

УДК 577.1. 577.352.34

## ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ЛИСТЬЕВ *PISTACIA VERA*\*

© Р.Р. Махмудов, К.В. Раимова, Н.Г. Абдулладжанова\*\*, Ю.И. Ощепкова, Ш.И. Салихов

Институт биоорганической химии им. акад. А.С. Садыкова АН РУз,  
ул. Мирзо Улугбека, 83, Ташкент, 100125, Республика Узбекистан,  
anodira73@rambler.ru

Впервые исследованы фенольные компоненты листьев *P. vera* L., произрастающей в Бостанлыкском районе Ташкентской области Республики Узбекистан. Сырье собрано в сентябре 2022 года, после сбора плодов фисташки. 1 кг воздушно-сухих измельченных листьев растения обрабатывали хлороформом, затем трехкратно экстрагировали 70%-ным водным ацетоном с последующей выпаркой ацетона, обработкой водного остатка этилацетатом, концентрированием этилацетатной фракции, и осаждением концентрата хлороформом получена сумма полифенолов. Выход составил 12% от воздушно-сухого веса сырья. Для предварительного разделения полифенолов использовали колоночную хроматографию на гольевом порошке. Колонку последовательно промывали диэтиловым эфиром, водой, чистым ацетоном и 60%-ным водным ацетоном. Впервые из данного растения методом колоночной хроматографии выделены фенолоскислоты, флавоноиды и галлотаннины. Основными компонентами листьев *P. vera* оказались галлотаннины (45–47% от веса суммы полифенолов). Идентификация выделенных соединений проведена методами тонкослойной хроматографии, высокоэффективной жидкостной хроматографии и масс-спектрометрии и ЯМР. В результате проведенных исследований установлено, что листья фисташек содержат кверцетин – 3-О-(2''-галлоил)-β-D-глюкопиранозид, мирицетин-3-О-β-(6''-галлоил)-галактопиранозид, 1,2,6-три-О-галлоил-β-D-глюкопираноза, 1,2,4,6-тетра-галлоил-β-D-глюкопиранозой, 1,2,3,4,6-пента-О-галлоил-β-D-глюкоза, 3-О-дигаллоил-1,2,4,6-тетра-О-галлоил-β-D-глюкоза, 3,6-бис-О-дигаллоил-1,2,4-три-О-галлоил-β-D-глюкоза, галловая кислота, 1,2,3,6-тетра-О-галлоил-β-D-глюкопираноза, 1-О-галлоил-2,3-гексагидроксифеноил-β-D-глюкопираноза, 1,3,6-три-О-галлоил-β-D-глюкопираноза.

**Ключевые слова:** *Pistacia vera*, колоночная хроматография (КХ), бумажная хроматография (БХ), тонкослойная хроматография (ТСХ), гидролизуемые танины, галлотаннины, высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ), ЯМР, масс-спектрометрия.

**Для цитирования:** Махмудов Р.Р., Раимова К.В., Абдулладжанова Н.Г., Ощепкова Ю.И., Салихов Ш.И. Фенольные соединения листьев *Pistacia vera* // Химия растительного сырья. 2026. №2. С. 207–216. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20260215459>.

### Введение

Среди 11 видов фисташки рода *Pistacia* съедобным является только вид фисташка настоящая *Pistacia vera* L., представитель семейства Anacardiaceae. Представляет собой дерево высотой от 3 до 10 м, имеет перисто-сложный лист. Каждый лист опирается на одну пазушную почку. Большинство этих боковых пазушных почек дифференцируются в зачатки соцветий и на следующий год дают орешек. Фисташковое дерево – двудомное растение с мужскими и женскими цветками, растущими на отдельных деревьях. Цветет фисташковое дерево в марте-мае, плоды созревают в августе-сентябре. *Pistacia vera* L. произрастает в Центральной и Западной Азии и широко распространена в Средиземноморском регионе, особенно в Северной Африке [1, 2]. Произрастает в горных районах Средней Азии, образуя крупные пестролистные заросли на каменистых скалистых участках, лесных склонах, предгорьях и холмах. Выращивается на промышленных плантациях в горных районах Кавказа и Средней Азии. Культурные виды фисташек разводят в странах Средиземноморья, Закавказья, в Крыму. Ядра фисташек содержат до 60% жирного масла, каротин, до 30% белков, клетчатку, углеводы, витамины В, Е, микро- и макроэлементы. Листья и галлы на листьях содержат дубильные вещества. Антиоксидант, содержащийся в фисташках, омолаживает весь организм. Фисташки

\* Данная статья имеет электронный дополнительный материал (приложение), который доступен читателям на сайте журнала. DOI: 10.14258/jcprm.20260215459s

\*\* Автор, с которым следует вести переписку.

используются в виде сушеных орехов или в качестве добавки в пищевой промышленности. При производстве фисташек образуется большое количество потенциально ценных отходов, таких как листья и шелуха, которые используются в качестве ценного ресурса в традиционной медицине [3–5].

В настоящее время научные статьи подтвердили наличие полезных биологических соединений в различных частях *Pistacia sp.*, таких как ядра, шелуха и листья, а также в ее камедях [6]. Кроме того, было продемонстрировано, что потребление фисташки снижает уровень основных факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), предотвращает появление рака и снижает уровень холестерина ЛПНП [7]. Помимо вышеупомянутых преимуществ для здоровья человека, были изучены и другие потенциальные полезные эффекты. Варега и др. сообщили об антимикробной способности скорлупы фисташек [8], а Erson и Grase и др. показали, что шелуха *Pistacia vera L.* обладает антиоксидантной активностью [9, 10]. Фисташковая камедь применяется при некоторых заболеваниях желудка и дыхательных путей. Кроме того, олеорезин из *P. vera L.* продемонстрировал антиноцицептивную и противовоспалительную активность [11, 12]. В других исследованиях экстракты листьев *P. vera L.* показали противорвотное действие у молодых цыплят и значительный антиоксидантный эффект [13]. Кроме того, сообщалось, что эфирные масла орехов фисташки обладают противомикробной и антиоксидантной активностями [14, 15].

В плодах *P. atlantica* обнаружено 27 полифенолов, из них 24 описаны впервые. Основными классами полифенолов являются галлаты (63.92%), флавоноиды (34.48%) и производные эллаговой кислоты (1.60%). В этих классах преобладают пентагаллат (17.04%), лютеолин (10.8%) и эллаговая кислота (0.86%) от общего количества полифенолов [16, 17]. Для идентификации основных фенольных соединений в зрелых плодах *P. atlantica* использован ВЭЖХ-ESI-MS.

Для определения основных фенольных соединений был проведен ВЭЖХ-анализ кожуры плодов иранских сортов *P. vera L.* Основными компонентами были цианидин-3-О-галактозид (120.81–181.94 мг/100 г сухой массы), галловая кислота (27.89–45.25), катехин (7.2–11.01) и эриодиктиол-7-О-глюкозид (7.23–16.02) [20]. А также изучены антиоксидантная и антигликативная активности полифенолов кожуры фисташек [18].

Антиоксидантную активность определяли с помощью методов DPPH и ABTS. Антигликативную активность оценивали как ингибирование образования конечного продукта гликирования (КПГ) на модели бычьего сывороточного альбумина метилглиоксаля [19].

В результате выявлено, что цианидин-3-О-галактозид оказался самым эффективным соединением, ответственным за антиоксидантную и антигликативную активности и рекомендован для профилактики и лечения некоторых заболеваний, связанных с окислительным стрессом, таких как диабет и болезнь Альцгеймера, которые связаны с накоплением КПГ [20].

Два новых галлотаннина, пистафолин А и пистафолин В (pistafolin A, B), четыре известных галлотаннина, семь известных флавоноидных гликозидов, а также 1-О-β-D-(6'-О-галлоил)-глюкопиранозил-3-метокси-5-гидроксибензол, галловая кислота, метилгаллат, (+)-катехин и (+)-галлокатехин были выделены из экстракта листьев *P. weinmannifolia* [21]. Проведены исследования по изучению антиоксидантной активности пистафолина А и Б, в предотвращении повреждения липидов, белков и ДНК, вызванного активными формами кислорода. Оба соединения дозозависимо ингибировали перекисное окисление липидов и предотвращали окислительное повреждение бычьего сывороточного альбумина, вызванное пероксидом. Защитное действие двух галлотаннинов против окислительного повреждения биомолекул было обусловлено их сильной способностью улавливать свободные радикалы. Пистафолин А с тремя галлоильными фрагментами показал более сильную антиоксидантную способность, чем Пистафолин Б с двумя галлоильными фрагментами [22].

Таким образом, литературные данные позволяют предположить, что листья фисташек можно использовать как потенциальный источник новых перспективных биологически активных соединений для фармацевтической промышленности.

Данная работа была проведена с целью выяснения качественного и количественного фенольного состава листьев растения *P. vera L.*, произрастающего в горных районах Ташкентской области Республики Узбекистан.

### **Экспериментальная часть**

*Выделение суммы полифенолов* [23]. С целью изучения химического состава листьев растений *Pistacia vera* из Бостанлыкского района Ташкентской области было собрано и высушено растительное сырье. 1 кг

воздушно-сухих измельченных зрелых листьев растения предварительно экстрагировали хлороформом в соотношении 1 : 4 (50–55 °С, 2 ч, 3 раза) для удаления липофильных веществ. Затем сырье высушивали при комнатной температуре в течение 24 ч (т.е. до исчезновения запаха хлороформа) и трехкратно экстрагировали 70%-ным водным ацетоном в соотношении 1 : 5 (45–50 °С, 2 ч, 3 раза). Водно-ацетоновые экстракты объединяли, концентрировали под вакуумом. Водный остаток дополнительно обрабатывали хлороформом, а затем многократно (5–6 раз) этилацетатом, получая 10 л этилацетатной фракции. Этилацетатную фракцию сушили над безводным Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, концентрировали до небольшого объема (1.6 л) и полифенолы осаждали трехкратным объемом х/ч хлороформа. Сумму полифенолов отфильтровали, промывали сухим хлороформом и высушивали в вакуум-сушильном шкафу при комнатной температуре. Выход 120 г.

Для хроматографии суммы полифенолов был использован метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

Условия хроматографии: хроматограф – ВЭЖХ Ultimate 3000, Thermo Fisher Scientific (США), снабженный автоматическим пробоотборником; колонка Hypersil GOLDaQ 100 мм × 2.1 мм, размер частиц 1.9 мкм; подвижная фаза: А – ацетонитрил, В – 0/1% раствор трифторуксусной кислоты (рН=3). Градиент концентрации буфера с ацетонитрилом: 0–15 мин – ацетонитрил 15% (v/v), 15–27 мин – ацетонитрил 30% (v/v), 27–42 мин – ацетонитрил 95% (v/v), 42–45 мин – ацетонитрил 15% (v/v), скорость потока – 0.1 мл/мин. УФ: 254, 280 нм. Температура термостата (колонки) 30 °С.

*Разделение суммы полифенолов* [24]. 5 г суммы полифенолов этилацетатной фракции растворили в 100 мл дистиллированной воды, имеющей температуру 40 °С. Затем экстракт охладили до комнатной температуры и общий объем довели водой до 500 мл. 7.5 г гольевого порошка (Гольевой нехромированный порошок – волокнистый порошок, полученный из специально приготовленного голья, применяющийся для количественного анализа дубящих веществ в растительных и синтетических дубителях. Зола – 0.04% (на абс. сух. в-во), рН 5.0.) залили 90 мл дистиллированной воды и смесь взбалтывали на качалке в течение 20 мин, затем гольевой порошок отжали и смешали с 500 мл полученного раствора полифенолов и вновь взбалтывали на качалке в течение 45 мин. Затем гольевой порошок, с адсорбированными на нем веществами, поместили в хроматографическую колонку с размером 4.5×100 см и промывали диэтиловым эфиром, затем дистиллированной водой до отрицательной реакции на фенольные соединения. Элюцию продолжали последовательно чистым ацетоном и 60% водным ацетоном. Для идентификации и определения однородности веществ применяли тонкослойную хроматографию (на пластинках Silufol UV-254 (толуол-ацетон-муравьиная кислота 6 : 6 : 1)).

*Масс-спектрометрический анализ выделенных полифенолов.* Образцы наносили в колонку с помощью прибора Agilent Technologies Micro WPS по 1 мкл из раствора полифенолов с концентрацией 0.1 мг/мл.

Масс-спектрометрические исследования выделенных полифенолов проводили на приборе Agilent Technologies Q-TOF LC-MS серии 6520B в следующих условиях: источник ионизации – ESI, поток осушающего газа – 5 л/мин, температура осушающего газа – 300 °С, напряжение на: конусе скиммера – 20V, фрагменторе 125V, диапазон масс: в режиме MS 100–2000 m/z, а в режиме Auto MS/MS 50–2000 m/z, энергия столкновения – 35, 50 eV. Способ ионизации: отрицательный. Вводили в масс-спектрометр с помощью хроматографа фирмы Agilent Technologies серии 1200. Мобильная фаза: А – 0.1% раствор муравьиной кислоты, В – ацетонитрил + 0.1% муравьиная кислота. Элюирование осуществляли на приборе Agilent Technologies серии 1260 Cap Pump при скорости потока 15 мкл/мин. Градиент концентрации раствора В: 0–5 мин – 20%, 20 мин – 25%, 25 мин – 30%, 25.1 – 30 мин – 60%, 35 мин – 20%. Растворы дегазировали на приборе Agilent Technologies 1260  $\mu$ -degasser.

Для идентификации соединений, обнаруженных в этой работе, они были предварительно охарактеризованы с помощью результатов масс-спектрометрии по сравнению с приведенными в литературе. В процессе идентификации были использованы следующие публичные базы данных: Chemical Entities of Biological Interest (ChEBI, <https://www.ebi.ac.uk/chebi/>), Chemical Compounds Deep Data Source (<https://www.molinstincts.com/>), ChemSpider ([www.chemspider.com](http://www.chemspider.com)) и Phenol\_Explorer ([www.phenol-explorer.eu](http://www.phenol-explorer.eu)).

*ИК-спектры регистрировали на ИК-Фурье-спектрометре* (фирмы Shimadzu, Япония) системы IRSpirit QATR-S ATR (таблетки KBr или в плёнке). В ИК-спектрах полифенольных соединений основной диапазон колебаний находится в пределах от 4000 до 400 см<sup>-1</sup>, поэтому результаты были получены именно в этих областях. Спектры <sup>1</sup>H и <sup>13</sup>C ЯМР снимались на спектрометре JNM-ECZ600R (Jeol, Япония) с рабочей

частотой 600 МГц. В качестве внутреннего стандарта использовался ТМС (0 м.д.). Химические сдвиги приведены в миллионных долях (м.д.). Константы спин спинового взаимодействия – в герцах (Гц).

### Обсуждение результатов

Изучена сумма полифенолов, выделенная из растения *Pistacia vera L.*, сушкой этилацетатной вытяжки, концентрированием и добавлением к сгущенной вытяжке сухого хлороформа получена сумма полифенолов. Сумма полифенолов представляет собой светло-серый аморфный порошок с желтоватым оттенком, обладающий вяжущим вкусом, хорошо растворим в воде, спирте, ацетоне, нерастворим в хлороформе, бензоле, петролейном эфире. Выход суммы полифенолов составил 12% от воздушно-сухого веса сырья.

Для предварительного разделения полифенолов использована колоночная хроматография на гольевом порошке [24]. Колонку последовательно промывали диэтиловым эфиром, водой, чистым ацетоном и 60% водным ацетоном.

Полученная эфирная фракция содержала одно вещество, которое при обработке хроматограммы 1% спиртовым раствором  $\text{FeCl}_3$  давало синее окрашивание, имела  $R_f$  0.72 в системе растворителей *n*-бутанол – уксусная кислота – вода 40 : 12 : 28, БХ. Эфирную фракцию, содержащую вещество с  $R_f$  0.72, высушили свежeproкаленным  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , упарили досуха под вакуумом, сухой остаток растворили в 2 мл горячей воды и оставили на охлаждение при 10–15 °С. При этом через некоторое время выпал кристаллический осадок, который отфильтровали через воронку Шотта №4, промыли небольшим объемом холодной воды и высушили в вакуум- эксикаторе над  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Полученное вещество (0.025 г) имело температуру плавления 239 °С,  $R_f$  0.55 (система 15% водный раствор  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ). На хроматограмме этого компонента и стандарта галловой кислоты наблюдается одно пятно, также не наблюдается депрессии температуры плавления. Вещество из эфирной фракции было идентифицировано как галловая кислота.

Фракция, элюированная водой, содержала 4 вещества с  $R_f$  0.93, 0.88, 0.84, 0.76, 0.37, 0.10 (система ТСХ: этилацетат – кислота муравьиная – вода (10 : 2 : 3). Идентификация проводилась в парах аммиака с последующим опрыскиванием хроматограммы 5% водным раствором  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и 1% водным раствором  $\text{AlCl}_3$  все вещества давали желтовато-зеленое окрашивание. Водная фракция представляла собой мелкодисперсный светло-желтый порошок (полученный при сушке в лиофильной сушилке), его выход составил 6% от общей суммы полифенолов, элюированных из колонки. Полифенольный состав водной фракции анализировали методом ВЭЖХ.

Полифенолы из ацетоновой фракции, смытые водным ацетоном, представляли собой мелкодисперсный порошок светло-кремового цвета. Его выход составил 47% от общей суммы полифенолов, элюированных из колонки. При обработке хроматограмм 1% спиртовым раствором  $\text{FeCl}_3$  давали синее окрашивание, а со смесью водных растворов  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  – темно-синее.

Следует отметить, что водно-ацетоновая фракция представляющий собой мелкодисперсный порошок светло-коричневого цвета. При обработке хроматограммы 1% спиртовым раствором  $\text{FeCl}_3$  порошок проявлялся в виде синего пятна, а со смесью водных растворов  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  – темно-синего. Выход этой фракции составил 45% от общей суммы полифенолов, элюированных из колонки с гольевым порошком.

С помощью физико-химических методов установлены структуры выделенных соединений. Для идентификации таннинов проводились масс-спектрометрические исследования по сравнению с представленными в литературе данными [16, 21, 25]. Удалось идентифицировать таннины и флавоноиды.

**Вещество 1** –  $\text{C}_{28}\text{H}_{24}\text{O}_{16}$ , порошок желтого цвета, выход 21 мг.  $R_f$  0.41 (ТСХ, хлороформ-метанол-вода 13 : 7 : 1),  $m/z$  615 [М-Н]. УФ-спектр (MeOH,  $\lambda_{\text{max}}$ , нм): 239, 314. ИК-спектр ( $\nu_{\text{max}}$ ,  $\text{cm}^{-1}$ ): 3400, 1700, 1650, 1600. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (500 МГц,  $\text{CD}_3\text{OD}$ ,  $\delta$ , м.д., J/ Гц): 6.74 (1H, д, J=2.0, H-6), 6.74 (1H, д, J=2.0, H-8), 8.73 (1H, д, J=2.0, H-2'), 7.28 (1H, д, J=8.5, H-5'), 8.62 (1H, дд, J=8.5, 2.0, H-6'); 6.39 (1H, д, J=7.5, глюк. H-1), 4.41 (1H, дд, J=9.0, 7.5, глюк. H-2), 4.43 (1H, т, J= 9.0, глюк H-3), 4.44 (1H, т, J= 9.0, глюк. H-4), 4.45 (1H, ддд, J= 9.0, 4.0, глюк. H-5), 4.74 (1H, дд, J= 12.0, 2.0, глюк. H-6), 4.76 (1H, дд, J= 12.0, 4.0, глюк. H-6); 7.03 (2H, с, галлоил. H-2, H-6). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  (100 МГц,  $\text{CD}_3\text{OD}$ ,  $\delta$ , м.д.): 157.07 (C-2), 136.5 (C-3), 176.2 (C-4), 162.05 (C-5), 100.02 (C-6), 167.52 (C-7), 95.0 (C-8), 157.07 (C-9), 104.5 (C-10), 122.15 (C-1'), 115.79 (C-2'), 146.75 (C-3'), 151.2 (C-4'), 115.18 (C-5'), 121.04 (C-6'); 100.65 (C-1), 76.16 (C-2), 75.3 (C-3), 70.73 (C-4), 71.31 (C-5), 64.15 (C-6) – (глюк.); 120.69 (C-1), 109.65 (C-2, C-6), 148.53 (C-3, C-5), 138.52 (C-4), 167.52 (C-7) – (галлоил.). Сравнивая полученные данные с литературными, вещество 1 определили как кверцетин – 3-O-(2''-галлоил)- $\beta$ -D-глюкопиранозид [26].

**Вещество 2** –  $C_{28}H_{24}O_{17}$ , светло-желтый порошок, выход 26 мг.  $R_f$  0.62 (ТСХ, хлороформ-метанол-вода 13 : 7 : 1),  $m/z$  631 [M-H]<sup>-</sup>. УФ-спектр (MeOH,  $\lambda_{max}$ , нм): 240, 320. ИК-спектр ( $\nu_{max}$ ,  $cm^{-1}$ ): 3300, 1715, 1610. Спектр ЯМР  $^1H$  (500 МГц,  $CD_3OD$ ,  $\delta$ , м.д., J/Гц): 6.22 (1H, д, J= 2.5, H-6), 6.30 (1H, д, J= 2.5, H-8), 8.19 (1H, с, H-2'), 8.26 (1H, с, H-6'); 5.53 (1H, д, J= 8, H-1), 3.82 (1H, дд, J= 9.5, 8, H-2), 3.71 (1H, дд, J= 9.5, 3.5, H-3), 3.83 (1H, д, J= 3.5, H-4), 3.82 (1H, т, J= 6.5, H-5), 4.54 (1H, дд, J= 11, 6.5, H-6), 4.54 (1H, дд, J= 11, 6.5, H-6) – (глюк.); 7.01 (2H, с, H-2, H-6)– (галлоил). Спектр ЯМР  $^{13}C$  (100 МГц,  $CD_3OD$ ,  $\delta$ , м.д.): 158.32 (C-2), 137.35 (C-3), 178.45 (C-4), 164.71 (C-5), 99.18 (C-6), 164.71 (C-7), 93.98 (C-8), 157.75 (C-9), 104.92 (C-10), 121.48 (C-1'), 109.02 (C-2'), 146.69 (C-3'), 134.32 (C-4'), 146.69 (C-6'); 104.92 (C-1), 73.44 (C-2), 75.86 (C-3), 70.52 (C-4), 77.23 (C-5), 62.29 (C-6)–(глюк.); 121.48 (C-1), 109.02 (C-2, C-6), 146.69 (C-3, C-5), 137.35 (C-4), 178.45 (C-7) – (галлоил.). На основании полученных данных вещество 2 идентифицировали как мирицетин-3-О- $\beta$ -(6"-галлоил)-галактопиранозид [26].

**Вещество 3** –  $C_{27}H_{24}O_{18}$ , желтовато-коричневый аморфный порошок, выход 33 мг.  $R_f$  0.25 (ТСХ, система 3: бензол-ацетон 3 : 1), дает интенсивную синюю окраску с  $FeCl_3$  и красноватую с  $KIO_3$ ,  $m/z$  635 [M-H]<sup>-</sup>, УФ-спектр (MeOH,  $\lambda_{max}$ , нм): 220 и 280. ИК-спектр ( $\nu_{max}$ ,  $cm^{-1}$ ): 3335 (ОН), 1712 (C=O), 1620 (C=C). Спектр ЯМР  $^1H$  (500 МГц,  $CD_3OD$ ,  $\delta$ , м.д., J/Гц): 7.03 (2H, с), 7.09 (2H, с), 7.04 (2H, с) – (галлоил.); 6.15 (1H, д, J=8, глюк. H-1), 6.15 (1H, т, J=8, 9.5, глюк. H-2), 3.80 (1H, т, J= 9.5, глюк. H-3), 3.80 (1H, т, J= 8.5, глюк. H-4), 3.80 (1H, м, H-5), 4.47 (1H, дд, J= 12, 4.4, глюк. H-6'), 4.49 (1H, д, J= 12, глюк. H-6). Спектр ЯМР  $^{13}C$  (100 МГц,  $CD_3OD$ ,  $\delta$ , м.д.): 110.11, 109.63, 108.94 (C-2, C-6); 121.04, 121.08, 121.78 (C-1), 138.58, 139.09 (C-4); 145.53-146.13 (C-3, C-5); 165.59, 166.72, 167.52 (C-7) – (галлоил.); 64.09 (C-6); 71.87, 74.56 (C-2, C-4); 75.03 (C-3); 75.03 (C-5), 93.21 (C-1) – (глюк.). На основании анализа спектральных данных и сравнения их с описанными в литературе, вещество 3 идентифицировано как 1,2,6-три-О-галлоил- $\beta$ -D-глюкопираноза [27].

**Вещество 4** –  $C_{34}H_{28}O_{22}$ , светло-желтый аморфный порошок получен из водно-ацетоновой фракции, выход 41 мг.  $R_f$  0.10 (ТСХ, бензол-ацетон 3:1),  $m/z$  787 [M-H]<sup>-</sup>. УФ-спектр (MeOH,  $\lambda_{max}$ , нм (lg  $\epsilon$ )): 215, 280. Спектр ЯМР  $^1H$  (500 МГц,  $CD_3OD$ ,  $\delta$ , м.д., J/Гц): 7.05 (2H, с), 7.17 (2H, с), 7.04 (2H, с), 7.01 (2H, с)– (галлоил.); 6.17 (1H, д, J = 8.5, H-1), 5.26 (1H, дд, J= 8.5, 9.5, H-2), 4.42 (1H, т, J = 9.5, H-3), 5.24 (1H, т, J = 9.5 Гц, H-4), 4.28 (1H, дд, J = 2, 5.5, 9.5, H-5), 4.49 (1H, дд, J= 13.2, H-6), 4.24 (1H, дд, J= 13, 5.5, H-6'). Спектр ЯМР  $^{13}C$  (100 МГц,  $CD_3OD$ ,  $\delta$ , м.д.): 93.08 (C-1), 75.26 (C-2), 69.73 (C-3), 71.62 (C-4), 71.62 (C-5), 63.90 (C-6) – (глюк.); 118.0, 119.2, 119.3, 108.7, 109.0, 109.81 (C-2, C-6), 145.7, 146.26, 146.31 (C-3, C-5), 138.99, 139.57, 139.62 (C-4), 165.58, 166.25, 166.70 (C-7) – (галлоил.). Изучение физико-химических параметров и сравнение результатов с литературными данными выявило, что вещество является 1,2,4,6-тетрагаллоил- $\beta$ -D-глюкопиранозой [27].

**Вещество 5** –  $C_{41}H_{32}O_{26}$ , белый аморфный порошок, выход 39 мг.  $R_f$  0.22 (ТСХ, бензол-ацетон 3 : 1),  $m/z$  939.3 [M-H]<sup>-</sup>. УФ-спектр (MeOH,  $\lambda_{max}$ , нм): 220, 280. ИК-спектр ( $\nu_{max}$ ,  $cm^{-1}$ ): 3330 (ОН), 1700 (C=O), 1615 (C=C). Спектр ЯМР  $^1H$  (500 МГц,  $CD_3OD$ ,  $\delta$ , м.д., J/Гц): 7.96, 7.01, 7.04, 7.05, (2H каждый, с, галлоил. H), 6.28 (1H, д J = 9.5, глюк. H-1), 6.27 (1H, т, J = 9.5, глюк. H-2), 5.48 (1H, т, J = 9.5, глюк. H-3), 5.47 (1H, т, J = 9.5, глюк. H-4), 4.51 (1H, м, глюк. H-5), 4.61 (1H, м, глюк. H-6), 4.24 (1H, дд, J=3.12, глюк. H-6). Спектр ЯМР  $^{13}C$  (100 МГц,  $CD_3OD$ ,  $\delta$ , м.д.): 166.10–167.82 (C-7), 146.06–146.09 (C-3', C-5'), 139.54–139.76 (C-4'), 120.60–121.30 (C-1'), 110.9–110.28 (C-2', C-6')– (галлоил.); 93.16 (C-1), 69.98–73.13 (C-2, C-3, C-4, C-5), 63.2 (C-6) – (глюк.). Сравняя полученные данные с литературными, вещество идентифицировали как 1,2,3,4,6-пента-О-галлоил- $\beta$ -D-глюкоза [27].

**Вещество 6** –  $C_{48}H_{36}O_{30}$ , бледно-желтый аморфный порошок, выход 37 мг.  $R_f$  0.54 (БХ, н-бутанол-уксусная кислота-вода 4:1:1),  $m/z$  1091 [M-H]<sup>-</sup>. УФ-спектр (MeOH,  $\lambda_{max}$ , нм): 230, 279. Спектр ЯМР  $^1H$  (500 МГц,  $CD_3OD$ ,  $\delta$ , м.д., J/Гц): 6.41 (д, J=8.3, глюк. H-1), 5.51 (м, J=9.6, глюк. H-3), 5.53 (м, J=9.6, глюк. H-4), 5.52 (дд, J=9.6, 8.3, глюк. H-2), 4.48 (м, глюк. H-5), 4.47 (д, J=12.2, глюк. H-6), 4.46 (дд, J=12.2, 4.28, глюк. H-6); 6.96 (с, каждый 2H, галлоил.), 6.99 (с, каждый 2H, галлоил.), 6.99 (с, каждый 2H, галлоил.), 6.98 (с, каждый 2H, галлоил.), 6.96 (с, каждый 2H, галлоил.), 7.01 (с, каждый 2H галлоил.). Спектр ЯМР  $^{13}C$  (100 МГц,  $CD_3OD$ ,  $\delta$ , м.д.): 93.03 (C-1), 71.49 (C-5), 72.81 (C-3), 69.31 (C-4), 72.62 (C-5), 62.98 (C-6)– (глюк.); 166.22, 166.69, 167.11, 167.26, 167.30, 167.58 (C-7)– (6 х галлоил.), 120.44, 120.45, 120.45, 120.61, 120.88, 120.88 (C-1, 6 х галлоил.), 110.42, 110.38, 110.36, 110.33, 110.01, 109.82 (C-2, C-6, 6 х галлоил.), 145.96, 146.24, 146.40, 146.44, 146.45, 146.47 (C-3, C-5, 6х галлоил.), 140.16, 140.02, 140.13, 140.15, 141.09, 136.71 (C-4, 6х галлоил.). Сравняя вышеизложенные спектральные данные с литературными [28], вещество идентифицировали как 3-О-дигаллоил-1,2,4,6-тетра-О-галлоил- $\beta$ -D-глюкоза.

**Вещество 7** –  $C_{55}H_{40}O_{34}$ , бледно-желтый аморфный порошок, выход 35 мг.  $R_f$  0,36 (БХ, *n*-бутанол-уксусная кислота-вода 4 : 1 : 1),  $m/z$  1243 [M-H]<sup>-</sup>. УФ-спектр (MeOH,  $\lambda_{max}$ , нм): 220, 280. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (500 МГц, CD<sub>3</sub>OD,  $\delta$ , м.д., J/Гц): 6.41 (д, J=8.5, глюк. Н-1), 5.53 (д, J=8.5, глюк. Н-2), 6.42 (м, глюк. Н-3), 5.51 (м, глюк. Н-4), 5.50 (т, J=8, глюк. Н-2), 4.70 (дд, J=6, 10, глюк. Н-5), 4.60 (дд, J=6, 13, глюк. Н-6); 7.10 (с, каждый 2H, галлоил.), 7.01 (с, каждый 2H, галлоил.), 6.96 (с, каждый 2H, галлоил.), 6.96 (с, каждый 2H, галлоил.), 6.98 (с, каждый 2H, галлоил.), 7.06 (с, каждый 2H, галлоил.), 7.34 (с, каждый 2H, галлоил.). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (100 МГц, CD<sub>3</sub>OD,  $\delta$ , м.д.): 93.03 (C-1), 69.31 (C-2), 72.81 (C-3), 69.31 (C-4), 72.62 (C-5), 62.98 (C-6)-(глюк.), 166.24, 166.64, 167.12, 167.29, 167.32, 167.54, 167.38 (C-7, галлоил.), 115.74, 120.44, 120.45, 120.54, 120.61, 120.62 (C-1, 6 х галлоил.), 110.01, 110.33, 110.35, 110.72, 109.55, 109.42 (C-2, C-6, 6 х галлоил.), 146.24 (C-10a), 145.96, 144.35, 146.40, 144.45, 146.44, 146.72 (C-3, C-5, 6 х галлоил.), 140.02, 140.09, 140.13, 140.15, 140.16, 140.13, 139.40 (C-4, 6 х галлоил.). Вещество идентифицировали как 3,6-бис-О-дигаллоил-1,2,4-три-О-галлоил- $\beta$ -D-глюкоза [28].

**Вещество 8** –  $C_7H_6O_5$  белое кристаллическое вещество  $m/z$  170,12, т.пл. 150–151 °С.  $R_f$  0.51 (БХ, система 1, *n*-бутанол-уксусная кислота-вода 4 : 1 : 5), 0.25 (БХ, система 2, хлороформ-метанол-вода 75:22:3). УФ-спектр (MeOH,  $\lambda_{max}$ , нм, lg  $\epsilon$ ): 205 (4.0), 213 (4.2), 216 (4.0), 227 (4.1), 279 (3.5). ИК-спектр ( $\nu_{max}$ , см<sup>-1</sup>): 3496, 3281 (ОН), 3063, 2669 (C-H), 1667 (C=O), 1611, 1541, 1426 (C=C). Сравнивая полученные результаты с данными, приведенными в литературе [29], мы идентифицировали это вещество как галловую кислоту.

**Вещество 9** – белый аморфный порошок. <sup>1</sup>H ЯМР спектр((CD<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CO, 400 МГц, м.д.): 7.15, 7.08, 7.03, 7.00 (2H, с, 4 та галлоил-гр.), 5.94 (1H, d, J=8.2 Гц, Н-1 глюк.), 5.46 (1H, т, J=9.7 Гц, Н-2 глюк.), 5.58 (1H, т, J=9.5 Гц, Н-3 глюк.), 3.94 (1H, дд, J=8.5 Гц, Н-4 глюк.), 4.24 (1H, м, Н-5, глюк.), 4.49 (1H, т, J=1.7 Гц, 10.6 Гц, Н-6' глюк.), 4.31(1H, дд, J=4.5 Гц, 7.9 Гц, Н-6 глюк.); <sup>13</sup>C ЯМР спектр((CD<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CO, 100 МГц, м.д.): 121.0, 120.9, 120.3 (2C) (4 галлоилная-гр., C-1'), 110.5 (2C), 110.3 (4C), 110.2 (2C) (4 галлоилная-гр., C-2', 6'), 146.6 (2C), 146.4 (4C), 146.3 (2C) (4 та галлоил-гр., C-3',5'), 140.6, 140.3, 139.9 (2C) (4 галлоилная-гр, C-4'), 167.9, 167.8, 167.1, 166.7 (4 та галлоил-гр., C-7); 95.7 (C-1 глюк.), 72.5 (C-2 глюк.), 74.2 (C-3 глюк.), 69.9 (C-4 глюк.), 76.4(C-5, глюк.), 63.3(C-6 глюк.). Сравнивая полученные результаты анализа с данными, приведенными в литературе [30], было установлено, что это вещество представляет собой 1, 2, 3, 6-тетра-О-галлоил- $\beta$ -D-глюкопиранозу.

**Вещество 10** – белый аморфный порошок. <sup>1</sup>H ЯМР спектр((CD<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CO, 400 МГц, м.д.) 7.05 (2H, с, Н-2, Н-6, галлоил-гр.), 6.68, 6.65 (1H, с, Н-3, Н-3' гексагидрокси-дифеноил-гр.), 6.36 (1H, д, J=1.69 Гц, Н-1 глюк.), 4.58 (1H, т, J=9.3 Гц, Н-2 глюк.), 4.79 (1H, т, J=9.6 Гц, Н-3 глюк.), 4.52 (1H, дд, J=8.5 Гц, Н-4 глюк.), 3.98(1H, м, Н-5 глюк.), 4.95 (1H, т, J=1.5, 10.7 Гц, Н-6' глюк.), 4.15 (1H, дд, J=4.7, 12.4 Гц, Н-6 глюк.). На основании полученных результатов это вещество было идентифицировано как 1-О-галлоил-2,3-гексагидрокси-дифеноил- $\beta$ -D-глюкопираноза [31].

**Вещество 11** – белый аморфный порошок. <sup>1</sup>H ЯМР спектр ((CD<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CO, 400 МГц, м.д.): 7.14, 7.09, 7.06 (2H, с, 3 галлоилная-гр.), 5.77 (1H, д, J=8.2 Гц, Н-1 глюк.), 3.83 (1H, т, J=9.3 Гц, Н-2 глюк.), 5.22 (1H, т, J=9.6 Гц, Н-3 глюк.), 3.64(1H, дд, J=8.8 Гц, Н-4 глюк.), 4.06(1H, м, Н-5 глюк.), 4.45(1H, т, J=1.5, 10.7 Гц, Н-6' глюк.), 4.20 (1H, дд, J=4.7, 12.4 Гц, Н-6 глюк.); <sup>13</sup>C ЯМР спектр ((CD<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CO, 100 МГц, м.д.): 121.4, 121.1, 120.0 (3 та галлоил-гр., C-1' ], 110.6 (2C), 110.4 (2C), 110.3 (2C) (3 галлоилная-гр., C-2', 6'), 146.5 (4C), 146.4 (2C) (3 галлоилная-гр., C-3', 5'), 140.5, 140.1, 139.9 (3 та галлоил-гр., C-4'), 168.1, 167.4, 166.9 (3 галлоилная-гр., C-7), 71.8 (C-4 глюк.), 76.0 (C-5 глюк.), 63.6 (C-6 глюк.). Сравнивая полученные результаты с литературными данными [32], вещество 11 было идентифицировано как 1,3,6-три-О-галлоил- $\beta$ -D-глюкопираноза.

## Выводы

С помощью физико-химических методов, таких как бумажная хроматография (БХ), тонкослойная хроматография (ТСХ), высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ), ЯМР-спектроскопия и масс-спектрометрия, был изучен химический состав листьев *Pistacia vera* (фисташка настоящая). Выход суммы полифенолов составил 12% от сухого веса сырья. Установлено, что в листьях растения содержатся фенолокислоты (галловая кислота), флавоноиды (кверцетин-3-О-(2''-галлоил)- $\beta$ -D-глюкопиранозид, мирицетин-3-О- $\beta$ -(6''-галлоил)-галактопиранозид) и галлотаннины (1,2,6-три-О-галлоил- $\beta$ -D-глюкопираноза, 1,2,4,6-тетрагаллоил- $\beta$ -D-глюкопиранозой, 1,2,3,4,6-пента-О-галлоил- $\beta$ -D-глюкоза, 3-О-дигаллоил-1,2,4,6-тетра-О-галлоил- $\beta$ -D-глюкоза, 3,6-бис-О-дигаллоил-1,2,4-три-О-галлоил- $\beta$ -D-глюкоза, галловая кислота, 1,2,3,6-тетра-О-галлоил- $\beta$ -D-глюкопираноза, 1-О-галлоил-2,3-гексагидрокси-дифеноил- $\beta$ -D-глюкопираноза,

1,3,6-три-О-галлоил-β-D-глюкопираноза). Учитывая достаточно большое содержание биологически активных веществ, листья *Pistacia vera* могут быть использованы в медицине и ветеринарии для создания лекарственных препаратов.

#### Дополнительная информация

В электронном приложении к статье (DOI: <https://www.doi.org/10.14258/jcprm.20260215459s>) приведен дополнительный экспериментальный материал, раскрывающий основные положения, изложенные в статье.

#### Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Института биоорганической химии имени академика А.С. Садыкова. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

#### Конфликт интересов

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

#### Открытый доступ

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

### Список литературы

1. Talebi M., Akbari M., Zamani M., Sayed-Tabatabaei B.E. Molecular polymorphism in *Pistacia vera* L. using non-coding regions of chloroplast DNA // J. Genet. Eng. Biotechnol. 2016. Vol. 14. 31. <https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2016.04.002>.
2. Arena K., Cacciola F., Mangraviti D., Zoccali M., Rigano F. Determination of the polyphenolic fraction of *Pistacia vera* L. kernel extracts by comprehensive two-dimensional liquid chromatography coupled to mass spectrometry detection // Anal. Bioanal. Chem. 2019. Vol. 411. 4819. <https://doi.org/10.1007/s00216-019-01649-w>.
3. Mahmoudvand H., Kheirandish F., Dezaki E.S., Shamsaddini S., Harandi M.F. Chemical composition, efficacy and safety of *Pistacia vera* (var. Fandoghi) to inactivate protoscolices during hydatid cyst surgery // Biomed. Pharmacother. 2016. Vol. 82. 393. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2016.05.0122>.
4. Taş N.G., Gökmen V. Phenolic compounds in natural and roasted nuts and their skins: a brief review // Curr. Opin. Food Sci. 2017. Vol. 14. 103. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.03.001>.
5. Boumaiza R., Snoussi A., Ćirković-Veličković T., Bouzouita N. Phenolic composition and antioxidant activity of different parts of *Pistacia vera* L. // Mediterranean Journal of Chemistry. 2016. Vol. 6(1). Pp. 658–664. <https://doi.org/10.13171/mjc61/0160920510-rb>.
6. Elakremi M., Sillero L., Ayed L., Mannai F., Salem R.B., Labidi J., Moussaoui Y. Chemical composition and biological activity of *Pistacia vera* L. Leaves: beneficial effects of female leaves extract on food products // Cellulose Chem. Technol. 2022. Vol. 56 (3-4). Pp. 309–319. <https://doi.org/10.35812/CelluloseChemTechnol.2022.56.27>.
7. Yanni E., Mitropoulou G., Prapa I., Agrogiannis G., Kostomitsopoulos N. Functional modulation of gut microbiota in diabetic rats following dietary intervention with pistachio nuts (*Pistacia vera* L.) // Metab. Open. 2020. 100040. <https://doi.org/10.1016/j.metop.2020.100040>.
8. Barreca D., Laganà G., Leuzzi U., Smeriglio A., Trombetta D. et al. Evaluation of the nutraceutical, antioxidant and cytoprotective properties of ripe pistachio (*Pistacia vera* L., variety Bronte) hulls // Food Chem. 2016. Vol. 196. 493. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.077>.
9. Erşan S., Güçlü Üstündağ Ö., Carle R., Schweiggert R.M. Subcritical water extraction of phenolic and antioxidant constituents from pistachio (*Pistacia vera* L.) hulls // Food Chem. 2018. Vol. 253. 46. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.116>.
10. Grace M.H., Esposito D., Timmers M.A., Xiong J., Yousef G. Chemical composition, antioxidant and anti-inflammatory properties of pistachio hull extracts // Food Chem. 2016. Vol. 210. 85. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.088>.
11. Hosseinzadeh H., Behravan E., Soleimani M.M. Antinociceptive and anti-inflammatory effects of *Pistacia vera* leaf extract in mice // Iranian Journal of Pharmaceutical Research. 2011. Vol. 10 (4). Pp. 821–828.
12. Ahmad N.S., Waheed A., Farman M., Qayyum A. Analgesic and anti-inflammatory effects of *Pistacia integerrima* extracts in mice // Journal of Ethnopharmacology. 2010. Vol. 129 (2). Pp. 250–253. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.03.017>.
13. Hosseinzadeh H., Mirshojaeian M., Razavi B.M. Antiemetic effect of *Pistacia vera* L. (Pistachio) leaves and nuts aqueous extracts in young chicken // Pharmacologyonline. 2008. Vol. 2. Pp. 568–571.
14. Seifzadeh N., Sahari M.A., Barzegar M., Gavlighi H.A. Concentration of pistachio hull extract antioxidants using membrane separation and reduction of membrane fouling during process // Food Sci. Nutr. 2018. Vol. 66. 1741. <https://doi.org/10.1002/fsn3.692>.

15. Hosseinzadeh H., Tabassib A.S., Moghadam N.M., Rashedinia M., Mehri S. Antioxidant activity of *Pistacia vera* fruits, leaves and gum extracts // Iranian Journal of Pharmaceutical Research. 2012. Vol. 11 (3). Pp. 879–887.
16. Khallouki F., Breuer A., Meriem E., Ulrich C.M., Owen R.W. Characterization and quantitation of the polyphenolic compounds detected in methanol extracts of *Pistacia atlantica Desf.* fruits from the Amellago region of Morocco // Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 2016. Vol. 134. Pp. 310–318. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2016.11.023>.
17. Hatamnia A.A., Abbaspour N., Darvishzadeh R., Malekzadeh B.M. Antioxidant activity and phenolic profile of different parts of Bene (*Pistacia atlantica* subsp. *kurdica*) fruits // Food Chem. 2014. Vol. 145. Pp. 306–311. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.031>.
18. Ahmed B.Z., Yousfi M., Viaene J., Dejaegher B., Demeyer K., Mangelings D., Heyden Y.V. Potentially antidiabetic and antihypertensive compounds identified from *Pistacia atlantica* leaf extracts by LC fingerprinting // J. Pharm. Biomed. Anal. 2018. Vol. 149. Pp. 547–556. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2017.11.049>.
19. Elakremi M., Sillero L., Ayed L., Mosbah M., Labidi J., Salem R., Moussaoui Y. *Pistacia vera* L. leaves as a renewable source of bioactive compounds via microwave assisted extraction // Sustainable Chemistry and Pharmacy. 2022. Vol. 29. 100815. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100815>.
20. Gharibi S., Matkowski A., Sarfaraz D., Mirhendi H., Fakhim H., Szumny A., Rahimmalek M. Identification of polyphenolic compounds responsible for antioxidant, anti-Candida activities and nutritional properties in different pistachio (*Pistacia vera* L.) hull cultivars // Molecules. 2023. Vol. 28. 4772. <https://doi.org/10.3390/molecules28124772>.
21. Hou A.J., Peng L.Y., Liu Y.Z., Lin Z.W., Sun H.D. Gallotannins and related polyphenols from *Pistacia weinmannifolia* // Planta Med. 2000. Vol. 66(7). Pp. 624–626. <https://doi.org/10.1055/s-2000-8633>.
22. Zhao X., Sun H., Hou A., Zhao Q., Wei T., Xin W. Antioxidant properties of two gallotannins isolated from the leaves of *Pistacia weinmannifolia* // Biochimica et Biophysica Acta. 2005. Vol. 1725. Pp. 103–110. <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2005.04.015>.
23. Makhmudov R.R., Abdulladzhanova N.G., Kamaev F.G. Phenolic compounds from *Plantago major* and *P. lanceolata* // Chemistry of Natural Compounds. 2011. Vol. 5(47). Pp. 288–289.
24. Abdullazhanova N.G., Mavlyanov S.M., Abdullaev S.V. Phenolic compounds from *Oenothera gigas* // Chemistry of Natural Compounds. 2000. Vol. 1 (36). Pp. 36–37.
25. Ma S., Qin H., Jiang M., Wang J., Wang W., Guo G., Zhou L., Chen W., Han B. Identification and comparison of tannins in gall of *Rhus chinensis* Mill. and gall of *Quercus infectoria* Oliv. by high-performance liquid chromatography–electrospray mass spectrometry // Journal of Chromatographic Science. 2020. Vol. 58, no. 5. Pp. 403–410. <https://doi.org/10.1093/chromsci/bmaz096>
26. Kadota S., Takamori Y., Nyein K.N., Kikuchi T., Tanaka K., Ekimoto H. Constituents of the Leaves of *Woodfordia fruticosa* KURZ. I: Isolation, Structure, and Proton and Carbon-13 Nuclear Magnetic Resonance Signal Assignments of Woodfruticosin (Woodfordin C), an Inhibitor of Deoxyribonucleic Acid Topoisomerase II // Chem. Pharm. Bull. 1990. Vol. 38 (10). 2687. <https://doi.org/10.1248/cpb.38.2687>.
27. Lee S.H., Tanaka T., Nonaka G., Nishioka I. Hydrolysable tannins from *Euphorbia thymifolia* // Phytochemistry. 1990. Vol. 29 (11). Pp. 3621–3625. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(90\)85288-Q](https://doi.org/10.1016/0031-9422(90)85288-Q).
28. Masota N.E., Ohlsen K., Schollmayer C., Meinel L., Holzgrabe U. Isolation and Characterization of Galloylglucoses Effective against Multidrug-Resistant Strains of *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* // Molecules. 2022. Vol. 27. 5045. <https://doi.org/10.3390/molecules27155045>.
29. Liu G.Y., Ma S.C., Zhang Y.M. et al. Study on chemical constituents in seeds of *Helicia nilagirica* // China J. Chin. Mater. Med. 2005. Vol. 30 (11). Pp. 830–832.
30. Duan D.L., Li Z.Q., Luo H.P. et al. Antiviral compounds from traditional Chinese medicines Galla Chinese as inhibitors of HCV NS3 protease // Bioorg. Med. Chem. Lett. 2004. Vol. 14 (24). Pp. 6041–6044.
31. Tanaka T., Nonaka G., Nishioka I. A novel tetrameric hydrolysable tannin, and seven related tannins, from *Sanguisorba officinalis* // J. Chem Res Synop. 1985. Vol. 6. Pp. 176–177.
32. Haddock E.A., Gupta R.K., Al-Shafi S.M.K. et al. The metabolism of gallic acid and hexahydroxydiphenic acid in plants. Part 1. introduction naturally occurring galloyl esters // J. Chem Soc Perkin Trans I. 1982. Pp. 2515–2524.

Поступила в редакцию 7 июля 2024 г.

После переработки 29 октября 2025 г.

Принята к публикации 18 февраля 2026 г.

*Makhmudov R.R., Raimova K.V., Abdulladjanova N.G.\* , Oshepkova Yu.I., Salikhov Sh.I.* PHENOLIC COMPOUNDS OF *PISTACIA VERA* LEAVES

*Institute of Bioorganic Chemistry named after. acad. A.S. Sadykova Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, st. Mirzo Ulugbeka, 83, Tashkent, 100125, Republic of Uzbekistan, anodira73@rambler.ru*

The phenolic components of the leaves of *P. vera* L., growing in the Bostanlyk district of the Tashkent region of the Republic of Uzbekistan, were studied for the first time. The raw materials were collected in September 2022, after the pistachio fruits were harvested. 1 kg of air-dried crushed leaves of the plant was treated with chloroform, then extracted three times with 70% aqueous acetone, followed by evaporation of the acetone, treatment of the aqueous residue with ethyl acetate, concentration of the ethyl acetate fraction, and precipitation of the concentrate with chloroform, the amount of polyphenols was obtained. The yield was 12% of the air-dry weight of the raw material. Column chromatography on naked powder was used for the preliminary separation of polyphenols. The column was washed successively with diethyl ether, water, pure acetone and 60% aqueous acetone. For the first time, phenoloxyc acids, flavonoids and gallotannins were isolated from this plant using column chromatography. The main components of *P. vera* leaves turned out to be gallotannins (45–47% by weight of the total polyphenols). Identification of the isolated compounds was carried out using thin layer chromatography, high performance liquid chromatography and mass spectrometry. As a result of the studies, it was established that pistachio leaves contain quercetin – 3-O-(2''-galloyl)-β-D-glucopyranoside, myricetin-3-O-β-(6'-galloyl)-galactopyranoside, 1,2,6-tri-O-galloyl-β-D-glucopyranose, 1,2,4,6-tetra-galloyl-β-D-glucopyranose, 1,2,3,4,6-penta-O-galloyl-β-D-glucose, 3-O-digalloyl-1,2,4,6-tetra-O-galloyl-β-D-glucose, 3,6-bis-O-digalloyl-1,2,4-tri-O-galloyl-β-D-glucose, gallic acid, 1,2,3,6-tetra-O-galloyl-β-D-glucopyranose, 1-O-galloyl-2,3-hexahydroxydiphenyl-α-D-glucopyranose, 1,3,6-tri-O-galloyl-β-D-glucopyranose.

**Keywords:** *Pistacia vera*, column chromatography (CC), paper chromatography (BC), thin layer chromatography (TLC), hydrolyzable tannins, gallotannins, high performance liquid chromatography (HPLC), NMR, mass spectrometry.

**For citing:** Makhmudov R.R., Raimova K.V., Abdulladjanova N.G., Oshepkova Yu.I., Salikhov Sh.I. *Khimiya Ras-titel'nogo Syr'ya*, 2026, no. 2, pp. 207–216. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20260215459>.

## References

1. Talebi M., Akbari M., Zamani M., Sayed-Tabatabaei B.E. *J. Genet. Eng. Biotechnol.*, 2016, vol. 14, 31. <https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2016.04.002>.
2. Arena K., Cacciola F., Mangraviti D., Zoccali M., Rigano F. *Anal. Bioanal. Chem.*, 2019, vol. 411, 4819. <https://doi.org/10.1007/s00216-019-01649-w>.
3. Mahmoudvand H., Kheirandish F., Dezaki E.S., Shamsaddini S., Harandi M.F. *Biomed.Pharmacother.*, 2016, vol. 82, 393. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2016.05.0122>.
4. Taş N.G., Gökmen V. *Curr. Opin. Food Sci.*, 2017, vol. 14, 103. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.03.001>.
5. Boumaiza R., Snoussi A., Ćirković-Veličković T., Bouzouita N. *Mediterranean Journal of Chemistry*, 2016, vol. 6(1), pp. 658–664. <https://doi.org/10.13171/mjc61/0160920510-rb>.
6. Elakremi M., Sillero L., Ayed L., Mannai F., Salem R.B., Labidi J., Moussaoui Y. *Cellulose Chem. Technol.*, 2022, vol. 56 (3-4), pp. 309–319. <https://doi.org/10.35812/CelluloseChemTechnol.2022.56.27>.
7. Yanni E., Mitropoulou G., Prapa I., Agrogiannis G., Kostomitsopoulos N. *Metab.Open*, 2020, 100040. <https://doi.org/10.1016/j.metop.2020.100040>.
8. Barreca D., Laganà G., Leuzzi U., Smeriglio A., Trombetta D. et al. *Food Chem.*, 2016, vol. 196, 493. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.077>.
9. Erşan S., Güçlü Üstündağ Ö., Carle R., Schweiggert R.M. *Food Chem.*, 2018, vol. 253, 46. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.116>.
10. Grace M.H., Esposito D., Timmers M.A., Xiong J., Yousef G. *Food Chem.*, 2016, vol. 210, 85. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.088>.
11. Hosseinzadeh H., Behravan E., Soleimani M.M. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 2011, vol. 10 (4), pp. 821–828.
12. Ahmad N.S., Waheed A., Farman M., Qayyum A. *Journal of Ethnopharmacology*, 2010, vol. 129 (2), pp. 250–253. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.03.017>.
13. Hosseinzadeh H., Mirshojaeian M., Razavi B.M. *Pharmacologyonline*, 2008, vol. 2, pp. 568–571.
14. Seifzadeh N., Sahari M.A., Barzegar M., Gavlighi H.A. *Food Sci. Nutr.*, 2018, vol. 66, 1741. <https://doi.org/10.1002/fsn3.692>.
15. Hosseinzadeh H., Tabassib A.S., Moghadam N.M., Rashedinia M., Mehri S. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 2012, vol. 11 (3), pp. 879–887.
16. Khallouki F., Breuer A., Meriem E., Ulrich C.M., Owen R.W. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 2016, vol. 134, pp. 310–318. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2016.11.023>.
17. Hatamnia A.A., Abbaspour N., Darvishzadeh R., Malekzadeh B.M. *Food Chem.*, 2014, vol. 145, pp. 306–311. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.031>.
18. Ahmed B.Z., Yousofi M., Viaene J., Dejaegher B., Demeyer K., Mangelings D., Heyden Y.V. *J. Pharm. Biomed. Anal.*, 2018, vol. 149, pp. 547–556. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2017.11.049>.
19. Elakremi M., Sillero L., Ayed L., Mosbah M., Labidi J., Salem R., Moussaoui Y. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 2022, vol. 29, 100815. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100815>.

\* Corresponding author.

20. Gharibi S., Matkowski A., Sarfaraz D., Mirhendi H., Fakhim H., Szumny A., Rahimalek M. *Molecules*, 2023, vol. 28, 4772. <https://doi.org/10.3390/molecules28124772>.
21. Hou A.J., Peng L.Y., Liu Y.Z., Lin Z.W., Sun H.D. *Planta Med.*, 2000, vol. 66(7), pp. 624–626. <https://doi.org/10.1055/s-2000-8633>.
22. Zhao X., Sun H., Hou A., Zhao Q., Wei T., Xin W. *Biochimica et Biophysica Acta*, 2005, vol. 1725, pp. 103–110. <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2005.04.015>.
23. Makhmudov R.R., Abdulladzhanova N.G., Kamaev F.G. *Chemistry of Natural Compounds*, 2011, vol. 5(47), pp. 288–289.
24. Abdullazhanova N.G., Mavlyanov S.M., Abdullaev S.V. *Chemistry of Natural Compounds*, 2000, vol. 1 (36), pp. 36–37.
25. Ma S., Qin H., Jiang M., Wang J., Wang W., Guo G., Zhou L., Chen W., Han B. *Journal of Chromatographic Science*, 2020, vol. 58, no. 5, pp. 403–410. <https://doi.org/10.1093/chromsci/bmz096>.
26. Kadota S., Takamori Y., Nyein K.N., Kikuchi T., Tanaka K., Ekimoto H. *Chem. Pharm. Bull.*, 1990, vol. 38 (10), 2687. <https://doi.org/10.1248/cpb.38.2687>.
27. Lee S.H., Tanaka T., Nonaka G., Nishioka I. *Phytochemistry*, 1990, vol. 29 (11), pp. 3621–3625. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(90\)85288-Q](https://doi.org/10.1016/0031-9422(90)85288-Q).
28. Masota N.E., Ohlsen K., Schollmayer C., Meinel L., Holzgrabe U. *Molecules*, 2022, vol. 27, 5045. <https://doi.org/10.3390/molecules27155045>.
29. Liu G.Y., Ma S.C., Zhang Y.M. et al. *China J. Chin. Mater. Med.*, 2005, vol. 30 (11), pp. 830–832.
30. Duan D.L., Li Z.Q., Luo H.P. et al. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 2004, vol. 14 (24), pp. 6041–6044.
31. Tanaka T., Nonaka G., Nishioka I. *J. Chem Res Synop.*, 1985, vol. 6, pp. 176–177.
32. Haddock E.A., Gupta R.K., Al-Shafi S.M.K. et al. *J. Chem Soc Perkin Trans I*, 1982, pp. 2515–2524.

Received July 7, 2024

Revised October 29, 2025

Accepted February 18, 2026

#### Сведения об авторах

Махмудов Рустамжон Расулжонович – кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории химии белков и пептидов, [chemist.makhmudov@gmail.com](mailto:chemist.makhmudov@gmail.com)

Раимова Камола Вахабджанова – старший научный сотрудник, [k.raimova\\_81@mail.ru](mailto:k.raimova_81@mail.ru)

Абдулладжанова Нодира Гуломжановна – доктор химических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории химии белков и пептидов, [anodira73@rambler.ru](mailto:anodira73@rambler.ru)

Ощепкова Юлия Игоревна – доктор химических наук, профессор, заместитель директора, [joshepkova05@rambler.ru](mailto:joshepkova05@rambler.ru)

Салихов Шавкат Исмаилович – академик, заведующий лабораторией химии белков и пептидов, [chemist.makhmudov@gmail.com](mailto:chemist.makhmudov@gmail.com)

#### Information about authors

Makhmudov Rustamzhon Rasulzhanovich – Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Protein and Peptide Chemistry, [chemist.makhmudov@gmail.com](mailto:chemist.makhmudov@gmail.com)

Raimova Kamola Vakhabdzhanova – Senior Researcher, [k.raimova\\_81@mail.ru](mailto:k.raimova_81@mail.ru)

Abdulladzhanova Nodira Gulomzhanovna – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Leading Researcher, Laboratory of Protein and Peptide Chemistry, [anodira73@rambler.ru](mailto:anodira73@rambler.ru)

Oshchepkova Yulia Igorevna – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Deputy Director, [joshepkova05@rambler.ru](mailto:joshepkova05@rambler.ru)

Salikhov Shavkat Ismailovich – Academician, Head of the Laboratory of Protein and Peptide Chemistry, [chemist.makhmudov@gmail.com](mailto:chemist.makhmudov@gmail.com)