизнедеятельность живых организмов сопровождается постоянными процессами окисления и восстановления. В нормальных условиях скорость и амплитуда образования оксидантов уравниваются скоростью их удаления. Нарушение баланса зачастую приводит к аккумуляции свободных радикалов, обладающих чрезвычайно высокой реакционной способностью, обуславливающей модификацию структуры липидов, белков и нуклеопротеидов, а также иных важных групп биологических молекул, что приводит впоследствии к окислительному стрессу.

Окислительный стресс – неконтролируемое производство радикальных форм кислорода – относительно новое понятие, широко используемое в медицине в последние три десятилетия. Он принимает активное участие в физиологии очень распространенных заболеваний, таких как диабет, гипертония, преэклампсия, атеросклероз, острая почечная недостаточность, болезни Альцгеймера и Паркинсона [6,7].

Для удаления избытка оксидантов и поддержания равновесия системы клетки синтезируют сами или поглощают извне антиоксиданты. Антиоксиданты – вещества, которые ингибируют окисление и могут нейтрализовать окислительное действие свободных радикалов.

Антиоксиданты присутствуют в клетках в низких концентрациях, задерживают, контролируют или предотвращают окислительные процессы [8].

Многочисленные исследования показывают, что антиоксиданты играют важную роль в поддержании здоровья человека, профилактике и лечении заболеваний благодаря их способности уменьшать окислительный стресс. Таким образом, измерение антиоксидантной активности/емкости пищевых продуктов и биологических образцов необходимо не только для обеспечения качества функциональных пищевых продуктов, но и, что более важно, для изучения эффективности пищевых антиоксидантов в профилактике и лечении заболеваний, связанных с окислительным стрессом [9].

По химической природе антиоксиданты представляют собой широкий класс соединений (рисунок 1). Согласно Ratnam et al. [10], антиоксиданты можно разделить на два класса, а именно ферментные антиоксиданты и неферментные антиоксиданты. Некоторые из этих антиоксидантов вырабатываются эндогенно, включая ферменты, низкомолекулярные молекулы и кофакторы ферментов. Основными эндогенными антиоксидантными ферментами являются супероксиддисмутаза (СОД), каталаза (КАТ) и глутатионпероксидаза (ГТП). СОД превращает анион супероксида в перекись водорода, которая является субстратом для КАТ и ГТП. Каталаза метаболизирует перекись водорода до воды и кислорода, а ГТП восстанавливает как пероксид водорода, так и органические гидропероксиды при взаимодействии с глутатионом [9].



Рисунок 1 – Классификация антиоксидантов [11]

Существуют различные методы для измерения активности антиоксидантов. Уровень антиоксидантной активности веществ измеряют с использованием различных химических реакций с использованием высокочувствительного автоматизированного оборудования. В качестве субстратов окисления применяют как модельные пищевые системы, так и химические соединения, биологические материалы, клеточные линии и живые ткани [12].

### Хурма как источник антиоксидантов

Хурма – род субтропических и тропических листопадных или вечнозелёных деревьев и кустарников. Деревья могут доживать до пятисот лет. У многих видов плоды съедобны, некоторые тропические виды служат источником ценной древесины – эбенового дерева. Наиболее перспективным видом является *D. kaki* (хурма японская).

Плод хурмы ценится во многих странах за его органолептические характеристики, превосходные питательные качества, обусловленные, среди прочего, волокнами, витаминами и фенольными соединениями, а также благодаря его потенциалу для применения в различных отраслях промышленности [13-15]. Слово «*Diōspyros*» с греческого означает «пища богов», что свидетельствует о том, насколько высоко ценится этот плод [16,17].

Многие исследователи изучают влияние хурмы и ее соединений на здоровье [18-20], технологический прогресс [21-23] и влияние хранения на его качество и срок годности [24-27].

**Ботаническое описание.** Хурма (лат. *Diōspyros*) – двудомное или полигамное растение семейства Эбеновые (*Ebenaceae*), которое включает в себя 7 родов, охватывающих около 450 видов, распространённых в тропических и отчасти в субтропических областях, за исключением небольшого количества видов, встречающихся в Новом Свете [28].

Порядок эбеновых в филогенетической системе занимает особое место, выделяясь отдельной ветвью из покрытосеменных растений порядка *Rosales* [29, 30] (рисунок 2).

Для субтропического растениеводства России наиболее существенное значение имеют три вида: хурма кавказская, хурма виргинская и хурма восточная. Первые два служат как

подвой, а третий – в качестве продукции. Из трёх видов наиболее хорошо изучена хурма восточная.

Хурма кавказская (*Diospyros lotus* L.) – диплоид [31]. Распространена в Грузии, Азербайджане, Краснодарском крае, Дагестане, Крыму, Средней Азии, Армении. Растение листопадное с округлой, пирамидальной, раскидистой кроной, высотой 10–15 м. Форма кроны зависит от места произрастания растений [32].

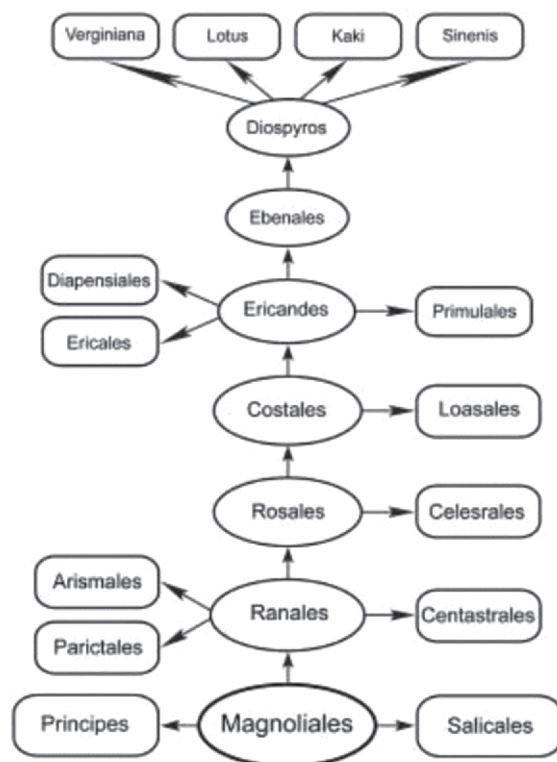


Рисунок 2 – Сокращённая схема филогенетической системы покрытосеменных растений (составлена автором по А.А. Гроссгейму и А.Л. Тахтаджану)

Листья продолговатые, реже широкояйцевидные, 12–14 см длины и 4–5 см ширины, с острой верхушкой и клиновидным основанием. У молодых деревьев и на ростовых побегах они покрупнее. Растение двудомное, но иногда встречаются однодомные (полигамные) деревья. Растения до 3–5-летнего возраста растут медленно, особенно в первые годы. В дальнейшем достигают высоты 7–12 и более метров. Рост побегов у хурмы в условиях субтропической зоны Краснодарского края начинается во второй декаде апреля, цветение происходит в конце мая – начале июня и длится 10–12 дней [32].

Плоды мелкие 2–3 см длиной, весом 4–6 г, сочные, представляют собой ягоды различной формы от округлой до конусовидной. Начало созревания плодов наступает в конце сентября. Вначале они бывают зеленоватыми, очень терпкими, затем по мере созревания становятся желто-оранжевыми. Терпкость исчезает при полной зрелости, в конце ноября [32].

Хурма кавказская является хорошим опылителем для культурных сортов хурмы. Особенно это заметно осенью, перед сбором урожая. Плоды на деревьях хурмы восточной, расположенных вокруг хурмы кавказской, отличаются темной окраской мякоти [33].

Хурма виргинская (*Diospyros virginiana* L.) – гексаплоид [31]. Растение листопадное, достигающее высоты 15–20 м. Крона различной формы от округлой до раскидистой. Однолетние побеги гладкие, многолетние же серые, со слегка растрескивающейся корой.

Листья простые, ланцетовидные или продолговатые, 8–15 см длиной и 3–8 см шириной, верхняя часть листа тёмно-зелёная, блестящая, нижняя – серовато-зеленая.

Деревья в основном двудомные. Мужские цветки мелкие и располагаются в трехцветковых соцветиях. Женские цветки крупные, одиночные. Окраска цветков зеленовато-желтая и чисто белая. Цветет хурма виргинская на 1–2 недели позже кавказской и восточной. Цветение начинается во второй декаде июня и длится до 20–26 июня [32].

Плоды в твёрдом виде очень терпкие, по размеру значительно мельче восточной хурмы, но в 3–4 раза крупнее кавказской. Они имеют форму от сплюсненной до продолговатой, по величине от 4 до 6 см в диаметре.

Плоды хурмы виргинской обладают приятным запахом, напоминающим аромат рома, вкусовые качества гораздо выше, чем у плодов хурмы восточной и кавказской.

Хурма восточная (*Diospyros kaki* L.) – гексаплоид [31], растение листопадное, достигающее 5–10 и более метров высоты с различными формами кроны (шаровидная, пирамидальная, раскидистая). Культура, как и все многолетние растения, имеет период покоя. В среднем он составляет 113 дней.

Хурма восточная – растение двудомное и полигамное (обоеполые). Одни сорта образуют исключительно только женские цветки, другие производят только мужские. У большинства полигамных сортов количество женских и мужских цветков неодинаково [32].

**Морфология плода.** Плоды хурмы шаровидные, цвет которых варьирует от красноватого до желтого в зависимости от содержания каротина, мякоть вязкая оранжево-красная и несколько шероховатая, в зависимости от содержания дубильных веществ. Мякоть, независимо от сорта, состоит в основном из слизи и пектина, что отвечает за ее характерный внешний вид (рисунок 3).



Рисунок 3 – Плод хурмы

Рост плода начинается с интенсивного деления клеток мезокарпия, за которым следует удлинение этих клеток и увеличение межклеточного пространства, что приводит к увеличению размера плода в конце развития. Кроме того, сорта демонстрируют различное накопление танина в вакуоли во время роста, что приводит к уникальным структурным размерам и терпкости каждого сорта. Средний вес этой ягоды колеблется от 120 до 180 г.

Плоды хурмы в первую очередь классифицируются в зависимости от их терпкости и опыления. Существует четыре типа: постоянное невяжущее опыление (PCNA), невяжущий вариант опыления (PVNA), вяжущий вариант опыления (PVA) и вяжущий вариант постоянного опыления (PCA). Сорта PCNA («Fuyu», «Hana Fuyu», «Jiro», «O», «Gosho») не обладают



терпкостью, независимо от наличия семян, из-за естественной потери терпкости по мере развития плодов на дереве. Этот вид плодов хурмы можно есть при сборе урожая, когда они хрустящие. Сорта PVNA («Amankaki», «Тиро», «Thiene») при правильном опылении и наличии достаточного количества семян не обладают вяжущими свойствами при сборе урожая. Плоды PVNA не употребляют в пищу, если мякоть светлая и без косточек (не опыленная и вяжущая). Сорта PVA («Aizumishirazu», «Giombo», «Rojo Brillante», «Tone Wase», «Triumph», «Rama Forte») обладают терпкостью и при опылении теряют терпкость только вокруг семян. Наконец, сорта PCA («Fuji», «Taubate», «Hachiya», «Pomelo», «Rubi») всегда обладают терпкостью, даже во время созревания плодов. Поскольку сорта PCNA естественным образом теряют терпкость в течение периода созревания, они считаются очень важными для коммерческого производства [17].

Созревание плода можно описать как последовательность физиологических, биохимических и структурных изменений плода. Физические и химические изменения влияют на вкусовое качество плодов, что приводит к съедобному состоянию [34]. У хурмы этот процесс созревания отмечен изменением цвета ткани [15], потеря текстуры [35], поверхностное обезвоживание [36], разложение углеводов и органических кислот и конденсация дубильных веществ [14].

Незрелая хурма имеет зеленый цвет. В процессе созревания хлорофилл постепенно разрушается, и плод становится более желтоватым. Благодаря наличию каротиноидов цвет спелых плодов близок к оранжевому, красновато-оранжевому или ярко-красному [14,37]. Подтверждая вышеизложенное, Qi et al. [38] наблюдали увеличение общего содержания каротиноидов в кожуре трех сортов хурмы («Huoguan», «Jinping» и «Heishi») на протяжении всего развития, а также постепенное снижение уровня хлорофилла. Многие каротиноиды синтезируются на разных стадиях развития, например, накопление ликопина наблюдалось примерно с середины периода полного созревания в кожуре сортов «Huoguan» и «Jinping». Такой результат был связан с колориметрическими индексами, указывающими на то, что этот повышенный показатель ликопина был ответственен за более красноватую окраску.

Снижение плотности мякоти наблюдается за счет изменения ее микроструктуры, преимущественно разрушения клеточных стенок и мембранных компонентов, деградации пектиновых структур, распада паренхимы. Кроме того, при деградации ослабевают клеточные связи, что приводит к увеличению межклеточных пространств. Различие между клеточной мембраной и стенкой также терялось в процессе созревания [35,38]. Кроме того, потеря клеточного тургора способствует обезвоживанию поверхности, что приводит к постепенной потере веса [36]. Tessmer et al. [37], изучая сорта «Fuyu», «Hana Fuyu», «Giombo» и «Rojo Brillante», наблюдали различные варианты деградации без корреляции между терпкостью и деградацией.

Изменение в содержание углеводов в процессе развития плодов отмечены увеличением количества сахаров в разных соотношениях сахарозы, фруктозы и глюкозы. Генетическая изменчивость плодов влияет на ферментативную активность, которая влияет на уровень деградации углеводов и приводит к различному содержанию сахара [14,19]. Например, Bubba et al. [38] изучали хурму сортов «Rojo Brillante» и «Kaki Tiro» и обнаружили, что содержание глюкозы и фруктозы увеличивалось на протяжении всего периода созревания, а количество сахарозы постепенно снижалось, что связано с большой ферментативной активностью фермента инвертазы.

Существуют различные варианты развития в отношении содержания сахара, такие как увеличение содержания сахарозы, из-за уменьшения большого количества сахаров, снижение содержания сахарозы с увеличением концентрации глюкозы и фруктозы и увеличение содержания сахарозы, в то время как глюкоза и фруктоза остаются примерно

на постоянном уровне [14,19]. Santos et al. [14] изучали химические компоненты двух сортов («Fuuy» и «Giombo») на протяжении всего созревания.

Изменения в содержании углеводов наблюдались преимущественно в средней и последней стадиях, тогда как органические кислоты, аминокислоты, полифенолы и холин изменялись в последние месяцы.

Другими соединениями, которые изменяются в процессе созревания, являются дубильные вещества. Когда они растворимы, они напрямую влияют на терпкость хурмы [14, 15]. Ikegami et al. [39] наблюдали, что на ранних стадиях развития плодов девять генов, связанных с синтезом дубильных веществ (по пути биосинтеза флавоноидов), экспрессируются на высоких уровнях как в типах PCNA, так и в типах PCA плодов хурмы. При созревании плоды типа PCNA снижают экспрессию этих генов, что приводит к прекращению накопления танина и естественной потере терпкости. С другой стороны, плоды PCA-типа сохраняли высокий уровень активности генов даже на поздних стадиях зрелости, сохраняя высокую концентрацию танина в плодах.

В другом исследовании Yonemori et al. [40] также указали на более низкое содержание танина в плодах типа PCNA. Они заметили, что развитие дубильных клеток прекращается на ранних стадиях развития у этого вида хурмы. Поскольку количество танина не увеличивается с ростом плода, его концентрация постепенно снижается за счет разбавления другими соединениями. Плоды, не относящиеся к типу PCNA (PVNA, PNA и PCA), вырабатывали свои танниновые клетки в течение более длительного периода, что приводило к их более высоким концентрациям в конце созревания, что приводило к вяжущим фруктам.

*Химический состав и биологически активные вещества плода.* Хурма является источником многих макро- и микроэлементов, обладающих большой биологической активностью. Можно выделить: углеводы, органические кислоты, фенольные соединения, каротиноиды и дубильные вещества в качестве основных питательных веществ, присутствующих во фруктах [14,25,26,41-43], что придает ему антиоксидантную, цитотоксическую и противодиабетическую активность [19]. Кроме того, химический состав хурмы важен не только для понимания этой биологической активности, но и для сенсорного восприятия плода [14].

Каждая структурная часть хурмы имеет определенный химический состав [41]. В зависимости от вида плода существуют разные пропорции мякоти, семян и чашечек. Grygorieva et. al. [44] сравнили различные виды хурмы в отношении доли этих растительных структур и обнаружили большие различия.

Соотношение массы семян к общей массе плодов колебалось от 3 до 26%, чашечки от 2 до 4 %, доля мякоти от 70 до 95 %. Виды хурмы с наибольшим количеством мякоти представляют большую экономическую ценность [44].

Семена богаты жирными кислотами, из которых наиболее важными являются пальмитиновая, олеиновая и линолевая кислоты, составляющие от 70,4% до 78,3% от общего количества липидов [44].

Кожица защищает внутреннюю мякоть и является важным источником пищевых волокон (40,35 г на 100 г – 1 хурма), витамин С, фенольные соединения (особенно кофейные, п-кумаровая, феруловая и галловая кислоты), каротиноиды и проантоцианидины, способствующие хорошей антиоксидантной способности. Среди основных каротиноидных соединений в кожуре хурмы в порядке убывания находятся: β-криптоксантин, α-каротин, зеаксантин, лютеин, ликопин и β-каротин [45,46]. Кроме того, в кожуре содержится больше некоторых минералов, чем в мякоти, таких как калий, магний, марганец, медь и цинк [15].

Мякоть также является источником витаминов, таких как аскорбиновая кислота и витамин А, минералов, таких как кальций и железо, а также фенольных соединений (феруловая, п-кумаровая и галловая кислоты) и каротиноиды (п-криптоксантин, ликопин, каротин, зеаксантин и лютеин) [42].

Благодаря этим характеристикам этот фрукт обладает значительной антиоксидантной активностью [25].

*Послеуборочная обработка плодов хурмы для улучшения органолептических характеристик*

Для улучшения органолептических характеристик (снижение терпкости мякоти плода, улучшение внешнего вида, возможность длительного хранения) проводят различную обработку плодов хурмы.

Hernández-Carrión et al [25] исследовали влияние высокого гидростатического давления и пастеризации хурмы 'Rojo Brillante'. Они проанализировали, как влияет экстракция каротиноидов и растворимых дубильных веществ, помимо наблюдения за влиянием на антиоксидантную способность. Среди результатов этого исследования они обнаружили улучшение экстрагируемости при обработке с высоким гидростатическим эффектом, что увеличивает наблюдаемое содержание каротиноидов. Обе обработки уменьшали содержание растворимого танина в образце из-за вероятной нерастворимости этого соединения, уменьшая терпкость фруктов. Кроме того, ни одна из обработок не повлияла на содержание клетчатки. Только пастеризация значительно снизила антиоксидантную активность, возможно, из-за большего снижения растворимых дубильных веществ и деградации других антиоксидантных соединений, вызванной термической обработкой.

Vázquez-Gutiérrez, Hernando, и Quiles [24] обрабатывали кубики хурмы 'Rojo Brillante' высоким гидростатическим давлением и хранили их в холодильнике при температуре 4°C. Они обнаружили структурную деградацию пищевого матрикса и последующее изменение растворимости, местоположения и доступности дубильных веществ. Чем выше воздействие на образец этих обработок и условий хранения, тем больше структурные изменения, осаждение танина и экстракция биологически активных соединений, что приводит к снижению терпкости фруктов.

Sapper et al. [34] установили, что хранение хурмы сорта «Rojo Brillante» с использованием покрытий на основе маниокового крахмала, геллановой камеди с низким содержанием ацила и добавлением противогрибкового соединения в качестве упаковки в дополнение к контролируемым условиям температуры и относительной влажности (25°C и 65% соответственно) на защищало плоды от обезвоживания, и не препятствовало потере твердости плодов в течение периода хранения.

Широко используемый процесс, направленный на удаление терпкости сортов хурмы с вяжущими свойствами, представляет собой обработку для перевода в нерастворимую форму. Существует несколько методов снижения содержания танинов, например, применение паров этилена или этилового спирта и воздействие на фрукты бескислородной среды или высоких концентраций CO<sub>2</sub>. Помимо этих процессов терпкость снижает уже сам процесс естественного созревания [26]. Считали, что механизмы, участвующие в снижении уровня танина в плодах как во время созревания на деревьях, так и в атмосфере, богатой этиленом, могут быть вызваны частичным разрывом клеточных стенок и мембран, что приводит к высвобождению пектина, целлюлозы и белков, которые, в свою очередь, будут реагировать с дубильными веществами, переводя их в нерастворимую форму. Когда плоды обрабатывают этиленом, они выделяют ацетальдегид, который способствует большему превращению растворимых дубильных веществ в нерастворимые, что делает плоды не вяжущими. Другой механизм, в котором используется атмосфера, богатая CO<sub>2</sub>, сохраняет структуру клеточных стенок и более благоприятен для сохранения твердости уже зрелой хурмы. Это происходит из-за того, что танины, присутствующие в растительной ткани, образуют этиловые мостики, становясь нерастворимыми, большими и сенсорно инертными [46].



Persic, Jakopic, и Hudina [26] изучали влияние хранения с газообразным этиленом и  $\text{CO}_2$  на содержание некоторых соединений, таких как фенолы и каротиноиды, в сортах хурмы «Kaki Tipo» и «Rojo Brillante». В обоих из них они обнаружили снижение общего содержания фенолов при обработке этиленом, тогда как при обработке  $\text{CO}_2$  не привело к существенным изменениям. Каротиноиды увеличились во время обработки  $\text{CO}_2$  и без обработки для «Rojo Brillante», тогда как «Kaki Tipo» показало снижение содержания каротиноидов во время обработки  $\text{CO}_2$  и этиленом. Таким образом, содержание каротиноидов связано не только с применяемой обработкой, но и с изучаемым сортом. Другие результаты этой работы показывают, как органические кислоты приобретают более низкие значения, а профиль сахаров изменяется с обработкой и без нее.

В другом исследовании, посвященном оценке тех же сортов, Ancillotti et al. [47] наблюдали, что обработка этиленом привела к снижению содержания полифенолов на 40%, а для «Rojo Brillante» – обработка  $\text{CO}_2$  уменьшила 86,3% этих соединений. Novillo et al. [48] также обнаружили значительную потерю растворимых полифенолов, помимо снижения общей антиоксидантной способности. Кроме того, авторы также наблюдали различия в составе каротиноидов и сахаров у сортов хурмы после обработки  $\text{CO}_2$ .

Можно заметить, что эти методы могут способствовать изменению не только дубильной структуры, но и других компонентов плода [48]. Это важно, поскольку обработка для устранения терпкости необходима, чтобы сделать возможным коммерциализацию фруктов. Тем не менее, следует учитывать влияние в других аспектах, таких как пищевая ценность конечного продукта.

### Применение хурмы

Наблюдая за вышеупомянутыми работами, становятся очевидными различия в составе и свойствах хурмы. Эти данные подчеркивают важность изучения каждого сорта и понимания их особенностей, даже если они относятся к одному и тому же виду. Указание используемого сорта и стадии его созревания дает важную информацию, поскольку способствует более широкому изучению плодов хурмы. Это делает процессы более осуществимыми и позволяет разрабатывать новые способы использования этого природного источника.

Послеуборочные методы хранения и транспортировки являются проблемами, которые необходимо решить при выращивании хурмы, в последние годы были опубликованы некоторые исследования, в которых предлагается охлаждение, облучение [49], и новые формы упаковки [50], среди прочих факторов. Стоит отметить, что еще одна стратегия по расширению использования и сокращение отходов хурмы заключается в переработке фруктов, что способствует диверсификации овощных продуктов в межсезонье и добавлению стоимости в производственную цепочку [42,51]. Следует отметить, что, кроме этого аспекта, еще одним положительным моментом в разработке различных продуктов из хурмы является высокое содержание в ней биоактивных соединений, о чем говорилось ранее, что позволяет создавать новые функциональные продукты питания [42,52].

Основные продукты хурмы, о которых сообщается в литературе, включают сок [53], уксус [51,54], вино [52,55-57], сушеные фрукты, чипсы [25], мороженое [58], сливочные конфеты [59], и джем [60]. Важно подчеркнуть, что в большинстве этих разработанных продуктов образуются остатки, поскольку они обычно используют в качестве сырья только мякоть и отбрасывают другие структуры плода, такие как кожура, плодоножка и семена.

Помимо разработки новых продуктов на основе хурмы, также возможно извлечение специфических соединений, содержащихся в плоде этого фрукта, для получения новых пищевых ингредиентов [42]. Milani et al. [61] подтверждена антиоксидантная активность гидроэтанольных экстрактов «Quioto» и «Rama Forte» в курином мясе, подвергнутом

измельчению, добавлению NaCl и термообработке. Они заметили, что экстракты обоих сортов можно использовать для консервирования этого продукта, поскольку они обладают высокой антиоксидантной активностью и не приводят к заметным изменениям органолептических характеристик [61].

Еще одно применение отходов, которое используется в основном в азиатских странах, – это извлечение масла из семян хурмы для использования в перерабатывающей промышленности и соединений из чашечки для использования в фармацевтической промышленности [44].

Существуют бесчисленные возможности технологических и биотехнологических разработок с использованием хурмы в качестве сырья, что позволяет использовать все части плода.

### **Заключение**

Антиоксиданты играют важную роль в поддержании здоровья человека, профилактике и лечении заболеваний благодаря их способности уменьшать окислительный стресс. Таким образом, поиск новых источников антиоксидантов, разработка методов увеличения их биодоступности является актуальным направлением исследований.

Определение антиоксидантной активности/емкости пищевых продуктов и биологических образцов необходимо как для обеспечения качества функциональных пищевых продуктов, так и для изучения эффективности пищевых антиоксидантов в профилактике и лечении заболеваний, связанных с окислительным стрессом.

Субтропический фрукт хурма богат биоактивными веществами, проявляющие антиоксидантную активность. Плод является источником каротиноидов, флаваноидов и других биоактивных соединений перспективных для применения в пищевой, медицинский промышленности.

**Конфликт интересов:** Автор не имеет конфликта интересов.

### **Литература**

- 1 Manach C., Scalbert A., Morand C., Rémésy C., Jiménez L. Polyphenols: food sources and bioavailability // *Am. J. Clin. Nutr.* – 2004. – Vol. 79. – P. 727-747.
- 2 Jung S.T., Park Y.S., Zachwieja Z., Foltz M., Barton H., Piotrowicz J. et al. Some essential phytochemicals and the antioxidant potential in fresh and dried persimmon // *Int. J. Food Sci. Nutr.* – 2005. – Vol. 56. – P. 105-113.
- 3 Montoro P., Serrelli G., Gil K.A., D'Urso G., Kowalczyk A., Tuberoso C.I.G. Evaluation of bioactive compounds and antioxidant capacity of edible feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret) flower extracts // *J. Food Sci. Technol.* – 2020. – Vol. 57(6). – P. 2051-2060. doi: 10.1007/s13197-020-04239-2. PMID: 32431331
- 4 Butt M.S., Sultan M.T., Aziz M., Naz A., Ahmed W., Kumar N., Imran M. Persimmon (*Diospyros kaki*) fruit: hidden phytochemicals and health claims // *EXCLI J.* – 2015. – Vol. 14. – P. 542-561. doi: 10.17179/excli2015-159. PMID: 27047315.
- 5 Bibi N., Khattak A.B., Mehmood Z. Quality improvement and shelf life extension of persimmon fruit *Diospyros kaki* // *J. Food Eng.* – 2007. – Vol. 79. – P. 1359-1363.
- 6 Rodrigo R. *Oxidative Stress and Antioxidants: Their Role in Human Diseases*; Nova. – New York, USA. – 2009. – P. 9-10.
- 7 Droge W. Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiological Reviews.* – 2002. – Vol. 82. – P. 47-95.
- 8 Shahidi F., Zhong Y. Measurement of antioxidant activity. *J. Funct. – Foods*, 2015. – Vol. 18. – P. 757-781.

- 9 Munteanu I.G., Apetrei C. Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity: A Review // *Int. J. Mol. Sci.* – 2021. – Vol. 22. – 3380 p. <https://doi.org/10.3390/ijms22073380>
- 10 Ratnam K.V., Ankola D.D., Bahrdwai J.K.V., Sahana D.K. and Kavar M.N.V. A review: Role of antioxidant in prophylaxis and therapy. A pharmaceutical prospective // *Journal of Controlled Release.* – 2006. – Vol. 11. – P. 189-207.
- 11 Carocho M., Ferreira I.C. A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives // *Food Chem Toxicol.* – 2013. – Vol. 51. – P. 15-25. doi: 10.1016/j.fct.2012.09.021
- 12 Milczarek R.R., Woods R.D., LaFond S.I., Breksa A.P., Preece J.E., Smith J.L., Sedej I., Olsen C. W., Vilches A.M. Synthesis of Descriptive Sensory Attributes and Hedonic Rankings of Dried Persimmon (*Diospyros Kaki* Sp.) // *Food Sci. Nutr.* – 2018. – Vol. 6(1). – P.124-136. doi:10.1002/fsn3.537.
- 13 Milczarek R.R., Woods R.D., LaFond S.I., Breksa A.P., Preece J.E., Smith J.L., Sedej I., Olsen C. W., Vilches A.M. Synthesis of Descriptive Sensory Attributes and Hedonic Rankings of Dried Persimmon (*Diospyros Kaki* Sp.) // *Food Sci. Nutr.* – 2018. – Vol.6(1). – P. 124-136.
- 14 Santos A.D.D.C., Fonseca F.A., Dutra L.M., Santos M.F.C., Menezes L.R.A., Campos F.R., Nagata N., Ayub R., Barison A. 1H HR-MAS NMR-based Metabolomics Study of Different Persimmon Cultivars (*Diospyros Kaki*) during Fruit Development // *Food Chem.* – 2018. – Vol. 239. – P. 511-519. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.06.133.
- 15 Kluge R.A., Tessmer M.A. Caqui – *Diospyros Kaki*; Exotic Fruits // University of São Paulo/ESALQ: São Paulo. – 2018. – P.113-119.
- 16 Llácer G., Badenes M.L. Persimmon Production and Market. First Mediterranean symposium on persimmon. – 2002. – P. 9-21.
- 17 Matheus J.R.V., Andrade C.J., Miyahira R.F., Fai A.E.C. Persimmon (*Diospyros Kaki* L.): Chemical Properties, Bioactive Compounds and Potential Use in the Development of New Products: A Review // *Food Reviews International.* – 2020. DOI: 10.1080/87559129.2020.1733597
- 18 George A.P., Redpath S. Health and Medicinal Benefits of Persimmon Fruit: A Review // *Adv. Hort. Sci.* – 2008. – Vol.22(4). – P.244-249.
- 19 Giordani E., Doucette S., Nin S., Del Bubba M. Selected Primary and Secondary Metabolites in Fresh Persimmon (*Diospyros Kaki* Thunb.): A Review of Analytical Methods and Current Knowledge of Fruit Composition and Health Benefits // *Food Res. Int.* – 2011. – Vol.44. – P.1752-1767. DOI: 10.1016/j.foodres.2011.01.036.
- 20 Butt M.S., Sultan M.T., Aziz M., Naz A., Ahmed W., Kumar N., Imran M. Persimmon (*Diospyros Kaki*) Fruit: Hidden Phytochemicals and Health Claims // *Excli J.* – 2015. – Vol.14(5). – P. 42-561. doi: 10.17179/excli2015-159
- 21 Ramachandraiah K., Gnoc N.T.B., Chin K.B. Biosynthesis of Silver Nanoparticles from Persimmon Byproducts and Incorporation in Biodegradable Sodium Alginate Thin Film // *J. Food Sci.* – 2017. – Vol.82(10). – P. 2329-2336. doi: 10.1111/1750-3841.13865
- 22 Ban Q., Han Y., He Y., Jin M., Han S., Suo J., Rao J.P. Functional Characterization of Persimmon  $\beta$ -galactosidase Gene DkGAL1 in Tomato Reveals Cell Wall Modification Related to Fruit Ripening and Radicle Elongation // *Plant Sci.* – 2018. – Vol.274. – P. 109-120. doi: 10.1016/j.plantsci.2018.05.014.
- 23 Conesa C., Laguarda-Miró N., Fito P., Seguí L. Evaluation of Persimmon (*Diospyros Kaki* Thunb. Cv. Rojo Brillante) Industrial Residue as a Source for Value Added Products // *Waste Biomass Valorization.* – 2019. – Vol.1. – P.1-12. doi: 10.1007/s12649-019-00621-0.
- 24 Vázquez-Gutiérrez J.L., Hernando I., Quiles A. Changes in Tannin Solubility and Microstructure of High Hydrostatic Pressure-treated Persimmon Cubes during Storage at 4°C // *Eur. Food Res. Technol.* – 2013. – Vol.237. – P.9-17. doi: 10.1007/s00217-013-2010-1.
- 25 Hernández-Carrión M., Vázquez-Gutiérrez J.L., Hernando I., Quiles A. Impact of High Hydrostatic Pressure and Pasteurization on the Structure and the Extractability of Bioactive Compounds of Persimmon “Rojo Brillante” // *J. Food Sci.* – 2014. – Vol.79(1). – P. 32-38. doi: 10.1111/1750-3841.12321
- 26 Persic M., Jakopic J., Hudina M. The Effect of Post-harvest Technologies on Selected Metabolites in Persimmon (*Diospyros Kaki* Thunb.) // *Fruit. J. Sci. Food Agric.* – 2018. – Vol.99(2). – P. 854-860. doi: 10.1002/jsfa.9255.

- 27 Гроссгейм А.А. Флора Кавказа [Текст] / А.А. Гроссгейм. Т. VII. Л.: Наука. – 1967. – С. 151-152.
- 28 Тахтаджян А.Л. Происхождение и расселение цветочных растений [Текст] / А.Л. Тахтаджян. Л.: Наука. – 1970. – 144 с.
- 29 Соловьева Л.В. Цитологическое исследование некоторых видов и сортов хурмы [Текст] / Л.В. Соловьева, М.Д. Омаров // Труды МГУ. – №6. – 1986. – С.19-21.
- 30 Omarov M.D. Morphological and biological characteristics of persimmon species // Subtropical and decorative gardening. – 2009. – No 42-2. – P.347-355.
- 31 Омаров М.Д. Хурма восточная в субтропиках России [Текст] / М.Д. Омаров. – Сочи, 2000. – 98 с.
- 32 Chitarra M.I.F., Chitarra A.B. Pós-colheita De Frutos E Hortalças: Fisiologia E Manuseio// ESAL/ FAEPE: Lavras. – 2005.
- 33 Salvador A., Arnal L., Besada C., Larrea L., Quiles A., Pérez-Munuera I. Physiological and Structural Changes during Ripening and Deastringency Treatment of Persimmon Fruit Cv. 'Rojo Brillante'. Postharvest// Biol. Technol. – 2007. – Vol.46. – P.181-188. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2007.05.003.
- 34 Sapper M., Palou L., Pérez-Gago M.B., Chiralt A. Antifungal Starch-gellan Edible Coatings with Thyme Essential Oil for the Postharvest Preservation of Apple and Persimmon // Coatings. – 2019. – Vol.9(5). – 333 p. DOI: 10.3390/coatings9050333
- 35 Zhao D., Zhou C., Tao J. Carotenoid Accumulation and Carotenogenic Genes Expression during Two Types of Persimmon Fruit (Diospyros Kaki L.) Development // Plant Mol. Biol. Rep. – 2011. – Vol.29(3). – P.646-654. DOI: 10.1007/s11105-010-0272-3.
- 36 Qi Y., Liu X., Zhang Q., Wu H., Yan D., Liu Y., Zhu X., Ren X., Yang Y. Carotenoid Accumulation and Gene Expression in Fruit Skins of Three Differently Colored Persimmon Cultivars during Fruit Growth and Ripening // Sci. Hortic. – 2019. – Vol.248. – P.282-290. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.12.042
- 37 Tessmer M.A., Besada C., Hernando I., Appezzato-da-Glória B., Quiles A., Salvador A. Microstructural Changes while Persimmon Fruits Mature and Ripen. Comparison between Astringent and Non-astringent Cultivars. Postharvest // Biol. Technol. – 2016. – Vol.120. – P. 52-60. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2016.05.014.
- 38 Bubba M.D., Giordani E., Pippucci L., Cincinelli A., Checchini L., Galvan P. Changes in Tannins, Ascorbic Acid and Sugar Contents in Astringent Persimmons during On-tree Growth and Ripening and in Response to Different Postharvest Treatments // J. Food Compos. Anal. – 2009. – Vol.22. – P. 668-677. DOI: 10.1016/j.jfca.2009.02.015.
- 39 Ikegami A., Yonemori K., Kitajima A., Sato A., Yamada M. Expression of Genes Involved in Proanthocyanidin Biosynthesis during Fruit Development in a Chinese Pollinationconstant, Non-astringent (PCNA) Persimmon, 'luo Tian Tian Shi'// J. Am. Soc. Hortic. Sci. – 2005. – Vol.130(6). – P. 830-835. DOI: 10.21273/JASHS.130.6.830
- 40 Yonemori K., Ikegami A., Kanzaki S., Sugiura A. Unique Features of Tannin Cells in Fruit of Pollination Constant Non-astringent Persimmons // Acta Hortic. – 2003. – Vol.601. – P.31-35. DOI:10.17660/ActaHortic.2003.601.3.
- 41 Veberic R., Jurhar J., Mikulic-Petkovsek M., Stampar F., Schmitzer V. Comparative Study of Primary and Secondary Metabolites in 11 Cultivars of Persimmon Fruit (Diospyros Kaki L.)// Food Chem. – 2010. – Vol.119. – P. 477-483. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.06.044
- 42 Yaqub S., Farooq U., Shafi A., Akram K., Murtaza M.A., Kausar T., Siddique F. Chemistry and Functionality of Bioactive Compounds Present in Persimmon // J. Chem. – 2016. – P. 1-13. DOI: 10.1155/2016/3424025
- 43 Sentandreu E., Cerdán-Calero M., Navarro J.L. Metabolite Profiling of Pigments from Acid-hydrolysed Persimmon (Diospyros Kaki) Extracts by HPLC-DAD/ESI-MSn Analysis // J. Food Compos. Anal. – 2015. – Vol.38. – P. 55-61. DOI: 10.1016/j.jfca.2014.10.010.
- 44 Grygorieva O., Brindza J., Vietoris V., Kucelová L., Tóth D., Abraham V., Hricová M. Morphological and Organoleptic Fruit Properties of Various Persimmon Species (Diospyros Spp.)// Potravinárstvo. – 2011. – Vol.5(3). – P. 11-19. DOI: 10.5219/150.
- 45 Vieites R.L., Picanco N.F.M., Daiuto E.R. Gamma Radiation in the Conservation of 'Giombo' Persimmon, without Adstringency Stored under Refrigeration// Rev. Bras. Frutic. – 2012. – Vol.34(3). – P. 719-726. DOI: 10.1590/s0100-29452012000300010



- 46 Ashok P.K., Upadhyaya K. Tannins are Astringent // J. Pharmacogn. Phytochem. – 2012. – Vol.1. – P. 45-50.
- 47 Ancillotti C., Caprini C., Scordo C., Renai L., Giordani E., Orlandini S., Furlanetto S., Bubba M.D. Phenolic Compounds in Rojo Brillante and Kaki Tipo Persimmons at Commercial Harvest and in Response to CO<sub>2</sub> and Ethylene Treatments for Astringency Removal// LWT- Food Sci. Technol. – 2019. – Vol.100. – P. 99-105. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.10.031
- 48 Novillo P., Besada C., Tian L., Bermejo A., Salvador A. Nutritional Composition of Ten Persimmon Cultivars in the “Ready-to-eat Crisp” Stage. Effect of Deastringency Treatment// Food Nutr. Sci. – 2015. – Vol.6(14). – P. 1296-1306. DOI: 10.4236/fns.2015.614135.
- 49 Vieites R.L., Picanco N.F.M., Daiuto E.R. Gamma Radiation in the Conservation of ‘Giombo’ Persimmon, without Adstringency Stored under Refrigeration // Rev. Bras. Frutic. – 2012. – Vol.34(3). – P. 719-726. DOI: 10.1590/s0100-29452012000300010
- 50 Martineli M., Rezende C.M., Fonseca M.J.O., Soares A.G., Deliza R. Packagings for the Transportation of Persimmon and Their Effects on Sensory Characteristics // Pesquisa Agropecuária Bras. – 2019. – Vol.54. e00082. DOI: 10.1590/s1678-3921.pab2019.v54.00082
- 51 Hidalgo C., Mateo E., Mas A., Torija M.J. Identification of Yeast and Acetic Acid Bacteria Isolated from the Fermentation and Acetification of Persimmon (Diospyros Kaki) // Food Microbiol. – 2012. – Vol.30. – P. 98-104. DOI: 10.1016/j.fm.2011.12.017
- 52 Zhu W., Zhu B., Li Y., Zhang Y., Zhang B., Fan J. Acidic Electrolyzed Water Efficiently Improves the Flavor of Persimmon (Diospyros Kaki L. Cv. Mopan) Wine // Food Chem. – 2016. – Vol.197. – P.141-149. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.10.106
- 53 Lee J.H., Lee Y.B., Seo W.D., Kang S.T., Lim J.W., Cho K.M. Comparative Studies of Antioxidant Activities and Nutritional Constituents of Persimmon Juice (Diospyros Kaki L. Cv. Gapjubaekmok) // Prev. Nutr. Food Sci. – 2012. – Vol.17(2). – P.141-151. DOI: 10.3746/pnf.2012.17.2.141
- 54 Ubeda C., Hidalgo C., Torija M.J., Mas A., Troncoso A.M., Morales M.L. Evaluation of Antioxidant Activity and Total Phenols Index in Persimmon Vinegars Produced by Different Processes // LWT- Food Sci. Technol. – 2011. – Vol.44(7). – P. 1591-1596. DOI: 10.1016/j.lwt.2011.03.001.
- 55 Zhu J.C., Niu Y.W., Feng T., Liu S.J., Cheng H.X., Xu N., Yu H.Y., Xiao Z.B. Evaluation of the Formation of Volatiles and Sensory Characteristics of Persimmon (Diospyros Kaki L. F.) Fruit Wines Using Different Commercial Yeast Strains of Saccharomyces Cerevisiae // Nat. Prod. Res. – 2014. – Vol.28. – P. 1887-1893. DOI: 10.1080/14786419.2014.955492
- 56 Liu M., Yang K., Qi Y., Fan M., Wei X. Physicochemical Characteristics and Antioxidant Activity of Persimmon Wine by Technology of Pectinase Addition and Different Pre-macerations // J. Food Process. Preserv. – 2018. – Vol.42(2). – P. 1-9. DOI: 10.1111/jfpp.13452.
- 57 Da-Hye K., Sae-Byuk L., Jun-Young J., Heui-Dong P. Development of Air-blast Dried non-Saccharomyces Yeast Starter for Improving Quality of Korean Persimmon Wine and Apple Cider // Int. J. Food Microbiol. – 2019. – Vol.290. – P.193-204. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.10.002.
- 58 Karaman S., Toker O.S., Yüksel F., Çam M., Kayacier A., Dogan M. Physicochemical, Bioactive, and Sensory Properties of Persimmon-based Ice Cream: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution to Determine Optimum Concentration // J. Dairy Sci. – 2014. – Vol.97(1). – P. 97-110. DOI: 10.3168/jds.2013-7111
- 59 Bolzan A.B., Pereira E.A. Elaboração E Caracterização De Doce Cremoso De Caqui Com Adição De Sementes Da Araucária [Elaboration and Characterization of Creamy Persimmon Sweet with the Addition of Araucaria Seeds] // Braz. J. Food Technol. – 2017. – Vol.20, e2016061. DOI: 10.1590/1981-6723.6116
- 60 Querido A.F., Silva C., Pelegrine D., Alves G.L. Persimmon Pulp and Jelly: Chemical Characterization and Rheological Behavior // Brazilian J. Appl. Technol. Agric. Sci. – 2013. – Vol.6(2). – P. 97-103. DOI: 10.5777/paet.v6i2.2229.
- 61 Milani L.I.G., Terra N.N., Fries L.L.M., Rezer A.P.S., Ferreira S.F., Cichoski A.J., Ferreira C.R. Oxidação Lipídica, Características Sensoriais E Cor Da Carne De Frango Adicionada De Extratos De Caqui (Diospyros Kaki L.) E Submetida a Tratamento Térmico [Lipid Oxidation, Sensory Characteristics and Color of Chicken Meat Added with Persimmon Extracts (Diospyros Kaki L.) And Heat Treated] // Braz. J. Food Technol. – 2010. – Vol.13(4). – P.242-250. DOI: 10.4260/BJFT2010130400033



## References

- 1 Manach C., Scalbert A., Morand C., Rémésy C., Jiménez L. Polyphenols: food sources and bioavailability // *Am. J. Clin. Nutr.* – 2004. – Vol. 79. – P. 727-747.
- 2 Jung S.T., Park Y.S., Zachwieja Z., Foltá M., Barton H., Piotrowicz J. et al. Some essential phytochemicals and the antioxidant potential in fresh and dried persimmon // *Int. J. Food Sci. Nutr.* – 2005. – Vol. 56. – P. 105-113.
- 3 Montoro P., Serreli G., Gil K.A., D'Urso G., Kowalczyk A., Tuberoso C.I.G. Evaluation of bioactive compounds and antioxidant capacity of edible feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret) flower extracts // *J. Food Sci. Technol.* – 2020. – Vol. 57(6). – P. 2051-2060. doi: 10.1007/s13197-020-04239-2. PMID: 32431331
- 4 Butt M.S., Sultan M.T., Aziz M., Naz A., Ahmed W., Kumar N., Imran M. Persimmon (*Diospyros kaki*) fruit: hidden phytochemicals and health claims // *EXCLI J.* – 2015. – Vol. 14. – P. 542-561. doi: 10.17179/excli2015-159. PMID: 27047315.
- 5 Bibi N., Khattak A.B., Mehmood Z. Quality improvement and shelf life extension of persimmon fruit *Diospyros kaki* // *J. Food Eng.* – 2007. – Vol. 79. – P. 1359-1363.
- 6 Rodrigo R. Oxidative Stress and Antioxidants: Their Role in Human Diseases; Nova. – New York, USA. – 2009. – P. 9-10.
- 7 Droge W. Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiological Reviews.* – 2002. – Vol. 82. – P. 47-95.
- 8 Shahidi F., Zhong Y. Measurement of antioxidant activity. *J. Funct. – Foods*, 2015. – Vol. 18. – P. 757-781.
- 9 Munteanu I.G., Apetrei C. Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity: A Review // *Int. J. Mol. Sci.* – 2021. – Vol. 22. – 3380 p. <https://doi.org/10.3390/ijms22073380>
- 10 Ratnam K.V., Ankola D.D., Bahrdwai J.K.V., Sahana D.K. and Kavar M.N.V. A review: Role of antioxidant in prophylaxis and therapy. A pharmaceutical prospective // *Journal of Controlled Release.* – 2006. – Vol. 11. – P. 189-207.
- 11 Carocho M., Ferreira I.C. A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives // *Food Chem Toxicol.* – 2013. – Vol. 51. – P. 15-25. doi: 10.1016/j.fct.2012.09.021
- 12 Milczarek R.R., Woods R.D., LaFond S.I., Breksa A.P., Preece J.E., Smith J.L., Sedej I., Olsen C.W., Vilches A.M. Synthesis of Descriptive Sensory Attributes and Hedonic Rankings of Dried Persimmon (*Diospyros Kaki* Sp.) // *Food Sci. Nutr.* – 2018. – Vol. 6(1). – P. 124-136. doi:10.1002/fsn3.537\
- 13 Milczarek R.R., Woods R.D., LaFond S.I., Breksa A.P., Preece J.E., Smith J.L., Sedej I., Olsen C. W., Vilches A.M. Synthesis of Descriptive Sensory Attributes and Hedonic Rankings of Dried Persimmon (*Diospyros Kaki* Sp.) // *Food Sci. Nutr.* – 2018. – Vol. 6(1). – P. 124-136.
- 14 Santos A.D.D.C., Fonseca F.A., Dutra L.M., Santos M.F.C., Menezes L.R.A., Campos F.R., Nagata N., Ayub R., Barison A. 1H HR-MAS NMR-based Metabolomics Study of Different Persimmon Cultivars (*Diospyros Kaki*) during Fruit Development // *Food Chem.* – 2018. – Vol. 239. – P. 511-519. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.06.133.
- 15 Kluge R.A., Tessmer M.A. Caqui – *Diospyros Kaki*; Exotic Fruits // University of São Paulo/ESALQ: São Paulo. – 2018. – P.113-119.
- 16 Llácer G., Badenes M.L. Persimmon Production and Market. First Mediterranean symposium on persimmon. – 2002. – P. 9-21.
- 17 Matheus J.R.V., Andrade C.J., Miyahira R.F., Fai A.E.C. Persimmon (*Diospyros Kaki* L.): Chemical Properties, Bioactive Compounds and Potential Use in the Development of New Products: A Review // *Food Reviews International.* – 2020. DOI: 10.1080/87559129.2020.1733597
- 18 George A.P., Redpath S. Health and Medicinal Benefits of Persimmon Fruit: A Review // *Adv. Hort. Sci.* – 2008. – Vol. 22(4). – P. 244-249.
- 19 Giordani E., Doucette S., Nin S., Del Bubba M. Selected Primary and Secondary Metabolites in Fresh Persimmon (*Diospyros Kaki* Thunb.): A Review of Analytical Methods and Current Knowledge of Fruit Composition and Health Benefits // *Food Res. Int.* – 2011. – Vol. 44. – P. 1752-1767. DOI: 10.1016/j.foodres.2011.01.036.

- 20 Butt M.S., Sultan M.T., Aziz M., Naz A., Ahmed W., Kumar N., Imran M. Persimmon (Diospyros Kaki) Fruit: Hidden Phytochemicals and Health Claims // *Excli J.* – 2015. – Vol.14(5). – P. 42-561. doi: 10.17179/excli2015-159
- 21 Ramachandraiah K., Gnoc N.T.B., Chin K.B. Biosynthesis of Silver Nanoparticles from Persimmon Byproducts and Incorporation in Biodegradable Sodium Alginate Thin Film // *J. Food Sci.* – 2017. – Vol.82(10). – P. 2329-2336. doi: 10.1111/1750-3841.13865
- 22 Ban Q., Han Y., He Y., Jin M., Han S., Suo J., Rao J.P. Functional Characterization of Persimmon  $\beta$ -galactosidase Gene DkGAL1 in Tomato Reveals Cell Wall Modification Related to Fruit Ripening and Radicle Elongation // *Plant Sci.* – 2018. – Vol.274. – P. 109-120. doi: 10.1016/j.plantsci.2018.05.014.
- 23 Conesa C., Laguarda-Miró N., Fito P., Seguí L. Evaluation of Persimmon (Diospyros Kaki Thunb. Cv. Rojo Brillante) Industrial Residue as a Source for Value Added Products // *Waste Biomass Valorization.* – 2019. – Vol.1. – P.1-12. doi: 10.1007/s12649-019-00621-0.
- 24 Vázquez-Gutiérrez J.L., Hernando I., Quiles A. Changes in Tannin Solubility and Microstructure of High Hydrostatic Pressure-treated Persimmon Cubes during Storage at 4°C // *Eur. Food Res. Technol.* – 2013. – Vol.237. – P.9-17. doi: 10.1007/s00217-013-2010-1.
- 25 Hernández-Carrión M., Vázquez-Gutiérrez J.L., Hernando I., Quiles A. Impact of High Hydrostatic Pressure and Pasteurization on the Structure and the Extractability of Bioactive Compounds of Persimmon “Rojo Brillante”// *J. Food Sci.* – 2014. – Vol.79(1). – P.32-38. doi: 10.1111/1750-3841.12321
- 26 Persic M., Jakopic J., Hudina M. The Effect of Post-harvest Technologies on Selected Metabolites in Persimmon (Diospyros Kaki Thunb.)// *Fruit. J. Sci. Food Agric.* – 2018. – Vol.99(2). – P.854-860. doi: 10.1002/jsfa.9255.
- 27 Grossgejm A.A. Flora Kavkaza [Tekst] / A.A. Grossgejm. T.VII. L.:Nauka. – 1967. – C. 151-152.
- 28 Tahtadzhyan A.L. Proiskhozhdenie i rasselenie cvetochnyh rastenij [Tekst] / A.L. Tahtadzhyan. L.: Nauka. – 1970. – 144 s.
- 29 Solov'eva L.V. Citologicheskoe issledovanie nekotoryh vidov i sortov hurmy [Tekst] / L.V. Solov'eva, M.D. Omarov // *Trudy MGU.* – №6. – 1986. – S. 19-21.
- 30 Omarov M.D. Morphological and biological characteristics of persimmon species // *Subtropical and decorative gardening.* – 2009. – No 42-2. – P. 347-355.
- 31 Omarov M.D. Hurma vostochnaya v subtropikah Rossii [Tekst] / M.D. Omarov. – Sochi, 2000. – 98 s. Chitarra M.I.F., Chitarra A.B. Pós-colheita De Frutos E Hortalças: Fisiologia E Manuseio// *ESAL/FAEPE: Lavras.* – 2005.
- 32 Salvador A., Arnal L., Besada C., Larrea L., Quiles A., Pérez-Munuera I. Physiological and Structural Changes during Ripening and Deastringency Treatment of Persimmon Fruit Cv. ‘Rojo Brillante’. Postharvest// *Biol. Technol.* – 2007. – Vol.46. – P.181-188. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2007.05.003.
- 33 Sapper M., Palou L., Pérez-Gago M.B., Chiralt A. Antifungal Starch-gellan Edible Coatings with Thyme Essential Oil for the Postharvest Preservation of Apple and Persimmon // *Coatings.* – 2019. – Vol.9(5). – 333 p. DOI: 10.3390/coatings9050333
- 34 Zhao D., Zhou C., Tao J. Carotenoid Accumulation and Carotenogenic Genes Expression during Two Types of Persimmon Fruit (Diospyros Kaki L.) Development // *Plant Mol. Biol. Rep.* – 2011. – Vol.29(3). – P. 646-654. DOI: 10.1007/s11105-010-0272-3.
- 35 Qi Y., Liu X., Zhang Q., Wu H., Yan D., Liu Y., Zhu X., Ren X., Yang Y. Carotenoid Accumulation and Gene Expression in Fruit Skins of Three Differently Colored Persimmon Cultivars during Fruit Growth and Ripening // *Sci. Hortic.* – 2019. – Vol.248. – P. 282-290. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.12.042
- 36 Tessmer M.A., Besada C., Hernando I., Appezzato-da-Glória B., Quiles A., Salvador A. Microstructural Changes while Persimmon Fruits Mature and Ripen. Comparison between Astringent and Non-astringent Cultivars. Postharvest // *Biol. Technol.* – 2016. – Vol.120. – P. 52-60. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2016.05.014.
- 37 Bubba M.D., Giordani E., Pippucci L., Cincinelli A., Checchini L., Galvan P. Changes in Tannins, Ascorbic Acid and Sugar Contents in Astringent Persimmons during On-tree Growth and Ripening and in Response to Different Postharvest Treatments // *J. Food Compost. Anal.* – 2009. – Vol.22. – P. 668-677. DOI: 10.1016/j.jfca.2009.02.015.

- 38 Ikegami A., Yonemori K., Kitajima A., Sato A., Yamada M. Expression of Genes Involved in Proanthocyanidin Biosynthesis during Fruit Development in a Chinese Pollinationconstant, Nonstringent (PCNA) Persimmon, 'luo Tian Tian Shi'// J. Am. Soc. Hortic. Sci. – 2005. – Vol.130(6). – P. 830-835. DOI: 10.21273/JASHS.130.6.830
- 39 Yonemori K., Ikegami A., Kanzaki S., Sugiura A. Unique Features of Tannin Cells in Fruit of Pollination Constant Non-astringent Persimmons // Acta Hortic. – 2003. – Vol.601. – P. 31-35. DOI:10.17660/ActaHortic.2003.601.3.
- 40 Veberic R., Jurhar J., Mikulic-Petkovsek M., Stampar F., Schmitzer V. Comparative Study of Primary and Secondary Metabolites in 11 Cultivars of Persimmon Fruit (Diospyros Kaki L.)// Food Chem. – 2010. – Vol.119. – P. 477-483. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.06.044
- 41 Yaqub S., Farooq U., Shafi A., Akram K., Murtaza M.A., Kausar T., Siddique F. Chemistry and Functionality of Bioactive Compounds Present in Persimmon // J. Chem. – 2016. – P. 1-13. DOI: 10.1155/2016/3424025
- 42 Sentandreu E., Cerdán-Calero M., Navarro J.L. Metabolite Profiling of Pigments from Acid-hydrolysed Persimmon (Diospyros Kaki) Extracts by HPLC-DAD/ESI-MSn Analysis // J. Food Compos. Anal. – 2015. – Vol.38. – P. 55-61. DOI: 10.1016/j.jfca.2014.10.010.
- 43 Grygorieva O., Brindza J., Vietoris V., Kucelová L., Tóth D., Abraham V., Hricová M. Morphological and Organoleptic Fruit Properties of Various Persimmon Species (Diospyros Spp.)// Potravinárstvo. – 2011. – Vol.5(3). – P. 11-19. DOI: 10.5219/150.
- 44 Vieites R.L., Picanco N.F.M., Daiuto E.R. Gamma Radiation in the Conservation of 'Giombo' Persimmon, without Adstringency Stored under Refrigeration// Rev. Bras. Frutic. – 2012. – Vol.34(3). – P. 719-726. DOI: 10.1590/s0100-29452012000300010
- 45 Ashok P.K., Upadhyaya K. Tannins are Astringent // J. Pharmacogn. Phytochem. – 2012. – Vol.1. – P. 45-50.
- 46 Ancillotti C., Caprini C., Scordo C., Renai L., Giordani E., Orlandini S., Furlanetto S., Bubba M.D. Phenolic Compounds in Rojo Brillante and Kaki Tipo Persimmons at Commercial Harvest and in Response to CO<sub>2</sub> and Ethylene Treatments for Astringency Removal// LWT- Food Sci. Technol. – 2019. – Vol.100. – P. 99-105. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.10.031
- 47 Novillo P., Besada C., Tian L., Bermejo A., Salvador A. Nutritional Composition of Ten Persimmon Cultivars in the "Ready-to-eat Crisp" Stage. Effect of Deastringency Treatment// Food Nutr. Sci. – 2015. – Vol.6(14). – P.1296-1306. DOI: 10.4236/fns.2015.614135.
- 48 Vieites R.L., Picanco N.F.M., Daiuto E.R. Gamma Radiation in the Conservation of 'Giombo' Persimmon, without Adstringency Stored under Refrigeration // Rev. Bras. Frutic. – 2012. – Vol.34(3). – P. 719-726. DOI: 10.1590/s0100-29452012000300010
- 49 Martineli M., Rezende C.M., Fonseca M.J.O., Soares A.G., Deliza R. Packagings for the Transportation of Persimmon and Their Effects on Sensory Characteristics // Pesquisa Agropecuária Bras. – 2019. – Vol.54. e00082. DOI: 10.1590/s1678-3921.pab2019.v54.00082
- 50 Hidalgo C., Mateo E., Mas A., Torija M.J. Identification of Yeast and Acetic Acid Bacteria Isolated from the Fermentation and Acetification of Persimmon (Diospyros Kaki) // Food Microbiol. – 2012. – Vol.30. – P. 98-104. DOI: 10.1016/j.fm.2011.12.017
- 51 Zhu W., Zhu B., Li Y., Zhang Y., Zhang B., Fan J. Acidic Electrolyzed Water Efficiently Improves the Flavor of Persimmon (Diospyros Kaki L. Cv. Mopan) Wine // Food Chem. – 2016. – Vol.197. – P. 141-149. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.10.106
- 52 Lee J.H., Lee Y.B., Seo W.D., Kang S.T., Lim J.W., Cho K.M. Comparative Studies of Antioxidant Activities and Nutritional Constituents of Persimmon Juice (Diospyros Kaki L. Cv. Gapjubaekmok) // Prev. Nutr. Food Sci. – 2012. – Vol.17(2). – P. 141-151. DOI: 10.3746/pnf.2012.17.2.141
- 53 Ubeda C., Hidalgo C., Torija M.J., Mas A., Troncoso A.M., Morales M.L. Evaluation of Antioxidant Activity and Total Phenols Index in Persimmon Vinegars Produced by Different Processes // LWT- Food Sci. Technol. – 2011. – Vol.44(7). – P. 1591-1596. DOI: 10.1016/j.lwt.2011.03.001.
- 54 Zhu J.C., Niu Y.W., Feng T., Liu S.J., Cheng H.X., Xu N., Yu H.Y., Xiao Z.B. Evaluation of the Formation of Volatiles and Sensory Characteristics of Persimmon (Diospyros Kaki L. F.) Fruit Wines Using Different Commercial Yeast Strains of Saccharomyces Cerevisiae // Nat. Prod. Res. – 2014. – Vol.28. – P. 1887-1893. DOI: 10.1080/14786419.2014.955492

- 55 Liu M., Yang K., Qi Y., Fan M., Wei X. Physicochemical Characteristics and Antioxidant Activity of Persimmon Wine by Technology of Pectinase Addition and Different Pre-macerations // J. Food Process. Preserv. – 2018. – Vol.42(2). – P. 1-9. DOI: 10.1111/jfpp.13452.
- 56 Da-Hye K., Sae-Byuk L., Jun-Young J., Heui-Dong P. Development of Air-blast Dried non-Saccharomyces Yeast Starter for Improving Quality of Korean Persimmon Wine and Apple Cider // Int. J. Food Microbiol. – 2019. – Vol.290. – P. 193-204. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.10.002.
- 57 Karaman S., Toker O.S., Yüksel F., Çam M., Kayacier A., Dogan M. Physicochemical, Bioactive, and Sensory Properties of Persimmon-based Ice Cream: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution to Determine Optimum Concentration // J. Dairy Sci. – 2014. – Vol.97(1). – P. 97-110. DOI: 10.3168/jds.2013-7111
- 58 Bolzan A.B., Pereira E.A. Elaboração E Caracterização De Doce Cremoso De Caqui Com Adição De Sementes Da Araucária [Elaboration and Characterization of Creamy Persimmon Sweet with the Addition of Araucaria Seeds] // Braz. J. Food Technol. – 2017. – Vol.20, e2016061. DOI: 10.1590/1981-6723.6116
- 59 Querido A.F., Silva C., Pelegri D., Alves G.L. Persimmon Pulp and Jelly: Chemical Characterization and Rheological Behavior // Brazilian J. Appl. Technol. Agric. Sci. – 2013. – Vol.6(2). – P. 97-103. DOI: 10.5777/paet.v6i2.2229.
- 60 Milani L.I.G., Terra N.N., Fries L.L.M., Rezer A.P.S., Ferreira S.F., Cichoski A.J., Ferreira C.R. Oxidação Lipídica, Características Sensoriais E Cor Da Carne De Frango Adicionada De Extratos De Caqui (Diospyros Kaki L.) E Submetida a Tratamento Térmico [Lipid Oxidation, Sensory Characteristics and Color of Chicken Meat Added with Persimmon Extracts (Diospyros Kaki L.) And Heat Treated] // Braz. J. Food Technol. – 2010. – Vol.13(4). – P. 242-250. DOI: 10.4260/BJFT2010130400033

## СУБТРОПИКАЛЫҚ ҚҰРМА ЖЕМІСІ – АНТИОКСИДАНТТАРДЫҢ КӨЗІ

Е. Фокина  \*

Биотехнология және тамақ өнеркәсібі жоғары мектебі,  
Биомедициналық жүйелер және биотехнология институты, Ұлы Петрдің Санкт-Петербург  
политехникалық университеті, Санкт-Петербург қ., Ресей  
elizabeth\_fox@mail.ru

Аннотация: антиоксиданттар-тотығуды тежейтін және бос радикалдардың тотығу әсерін бейтараптандыруға қабілетті заттар. Диетадан алынған антиоксиданттар қазіргі уақытта денсаулыққа пайдалы әсерлері, соның ішінде әртүрлі аурулардың алдын алудағы рөлі үшін көбірек зерттелуде. Жалпы, өсімдік антиоксиданттарына көп көңіл бөлінеді, өйткені оларды ұзақ уақыт бойы ешқандай жанама әсерлерсіз тұтынуға болады. Жемістер адам диетасының маңызды құрамдас бөлігі болып табылады және денсаулықты сақтауда маңызды рөл атқарады. Бұл адам физиологиясына пайдалы әсер ететін биоактивті компоненттердің болуына байланысты. Бірқатар өсімдіктер пайдалы тамақ өнімдері ретінде танымал болды. Олардың ішінде жемістері қоректік және күшті антиоксиданттық белсенділігі бар құрманы (*Diospyros kaki* L.) ажыратуға болады. Бұл шолуда құрма түрлері, оның қасиеттері және қолдану әдістері туралы мәліметтер жинақталған.

Түйін сөздер: құрма; антиоксиданттар; биологиялық белсенді заттар

## SUBTROPIC PERSIMMON FRUIT – A SOURCE OF ANTIOXIDANTS

Ye. Fokina  \*

---

Higher School of Biotechnology and Food Production,  
Institute of Biomedical Systems and Biotechnology,  
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia  
elizabeth\_fox@mail.ru

**Abstract:** antioxidants are substances that inhibit oxidation and are able to neutralize the oxidative effect of free radicals. Dietary-derived antioxidants are now increasingly being researched for their positive health effects, including their role in the prevention of various diseases. In general, plant antioxidants receive a lot of attention as they can be consumed for longer periods of time without any side effects. Fruits are an important component of the human diet and play an important role in maintaining health. This is due to the presence of bioactive components that have a beneficial effect on human physiology. A number of plants have gained popularity as useful food items. Among them, persimmon (*Diospyros kaki* L.) can be distinguished, the fruits of which are nutritious and have strong antioxidant activity. This review summarizes data on the types of persimmon, its properties and methods of use.

**Keywords:** persimmon; antioxidants; biologically active substances