ХИМИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ. 2026. №3. С. 139–147.
KHIMIYA RASTITEL'NOGO SYR'YA, 2026, no. 3, pp. 139–147.
DOI: 10.14258/jcprm.20260317683

УДК 577.1.577.352.35

ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ЛИСТЬЕВ *ATRAPHAXIS PYRIFOLIA*

© ***К.В. Раимова[1]*, Х.К. Олимов[2], Н.Г. Абдулладжанова[1]***

[1] Институт биоорганической химии им. акад. А.С. Садыкова АН РУз, ул. Мирзо Улугбека, 83, Ташкент, 100125, Республика Узбекистан, k.raimova_81@mail.ru
[2] Ташкентский фармацевтический институт, ул. Айбека, 45, Ташкент, 100015, Республика Узбекистан

Изучен химический состав (полифенолы) листьев растения *Atraphaxis Pyrifolia Bunge*. Процесс выделения полифенолов из растительного сырья включает в себя несколько стадий: экстракцию сырья, обработку экстракта органическими растворителями, выпарку, осаждение суммы полифенолов, очистку. Повышение эффективности использования сырья достигается в основном на первой стадии – экстракции. Проведено изучение выхода суммы полифенолов в зависимости от: состава экстрагента, модуля экстракции, кратности экстракции, соотношения сырья-экстрагента, температуры, условий сгущения, обработки водного остатка органическими растворителями, условия осаждения суммы полифенолов и их высушивания. В результате подобраны оптимальные условия выделения полифенолов из растительного сырья и найденным условием получена сумма полифенолов из весенних листьев *Atraphaxis Pyrifolia Bunge* с выходом 5.0%. При хроматографическом изучении выделенных фракций было установлено, что полифенолы этилацетатной фракции представлены в основном мономерными катехинами, флавонолами. Сумму полифенолов из этилацетатной фракции разделяли на колонке с сефадексом LH-20 с использованием в качестве элюента хлороформ-метанол в различных соотношениях (10 : 1→3 : 1). С помощью физико-химических методов установлены структуры выделенных соединений, таких как фенолкарбоновая кислота, флавоноиды и флавоноидных гликозидов.

С помощью физико-химических методов установлены структуры выделенных соединений. В результате из листьев *Atraphaxis Pyrifolia Bunge* выделены 3,4,5-триоксибензойная кислота (галловая кислота), 3,4-дигидроксибензойная кислота (протокатеховая), 3-кофеилхинная кислота (хлорогеновая кислота), 3-метокси-4-гидроксикоричная кислота (феруловая кислота), 3,4-дигидроксикоричная кислота (кофейная кислота), 3,3',4',5,7-пентагидроксифлавон (кверцетин), 3,4',5,7-тетрагидроксифлавон (кемпферол), кверцетин-3-*О*-рутинозид (рутин), 3-О-галактозид кверцетина (гиперозид), изотрифолин (изокверцитрин), 3,5,7,3′,4′,5′-гексагидроксифлавон (мирицетин).

Ключевые слова: полифенолы, экстракция, *Atraphaxis Pyrifolia Bunge*, ИК-спектроскопия, УФ-спектроскопия, ^{13}С ЯМР, ВЭЖХ-МС/МС.

Для цитирования: Раимова К.В., Олимов Х.К., Абдулладжанова Н.Г. Фенольные соединения листьев *Atraphaxis pyrifolia* // Химия растительного сырья. 2026. №3. С. 139–147. https://doi.org/10.14258/jcprm.20260317683.

Введение

Растения рода Курчавка относятся к семейству Гречишные (*Polygonaceae*), лекарственные свойства которых лечат с глубокой древности. *Atraphaxis pyrifolia Bunge* – курчавка грушелистная – кустарник, распространен в каменистых и мелкоземистых склонах и ущельях предгорья, в нижних и средних поясах гор Нуратинского, Актауского, Зирабулака, Зиадинского районов. [1]. Установлено, что листья, репродуктивные органы и стебли растений содержат комплекс биологически активных веществ: флавонолов, дубильных веществ, катехинов, каротиноидов, пектиновых веществ (пектинов и протопектинов) [2]. Наиболее высоким содержанием всех веществ отличаются листья и репродуктивные органы курчавок. Почти по всем биохимическим показателям надземные органы *A. pungens* превосходят *A. frutescens*. В листьях и репродуктивных органах *A. pungens* содержание флавонолов (до 7.32% – в репродуктивных органах и до 10.10% – в листьях), дубильных веществ (до 34.30 и 27.27% соответственно) и протопектинов (до 11.29 и 7.96%), а также в листьях – катехинов (до 3.92%) и в репродуктивных органах – пектинов (до 2.63%) и каротиноидов (до 83.48 мг%) более высокое, чем у *A. Frutescens*. Содержание катехинов в репродуктивных органах (до

* Автор, с которым следует вести переписку.

3.78%) и в листьях – каротиноидов (до 273.14 мг%) выше у *A. frutescens*, по сравнению с *A. pungens*. Выделены популяции курчавок, перспективные для дальнейшего фармакологического исследования [2].

Комплекс биологически активных веществ, содержащихся в растениях рода Atraphaxis, определяет их ценные фармакологические свойства. В надземных и подземных органах растений обнаружены флавонолы, флаваны, флавоны, антрахиноны, фенолкарбоновые кислоты и их производные, дубильные вещества, катехины, алкалоиды и стеролы [3]. Наибольшее внимание исследователей привлекают именно полифенольные соединения, в частности флавоноиды, которые играют ключевую роль в формировании антиоксидантной, противовоспалительной и противоопухолевой активности растений. Флавоноловые гликозиды преобладают в фенольном комплексе, выделенном из растений рода Atraphaxis [4].

Ряд исследований советского периода (1970–1980-е гг.) показал, что представители рода Atraphaxis содержат значительные количества катехинов и дубильных веществ, участвующих в регуляции окислительно-восстановительных процессов. Современные работы подтверждают, что состав полифенолов варьирует в зависимости от вида, местообитания и условий произрастания. Среди видов рода Atraphaxis как красильное и дубильное растение отмечены *A. frutescens*, *A. pyrifolia* Bunge и *A. spinosa* L. [5]. Из листьев и плодов A. pyrifolia Bunge возможно получение охристых красителей [6, 7]. Состав и содержание полифенолов в A. pyrifolia *Bunge*, произрастающих на территории Узбекистана, изучены недостаточно, однако есть данные о том, что антраценпроизводные (A. laetevirens) проявляют выраженную антибактериальную активность [8]. Побеги A. frutescens применяются в народной медицине при лечении диареи [9], A. spinosa известна как источник манны, которая используется в Иране как противолихорадочное и слабительное средство [10, 11].

Современные фитохимические исследования также выявили, что A. frutescens проявляет выраженную антиоксидантную активность благодаря высокому содержанию флавоноидов [12]. Из надземной части *A. spinosa* L. var. sinaica Bolss. выделены вещества с цитотоксической активностью против клеток лейкемии [13]. Благодаря алкалоидам, содержащимся в листьях, A. curly (курчавка) повышает артериальное давление [14]. Виды рода Atraphaxis, наиболее богатые флавоноидами, рассматриваются как перспективные источники препаратов с антиоксидантным и противоопухолевым действием [15].

В связи с этим ***целью*** нашей работы является изучение химического состава фенольных соединений листьев растения *A. pyrifolia Bunge* и определение структуры выделенных веществ физико-химическими методами исследования.

Экспериментальная часть

Объектом исследования служили листья *Курчавка грушелистная – A. pyrifolia Bunge*, собранные в начале мая 2023 года. Место отбора проб – Ташкентская область, Бостанлыкский район, Республика Узбекистан. Видовую принадлежность подтверждает паспорт, выданный Ботаническим институтом Республики Узбекистан.

Сырье высушивали до постоянного веса в сушильном шкафу и измельчали до размера не более 2–4 мм [16]. Высушенное сырье экстрагировали в 40% этиловым спиртом (v/v 1 : 5). Экстракция проводилась на водяной бане, снабженной обратным холодильником, в течение 2 ч при температуре 40 °C. Процесс экстракции повторялся 3 раза, до исчезновения качественной реакции на фенольные соединения (табл. 1).

Далее объединенные экстракты концентрировали на роторном испарителе до остатка 1/10 части растворителя. Затем в концентрат заливали 150 мл горячей воды (водное извлечение) и охлаждали до комнатной температуры. Для извлечения остатка липофильных веществ и хлорофилла водное извлечение обрабатывали хлороформом в соотношении 1 : 4. Образующиеся расслоенные части растворителей разделяли на делительной воронке. Очищенное водное извлечение фракционировали этилацетатом, фракции разделили на делительной воронке. Все вышеперечисленные фракции концентрировали на роторном испарителе до остатка 1/10. Качественные реакции фенольных соединений проводились по общепринятой методике [17].

Также для идентификации флавоноидов использована ТСХ (табл. 2) на пластинках марки «Silufol» в системе растворителей: *н*-бутанол – уксусная кислота – вода 40 : 12 : 28 (система 1), хлороформ – метанол 3 : 1 (система 2). В качестве проявителя применяли пары йода и аммиака [18].

Таблица 1. Условия экстракции фенольных соединений

Экстрагент	Температура (°C)	Время экстракции (ч)	Кратность экстракции	Выход (%)
40% этанол	40	2	3	5.0
50% этанол	50	2	3	5.4
70% этанол	60	2	3	6.1
Метанол	40	2	3	5.6

Таблица 2. R_f значения флавоноидов при ТСХ

Соединение	R_f (система 1)	R_f (система 2)
Галловая кислота	0.71	0.65
Рутин	0.45	0.42
Кварцетин	0.55	0.53
Кемпферол	0.6	0.58
Гиперозид	0.67	0.63

Колоночная хроматография на силикагеле марки 100/160. КСК фирмы «Tianjin Sinomed Pharmaceutical» (China), второй адсорбент Sephadex LH-20, сорбент фирмы «GE Healthcare Bio-Sciences AB» (Sweden). Для обоих адсорбентов размер колонки – 60.0/2.0 см. Скорость потока – самотеком.

Для ТСХ использовали следующие системы растворителей: I хлороформ – метанол (10 : 1); до II – хлороформ – метанол (4 : 1) и далее промывали метанолом.

Для идентификации соединений, обнаруженных в этой работе, они были охарактеризованы с помощью результатов масс-спектрометрии (ВЭЖХ-МС/МС) по сравнению с приведенными в литературе.

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 – бидистиллированная вода, подкисленная 0.1% муравьиной кислоты (А) и ацетонитрилом (В), скорость потока – 0.1 мл/мин 15 : 85 в изократическом режиме.

Наименования прибора и условия хромато-масс-спектрометрии: масс-спектрометрия с ионизацией, электронным ударом (HESI-II); напряжение камеры спрея – 4000 V; температура испарителя – 250 °C; давление газа оболочки – 20 psi; давление вспомогательного газа – 10 psi; температура капилляра – 100 °C; давление столкновения – 1.5 mTorr; энергия ионизации – 20 eV.

Обсуждение результатов

Процесс выделения полифенолов из растительного сырья *A. pyrifolia.* включает в себя несколько стадий: экстракцию сырья, обработку экстракта органическими растворителями, выпарку, осаждение суммы полифенолов, очистку [19, 20]. Повышение эффективности использования сырья достигается в основном на первой стадии – экстракции. Проведено изучение выхода суммы полифенолов в зависимости от: состава экстрагента, модуля экстракции, кратности экстракции, соотношения сырья-экстрагента, температуры, условий сгущения, обработки водного остатка органическими растворителями, условия осаждения суммы полифенолов и их высушивания. В результате нами впервые подобраны оптимальные условия выделения полифенолов из растительного сырья и найденным условием получена сумма полифенолов из листьев *A. pyrifolia.* с выходом 5.0%.

Полученная таким образом сумма полифенолов из этилацетатной фракции листьев *A. pyrifolia.* представляет собой аморфный порошок светло-желтого цвета, вяжущего вкуса. Многие фенольные соединения можно определить реакцией с раствором железа (III) хлорида, что позволяет выявлять соединения, имеющие незанятые фенольные ОН-группы. После добавления 1% спиртового раствора железа (III) хлорида наблюдается коричневое окрашивание (если присутствуют 3-ОН-группы), зеленое окрашивание (присутствие ОН-группа в положении 5) или синее окрашивание (присутствуют 3,4',5-ОН-группы) [21, 22].

С хлорным железом полифенолы дают синюю окраску, с 1% раствором ванилина в концентрированной соляной кислоте – ярко-красную. При хроматографическом изучении выделенных фракций было установлено, что полифенолы этилацетатной фракции представлены в основном мономерными катехинами, флавонолами.

Сумму полифенолов из этилацетатной фракции разделяли на колонке с сефадексом LH-20 с использованием в качестве элюента хлороформ – метанол в различных соотношениях (10 : 1 → 3 : 1). С помощью физико-химических методов установлены структуры выделенных соединений [23].

5 г препарата суммы полифенолов из этилацетатной фракции многократно растирали в ступке с влажным диэтиловым эфиром (общий объем – 1000 мл). При этом в эфир переходят только мономерные катехины, полностью освобожденные от продуктов конденсации, проверенные бумажной хроматографией (система 1). Эфирный раствор хроматографировали на колонке (4.5×70 см) с силикагелем (100 г), используя в качестве элюента свободный от перекисей водонасыщенный диэтиловый эфир. С использованием комплекса физико-химических методов, включающих в себя ИК-спектр, УФ-спектр, ^{13}C ЯМР, ВЭЖХ, масс-спектрометрию, был проведен анализ полученного продукта.

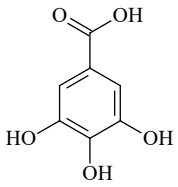
Соединения разделяли на колонке с сефадексом LH-20 с использованием в качестве элюента хлороформ – метанол в различных соотношениях (хлороформ – метанол в соотношении 4 : 1) и выделен ряд индивидуальных соединений [24].

С помощью физико-химических методов (табл. 3) установлены структуры выделенных соединений, такие как фенолкарбоновые кислоты, флавоноиды и флавоноидные гликозиды.

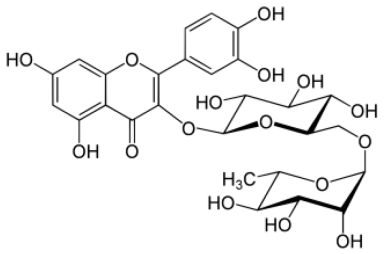
Таблица 3. Установлены структуры выделенных соединений при УФ- и ИК-спектрах

Соединение	УФ (λmax, нм)	ИК (основные пики, см$^{-1}$)
Галловая кислота	216, 270	3484–3282, 1618
Рутин	256, 355	3402, 1660, 1510
Кверцетин	256, 374	3400, 1664, 1610
Кемпферол	270, 360	3326, 1668, 1620
Гиперозид	258, 362	3114, 1715, 1606

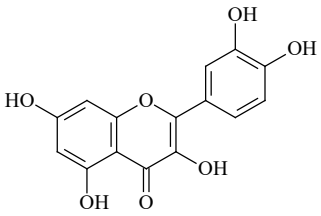
Вещество 1 – **галловая кислота** (3,4,5-триоксибензойная) – белые кристаллы, **$C_7H_6O_5$**, Мм 170.1, с Тпл. 238–240 °С, хорошо растворимые в спирте, горячей воде, R_f 0.71 (система 2, ТСХ). УФ-спектр (EtOH, λmax, нм): 216, 270; ИК-спектр (KBr, ν, см$^{-1}$): 3484–3282 (OH), 3058, 3002, 2649 (-COOH), 1618, 1541 (ароматические C=C-связи), 1450, 1307, 1245 (фенольный гидроксил). С 1% раствором хлорного железа дает синее окрашивание. Спектр ^{1}H ЯМР (400 МГц, DMSO, δ, м.д., J/Гц): 6.92 (2H, с, H-2, 6), 8.82 (1H, с, 4-OH), 9.17 (2H, с, 3, 5-OH), 12.22 (1H, уш. с, COOH). Спектр ^{13}C ЯМР (100 МГц, DMSO, δ, м.д.): 108.73 (C-2, 6), 120.44 (C-1), 137.99 (C-4), 145.41 (C-3,5), 167.46 (C-7) [25].



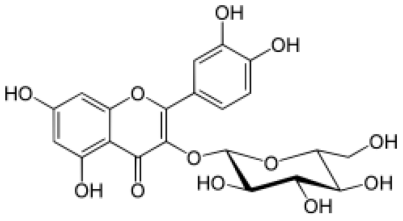
Вещество 2 – рутин (кверцетин-3-О-рутинозид) – зеленовато-желтый мелкокристаллический порошок, **$C_{21}H_{30}O_{16}$**, Мм 610.52 , Тпл. 190–192 °С (из CH_3OH), Rf 0.45 (БХ, система 1). УФ-спектр (EtOH, λmax, нм) 256, 264, 355. ИК-спектр (KBr, ν, см-1): 3595, 3402 (OH), 1660 (>C=O), 1605, 1575, 1510 (ароматические двойные связи), 1085, 1062, 1025, 980, 900 (сахарный компонент), 840, 815 (*n*-замещение в кольце «В»). При жестком кислотном гидролизе 10% H_2SO_4 образуются кверцетин и рутиноза (Тпл. 187–188 °С). При кислотном гидролизе 1% H_2SO_4 (ступенчатый гидролиз) образуются кверцетин (Тпл. 312–313 °С), D-глюкоза, L-рамноза, что было подтверждено тонкослойной хроматографией с образцами свидетелей.



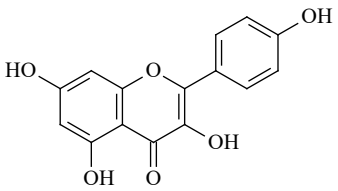
Вещество 3 – кверцетин (3,5,7,3',4'-пентагидроксифлавонол) – желтый аморфный порошок, **$C_{15}H_{10}O_7$**, Мм 464.3, с Тпл. 298–301 °С. УФ-спектр (EtOH, λmax, нм): 256, 374. ИК-спектр (KBr, υ, см$^{-1}$): 3402–3120 (OH), 1664 (C=O, g-пирон), 1610–1522 (ароматические C=C связи), 815, 840 (*n*-замещение в кольце «В»). При щелочном гидролизе образуются флороглюцин, протокатеховая кислота. Спектр ^{13}C ЯМР (100 МГц, C_5D_5N, δ, м.д.): 177.74 (C-4), 165.96 (C-7), 162.89 (C-5), 157.90 (C-9), 148.17 (C-2), 147.55 (C-3'), 138.36 (C-3), 124.29 (C-1'), 121.49 (C-6'), 117.10 (C-2', C-5'), 104.90 (C-10), 99.66 (C-6), 94.74 (C-8) [26].



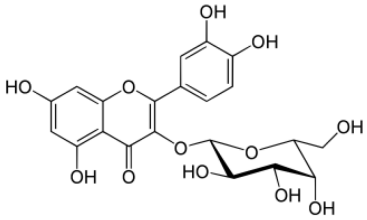
Вещество 4 – **изокверцитрин** (3-О-β-D-глюкопиранозид 3,5,7,3',4'-пентагидроксифлавона) (11). Светло-желтое кристаллическое вещество состава **$C_{21}H_{20}O_{12}$** с Тпл. 223–225 °С (водный спирт). УФ-спектр (EtOH, λmax, нм): 256, 267 пл, 361 нм; ИК-спектр (KBr, υ, $см^{-1}$): 3595–3402 (ОН), 1660 (>С=О), 1605, 1575 – 1510 ароматического кольца. ^{1}Н ЯМР-спектр (399.78 МГц, DMSO-d6, δ, м.д., J/Гц): 12.60 (1Н, с, 5-ОН-группа), 7.68 (1Н, дд, J = 2.5 и J = 9.0, Н-6'), 7.52 (1Н, д, J = 2.5, Н-2'), 6.86 (1Н, д, J = 9.0, Н-5'), 6.40 (1Н, д, J = 2.5, Н-8), 6.18 (1Н, д, J = 2.5, Н-6), 5.32 (1Н, д, J = 7.0, Н-1" глюкозы), 3.0–5.0 (м, 6Н глюкозы).



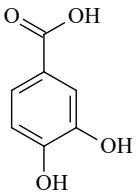
Вещество 5 – кемпферол (3,4',5,7-тетрагидроксифлавон) – желтый игольчатый кристалл **$C_{15}H_{10}O_6$**, Тпл 278–280 °С, Мм 286. УФ спектр (MeOH, λmax, нм): 360, 270 нм; ИК-спектр (KBr, ν_{max}, $см^{-1}$): 3326, 1668, 1620, 1513. ^{1}Н ЯМР (δ, 400 МГц, CD_3OD, м.д.) – спектр: 6.18 (1Н, д, Гц = 2.0, Н-6), 6.40 (1Н, д, Гц = 2.0, Н-8), 6.88 (2Н, д, Гц = 8.8, Н-3', 5'), 8.10 (2Н, д, Гц = 8.8, Н-2', 6') [27].



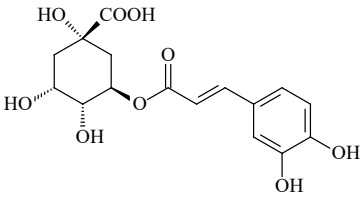
Вещество 6 – гиперозид (3-О-галактозид кверцетина) – желтый кристаллический порошок **$C_{21}H_{20}O_{12}$**, Мм 464.3, Тпл. 233–235 °С (водный ацетон), R_f 0.67 (БХ, система 1). УФ спектр (ОН, λmax, нм): 258, 266 пл, 362 нм; ИК-спектр (KBr, υ, $см^{-1}$): 3114, 2980, 2900, 1715, 1656, 1606, 1550, 1505. ^{1}Н ЯМР (δ, 400 МГц, CD_3OD, м.д.) – спектр: 12.30 (с, 5-ОН), 7.92 (д, 2.5 Гц, Н-2^1), 7.55 (дд, 2,5 и 9 Гц, Н-6^1), 6.88 (д, 9 Гц, Н-5^1), 6.45 (д, 2.5 Гц, Н-8), 6.21 (д, 2.5 Гц, Н-6), 5.20 (д, 7.5 Гц, Н-1^{11} галактозы), 3.5–4.0 (м, 6Н галактозы).



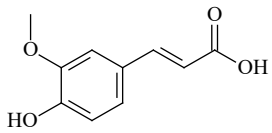
Вещество 7 – протокатеховая (3,4-дигидроксибензойная кислота) – белый кристаллический порошок, **$C_7H_6O_4$**, Мм 154.1, Тпл. 225–226 °С, УФ спектр (MeOH, λmax, нм): 295, 258 нм; ИК-спектр (KBr, υ, $см^{-1}$): 3600–3200 (ОН), 1700–1600 (С=О), 1600–1400 (С=С) ароматического кольца. ^{1}Н ЯМР (δ, 400 МГц, CD_3OD, м.д.) – спектр: 6.92 (1Н, d, J = 8.0 Гц, Н5); 7.24 (1Н, d, J = 1.9 Гц, Н2); 7.27 (1Н, dd, J = 8.0, 1.9 Гц, Н-6); δН 9.53 (1Н, s, ОН3); 9.71 (1Н, s, ОН-4); δН 10.10 (1Н, s, СООН) [28].



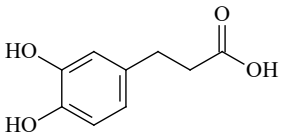
Вещество 8 – 3-кофеилхинная кислота (хлорогеновая кислота) – бесцветные кристаллы, **$C_{16}H_{18}O_9$**, Мм 354.3, Тпл. 203–205 °С, УФ спектр (EtOH, λmax, нм): 243, 300 пл, 330нм. ИК-спектр (KBr, υ, $см^{-1}$): 3400–3200 (ОН), 1700–1680 (С=О), 1630–1600 (С=С), 1280–1230 (С-О). ^{1}Н ЯМР (δ, 400 МГц, CD_3OD, м.д.) – спектр: 7.45 (д, 16 Гц, Н-7), 7.06 (д, 2 Гц, Н-2^1), 7.01 (дд, 2 и 8 Гц, Н-6^1), 6.80 (д, 8 Гц, Н-5^1), 6.18 (д, 16 Гц, Н-8), 5.10 (дт, 5 и 9 Гц, Н-5), 4.00 (кв, 3 Гц, Н-3), 3.62 (дд, 3 и 9 Гц, Н-4).



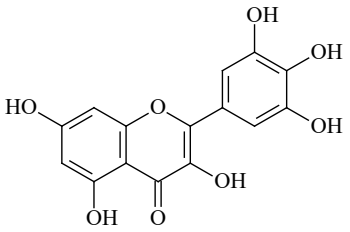
Вещество 9 – феруловая кислота (3-метокси-4-гидроксикоричная кислота) – кристаллическое вещество белого цвета, **$C_{10}H_{10}O_4$**. Тпл. 168–170 °С (водный спирт). УФ-спектр, (EtOH, λmax): 217, 242, 290 (пл), 322 нм. ИК-спектр (KBr, υ, $см^{-1}$): 3450 (ОН), 1690 (С=О), 1275 (С-О), а также пики при 1510 $см^{-1}$ и 1605 $см^{-1}$ (С=С ароматического кольца). Спектр ^{1}Н ЯМР (300 МГц, ДМСО-d6, δ, м.д.): 9.18 (1Н, с, 4-ОН-группа), 7.45 (д, J 16 Гц, Н-7), 7,08 (1Н, дд, J 2.5 и 9 Гц, Н-6), 7.03 (д, J 2.5 Гц, Н-2), 6.93 (д, J 9 Гц, Н-5), 6.24 (1Н, д, J 16 Гц, Н-8), 3.80 (3Н, с, CH_3O-группа).



Вещество 10 – кофейная кислота (3,4-дигидроксикоричная кислота) – светло-желтый порошок, **$C_9H_8O_4$**, Мм 180.1, Тпл. 194–198 °С, УФ-спектр (MeOH, λmax, нм): 215–220, 285, 295 нм. ИК-спектр (KBr, υ, $см^{-1}$): 2923–2853 (C-C), 1744 (C=O), 1156–1134 (C-O), 1055 (=C-O-C). ^{1}Н ЯМР-спектр (400 МГц, CD_3OD, δ, м.д.): 6.76 (1H, d, J = 8.1 Гц, H-5); 7.02 (1H, d, J = 2.0 Гц, H-2); 6.96 (1H, dd, J = 8.1, 2.0 Гц, H-6); δH 6.17 (1H, d, J = 15.8 Гц, H-β); 7.41 17 (1H, d, J = 15.8 Гц, H-α);δH 9.12 (1H, s, OH-3); 9.52 (1H, s, OH-4); δH 12.11 (1H, brs, COOH).



Вещество 11 – Мирицетин (3,5,7,3′,4′,5′-гексагидроксифлавон) – желтовато-зеленое кристаллическое порошок, **$C_{15}H_{10}O_8$**, с Тпл. 257–259 °С (водный спирт), УФ-спектр (EtOH, λmax, нм): 256, 378 нм. ИК-спектр (KBr, υ, $см^{-1}$) 3600–3200 (OH), 1660–1640 (C=O), 1600–1400 (C=O), 1300–1000 (C-O): ^{1}Н ЯМР-спектр (400 МГц, CD_3OD, δ, м.д.): 12.45 (1H, с, 5-OH-группа), 10.73 (3H, с, 7-OHгруппа), 9.28 (1H, с, 4′-OH-группа), 9.17 (2H, с, 3′-OH-группа и 5′-OH-группа), 8.75 (1H, с, 3-OH-группа),7.20 (2H, с, H-2′ и H-6′), 6.36 (1H, д, 2.5 Гц, H-8), 6.14 (1H, д, 2.5 Гц, H-6).



Выводы

В ходе проведенного исследования был изучен фенольный состав листьев курчавки грушелистной (*Atraphaxis pyrifolia*), произрастающей на территории Узбекистана. Разработана и оптимизирована методика экстракции, очистки и фракционирования фенольных соединений с использованием органических растворителей, колонной хроматографии и комплекса физико-химических методов анализа (ИК- и УФ-спектроскопия, ЯМР, ВЭЖХ-МС/МС).

В результате были выделены и структурно охарактеризованы одиннадцать индивидуальных фенольных соединений, включая галловую, протокатеховую, хлорогеновую, кофейную и феруловую кислоты, а также такие флавоноиды и их гликозиды, как кверцетин, кемпферол, рутин, гиперозид, изокверцитрин и мирицетин. Наибольшее количество соединений было обнаружено в этилацетатной фракции, богатой мономерными катехинами и флавонолами.

Финансирование
Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Института биоорганической химии имени А.С. Садыкова и Ташкентского фармацевтического института. 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. Тожибаев К.Ш., Бешко Н.Ю., Шомуродов Х.Ф. Кадастр флоры Узбекистана: Навоийская область. Ташкент, 2019. 106 с.
2. Костикова В.А., Банаев Е.В., Костиков Д.К., Кукушкина Т.А. Сравнительное изучение содержания биологически активных веществ в надземных органах *Atraphaxis frutescens* и *A. pungens* (Polygonaceae), произрастающих в Сибири // Химия растительного сырья. 2018. №2. С. 77–87. https://doi.org/10.14258/jcprm.2018022714.
3. Чумбалов Т.К., Омуркамзинова В.Б. Полифенолы *Atraphaxis frutescens*. III // Химия природных соединений. 1975. №3. С. 424.
4. Костикова В.А., Кукушкина Т.А., Костиков Д.К. Фитохимическая изучение *Atraphaxis frutescens* (L) C, Koch, произрастающего в Сибири // Известия вузов. Прикладная химия и биортехнология. 2015. №4. С. 25–30.
5. Павлов Н.В. Растительное сырьё Казахстана (Растения: их вещества и использование). М.; Л., 1947. 550 с.

6. Аллаяров И. Полезные дикорастущие растения Северо-Западного Узбекистана // Распространение и природные запасы полезных растений Узбекистана. 1974. Т. 1. С. 76–162.
7. Шукуров А.Ш., Станюкович М.Б. Основные красильные растения Таджикистана // Известия АН ТаджССР. Отделение биологических наук. 1972. Т. 2, №47. С. 19–24.
8. Nakano H., Schrader K.K., Mamonov L.K., Kustova T.S., Mursaliyeva V.K., Cantrell C.L. Isolation and Identification of *Flavobacterium columnare* and *Streptococcus iniae* Antibacterial Compounds from the Terrestrial Plant *Atraphaxis laetevirens* // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2012. Vol. 60. Pp. 10415–10419. https://doi.org/10.1021/jf304155n.
9. Беглянова М.И., Опарин С.В. Некоторые алкалоидоносные растения Красноярского края // Ученые записки Красноярского педагогического института. 1959. Т. 15. С. 117–127.
10. Роллов А.Х. Дикорастущие растения Кавказа, их распространение, свойства и применение. Тифлис, 1908. 599 с.
11. Harrison S.G. Manna and its sources // Kew Bulletin. 1950. Vol. 5, no. 3. Pp. 407–417.
12. Костикова В.А., Шалдаева Т.М., Костиков Д.К. Изучение антиоксидантной активности *Atraphaxis frutescens* (L.) C. Koch, произрастающего в Сибири // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2014. №4. С. 51–52.
13. Акжигитова Н.И. Галофильная растительность Средней Азии и ее индикационные свойства. Ташкент, 1982. 192 с.
14. Aynehchi Y., Salehi Sormaghi M.H., Amin G.H., Ghahreman A. Survey of Iranian Plants for Saponins, Alkaloids, Flavonoids and Tannins // Quarterly Journal of Crude Drug Research. 1981. Vol. 19, no. 2-3. Pp. 53–63. https://doi.org/10.3109/13880208109070576.
15. Омуркамзинова В.Б. Фенольные соединения некоторых растений рода *Atraphaxis* L.: автореф. дис. … канд. хим. наук. Алма-Ата, 1978. 22 с.
16. Абдулладжанова Н.Г., Мавлянов С.М., Далимов Д.Н. Полифенолы некоторых растений сем. Euphorbiaceae // Химия природных соединений. 2003. №4. С. 322.
17. Раимова К.В., Матчанов А.Д., Абдуллажонова Н.Г. Химическая структура полифенольного состава листьев боярышника понтийского *Crataegus pontica* // Химия растительного сырья. 2023. №4. С. 147–154. https://doi.org/10.14258/jcprm.20230412529.
18. Раимова К.В., Алимов Х.К., Абдулладжанова Н.Г. Изучение полифенольного состава листьев клёна Семенова *Acer semenovii* // Химия растительного сырья. 2025. №1. С. 118–126. https://doi.org/10.14258/jcprm.20250115047.
19. Рахимов Р.Н., Абдулладжанова Н.Г., Мавлянов С.М. *Euphorbia Franchetii* (B.Fedtsch) ўсимлигининг ер устки қисмидан полифеноллар ажратиб олишнинг оптимал шароитлари // Ўзбекистон химия журнали. 2011. №5. С. 40–44.
20. Раимова К.В., Абдулладжанова Н.Г., Матчанов А.Д., Тошпулатов Ф.Н., Эрагшев Н.А. Изучение флавоноидного состава и биологической активности листьев Боярышника понтийского Crataegus pontica // Химия растительного сырья. 2021. №3. С. 202–209. https://doi.org/10.14258/jcprm.20230412529.
21. Маркарян А.А., Абрамов А.А. Хроматографическое изучение фенольного состава сухого экстракта «Нефрофит» // Вестник Московского университета. Серия 2. Химия. 2003. Т. 44, №5. С. 356–360.
22. Лоншакова К.С., Убашеев И.О., Шантанова Л.Н. и др. Актуальные проблемы фармакологии и поиска новых лекарственных препаратов. Томск, 1997. Т. 9. С. 66.
23. Куркин В.А. Фармакогнозия: учебник для фармацевтических вузов (факультетов). Самара, 2016. 1279 с.
24. Куркина А.В., Савельева А.Е., Куркин В.А. Разработка методики количественного определения суммы флавоноидов в траве бархатцев отклонённых // Химико-фармацевтический журнал. 2022. Т. 56, №5. С. 43–46. https://doi.org/10.30906/0023-1134-2022-56-5-43-46.
25. Раимова К.В., Собирова Ф.А., Эсанов Р.С., Матчанов А.Д., Абдуллажонова Н.Г., Гафуров М.Б. Качественное исследование фенольных соединений и флавоноидов надземной части растения *Urtica dioica* L. // Universum: химия и биология. 2019. №5. С. 50–60.
26. Raimova K.V., Abdulladjanova N.G., Kurbanova M.A., Makhmanov D.M., Kadirova Sh.O., Tashpulatov F.N., Juraev Sh.Sh., Matchanov A.D., Rakhimov R.N. Comprehensive study of the chemical composition of *Urtica dioica* L. // Journal of Critical Reviews. 2020. Pp. 750–755.
27. Goldberg D.M., Hoffman B., Yang J., Soleas G.J. Phenolic constituents, furans, and total antioxidant status of distilled spirits // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1999. Vol. 47. Pp. 3978–3985. https://doi.org/10.1021/jf9811626.
28. Rayyan S., Fossen T., Nateland S.H., Andersen O.M. Isolation and Identification of Flavonoids, Including Flavone Rotamers, From The Herbal Drug ‘Crataegi Folium Cum Flore’ (Hawthorn) // Phytochemical Analysis. 2005. Vol. 16(5). Pp. 334–341. https://doi.org/10.1002/pca.853.

Поступила в редакцию 21 июля 2025 г.

После переработки 2 октября 2025 г.

Принята к публикации 18 февраля 2026 г.

Raimova K.V.[1*], *Olimov Kh.K.*[2], *Abdulladzhanova N.G.*[1] PHENOLIC COMPOUNDS OF THE LEAVES OF *ATRAPHAXIS PYRIFOLIA*

[1] *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, k.raimova_81@mail.ru*

[2] *Tashkent Pharmaceutical Institute, st. Aibeka, 45, Tashkent, 100015, Republic of Uzbekistan*

The chemical composition (polyphenols) of the leaves of the plant Curly pear-leaved – *Atraphaxis Pyrifolia* was studied. The process of isolating polyphenols from plant raw materials includes several stages: raw material extraction, extract treatment with organic solvents, evaporation, precipitation of the sum of polyphenols, purification. Increased efficiency of raw material use is achieved mainly at the first stage – extraction. The yield of the sum of polyphenols was studied depending on: extractant composition, extraction modulus, extraction frequency, raw material - extractant ratio, temperature, thickening conditions, aqueous residue treatment with organic solvents, conditions of precipitation of the sum of polyphenols and their drying. As a result, the optimal conditions for the extraction of polyphenols from plant materials were selected, and the found condition yielded the sum of polyphenols from the spring leaves of Kurchavka Grushelistnaya with a yield of 5.0%. During the chromatographic study of the isolated fractions, it was found that the polyphenols of the ethyl acetate fraction are mainly represented by monomeric catechins, flavonols. The sum of polyphenols from the ethyl acetate fraction was separated on a column with Sephadex LH-20 using chloroform–methanol in various ratios (10 : 1→3 : 1) as an eluent. Using physicochemical methods, the structures of the isolated compounds, such as phenol carboxylic acid, flavonoids and flavonoid glycosides, were established. Using physicochemical methods, the structures of the isolated compounds were established. As a result, 3,4,5-trihydroxybenzoic acid (gallic acid), 3,4-dihydroxybenzoic acid (protocatechuic acid), 3-caffeoylquinic acid (chlorogenic acid), 3-methoxy-4-hydroxycinnamic acid (ferulic acid), 3,4-dihydroxycinnamic acid (caffeic acid), 3,3',4',5,7-pentahydroxyflavone (quercetin), 3,4',5,7-tetrahydroxyflavone (kaempferol), quercetin-3-O-rutinoside (rutin), quercetin 3-O-galactoside (hyperoside), isotrifolin (isoquercitrin), 3,5,7,3',4',5'-hexahydroxyflavone (myricetin) were isolated from the leaves of *Pyrrhiza pyrulifolia*.

Keywords: polyphenols, extraction, Pear leaf curly, Atraphaxis Pyrifolia, IR-spectroscopy, UV-spectroscopy, ^{13}C NMR, HPLC-MS/MS.

For citing: Raimova K.V., Olimov Kh.K., Abdulladzhanova N.G. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2026, no. 3, pp. 139–147. (in Russ.). https://doi.org/10.14258/jcprm.20260317683.

References

1. Tozhibayev K.Sh., Beshko N.Yu., Shomurodov Kh.F. *Kadastr flory Uzbekistana: Navoiyskaya oblast'*. [Cadastre of the flora of Uzbekistan: Navoi region]. Tashkent, 2019, 106 p. (in Russ.).
2. Kostikova V.A., Banayev Ye.V., Kostikov D.K., Kukushkina T.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2018, no. 2, pp. 77–87. https://doi.org/10.14258/jcprm.2018022714. (in Russ.).
3. Chumbalov T.K., Omurkamzinova V.B. *Khimiya prirodnykh soyedineniy*, 1975, no. 3, p. 424. (in Russ.).
4. Kostikova V.A., Kukushkina T.A., Kostikov D.K. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biortekhnologiya,* 2015, no. 4, pp. 25–30. (in Russ.).
5. Pavlov N.V. *Rastitel'noye syr'yo Kazakhstana (Rasteniya: ikh veshchestva i ispol'zovaniye)*. [Plant Raw Materials of Kazakhstan (Plants: Their Substances and Uses)]. Mosocw; Leningrad, 1947, 550 p. (in Russ.).
6. Allayarov I. *Rasprostraneniye i prirodnyye zapasy poleznykh rasteniy Uzbekistana*, 1974, vol. 1, pp. 76–162. (in Russ.).
7. Shukurov A.Sh., Stanyukovich M.B. *Izvestiya AN TadzhSSR. Otdeleniye biologicheskikh nauk*, 1972, vol. 2, no. 47, pp. 19–24. (in Russ.).
8. Nakano H., Schrader K.K., Mamonov L.K., Kustova T.S., Mursaliyeva V.K., Cantrell C.L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2012, vol. 60, pp. 10415–10419. https://doi.org/10.1021/jf304155n.
9. Beglyanova M.I., Oparin S.V. *Uchenyye zapiski Krasnoyarskogo pedagogicheskogo institute*, 1959, vol. 15, pp. 117–127. (in Russ.).
10. Rollov A.Kh. *Dikorastushchiye rasteniya Kavkaza, ikh rasprostraneniye, svoystva i primeneniye*. [Wild Plants of the Caucasus: Their Distribution, Properties, and Uses]. Tiflis, 1908, 599 p. (in Russ.).
11. Harrison S.G. *Kew Bulletin*, 1950, vol. 5, no. 3, pp. 407–417.
12. Kostikova V.A., Shaldayeva T.M., Kostikov D.K. *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farmatsevticheskoy khimii*, 2014, no. 4, pp. 51–52. (in Russ.).
13. Akzhigitova N.I. *Galofil'naya rastitel'nost' Sredney Azii i yeye indikatsionnyye svoystva*. [Halophytic vegetation of Central Asia and its indicator properties]. Tashkent, 1982, 192 p. (in Russ.).
14. Aynehchi Y., Salehi Sormaghi M.H., Amin G.H., Ghahreman A. *Quarterly Journal of Crude Drug Research*, 1981, vol. 19, no. 2-3, pp. 53–63. https://doi.org/10.3109/13880208109070576.
15. Omurkamzinova V.B. *Fenol'nyye soyedineniya nekotorykh rasteniy roda Atraphaxis L.: avtoref. dis. ... kand. khim. nauk*. [Phenolic compounds of certain plants of the genus Atraphaxis L.: Abstract of a dissertation … Candidate of Chemical Sciences]. Alma-Ata, 1978, 22 p. (in Russ.).
16. Abdulladzhanova N.G., Mavlyanov S.M., Dalimov D.N. *Khimiya prirodnykh soyedineniy*, 2003, no. 4, p. 322. (in Russ.).
17. Raimova K.V., Abdulladzhanova N.G., Matchanov A.D. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2023, no. 4, pp. 147–154. DOI: 10.14258/jcprm.20230412529. (in Russ.).

* Corresponding author.

18. Raimova K.V., Alimov Kh.K., Abdulladzhanova N.G. *KhimiyaRastitel'nogoSyr'ya*, 2025, no. 1, pp. 118–126. https://doi.org/10.14258/jcprm.20250115047. (in Russ.).
19. Rakhimov R.N., Abdullazhanova N.G., Mavlyanov S.M. *Uzbekskiy khimicheskiy zhurnal*, 2011, no. 5, pp. 40–44. (in Uzb.).
20. Raimova K.V., Abdulladzhanova N.G., Matchanov A.D., Toshpulatov F.N., Eragshev N.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2021, no. 3, pp. 202–209. https://doi.org/10.14258/jcprm.20230412529. (in Russ.).
21. Markaryan A.A., Abramov A.A. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 2. Khimiya*, 2003, vol. 44, no. 5, pp. 356–360. (in Russ.).
22. Lonshakova K.S., Ubasheyev I.O., Shantanova L.N. i dr. *Aktual'nyye problemy farmakologii i poiska novykh lekarstvennykh preparatov*. [Current Issues in Pharmacology and the Search for New Drugs.]. Tomsk, 1997, vol. 9, p. 66. (in Russ.).
23. Kurkin V.A. *Farmakognoziya: uchebnik dlya farmatsevticheskikh vuzov (fakul'tetov)*. [Pharmacognosy: Textbook for Pharmaceutical Higher Education Institutions (Faculties)]. Samara, 2016, 1279 p. (in Russ.).
24. Kurkina A.V., Savel'yeva A.Ye., Kurkin V.A. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 2022, vol. 56, no. 5, pp. 43–46. https://doi.org/10.30906/0023-1134-2022-56-5-43-46. (in Russ.).
25. Raimova K.V., Sobirova F.A., Esanov R.S., Matchanov A.D., Abdullazhonova N.G., Gafurov M.B. *Universum: khimiya i biologiya*, 2019, no. 5, pp. 50–60. (in Russ.).
26. Raimova K.V., Abdulladjanova N.G., Kurbanova M.A., Makhmanov D.M., Kadirova Sh.O., Tashpulatov F.N., Juraev Sh.Sh., Matchanov A.D., Rakhimov R.N. *Journal of Critical Reviews*, 2020, pp. 750–755.
27. Goldberg D.M., Hoffman B., Yang J., Soleas G.J. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1999, vol. 47, pp. 3978–3985. https://doi.org/10.1021/jf9811626.
28. Rayyan S., Fossen T., Nateland S.H., Andersen O.M. *Phytochemical Analysis*, 2005, vol. 16(5), pp. 334–341. https://doi.org/10.1002/pca.853.

Received July 21, 2025

Revised October 2, 2025

Accepted February 18, 2026

Сведения об авторах

Раимова Камола Вахабджанова – старший научный сотрудник лаборатории белков и пептидов, k.raimova_81@mail.ru

Олимов Хайрулла Каюмович – кандидат фармацевтических наук, доцент, khairullo@gmail.com

Абдулладжанова Нодира Гуломжановна – доктор химических наук, ведущий научный сотрудник, anodira73@rambler.ru

Information about authors

Raimova Kamola Vakhabdzhanova – Senior Researcher, Laboratory of Proteins and Peptides, k.raimova_81@mail.ru

Olimov Khayrulla Kayumovich – Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor, khairullo@gmail.com

Abdulladzhanova Nodira Gulomzhanovna – Doctor of Chemical Sciences, Leading Researcher, anodira73@rambler.ru