NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI ILMIY AXBOROTNOMASI, [2026-9]
ISSN:2181-1458
ISSN:2181-0427

02.00.00-KIMYO FANLARI
journal.namdu.uz
CHEMICAL SCIENCES

УДК 547.982/83/84

ПОЛИФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ИЗ КОРКИ ПЛОДОВ *PUNICA GRANATUM*

Раимова Камола Вахабджанова
Институт Биоорганической химии
ORCID: 0009 0004 5139 4924
E-mail: kamola@mail.ru
Рахимов Рахматилла Нуруллаевич
Институт Биоорганической химии,
Ташкентский государственный транспортный университет
ORCID: 0000 0003 3600 5009
E-mail: rrakhimov.83@mail.ru
Кузиева Зулфизар Неъматжон кизи
Институт Биоорганической химии
ORCID: 0009-0003-8998-0796
E-mail: zulfizarqoziyeva@gmail.com
Корабаева Сурайё Ботиралиевна
Институт Биоорганической химии
ORCID: 0009-0008-2750-5232
E-mail:surayyobotiraliyevna@gmail.com
Эшимов Аббос Мирза угли
Институт Биоорганической химии
ORCID: 0009-0005-3702-5791
E-mail:abbos@mail.ru
Абдулладжанова Нодира Гуломжановна
Институт Биоорганической химии
ORCID: 0000-0003-2124-3522
E-mail:anodira73@rambler.ru

PUNICA GRANATUM MEVASI PO'STLOQLARINING POLIFENOL BIRIKMALARI

Annotatsiya.*Punica granatum L. ('Kay-anor' navi, O'zbekiston) mevasi po'stlog'idan umumiy polifenol birikmalar yig'indisi ajratib olindi. Ekstraksiya sharoitlarining polifenol miqdoriga ta'siri o'rganildi. Optimal ekstraksiya sharoiti xom ashyoni xloroform bilan oldindan ishlov berish, suvli aseton bilan uch marta ekstraksiya qilish, suvli qoldiqni etil asetat bilan ishlov berish va xloroform bilan cho'ktirishni o'z ichiga oldi. Umumiy polifenollar yig'indisi xom ashyoning quritilgan og'irligiga nisbatan 3,9% ni tashkil etdi. Polifenol kompleksining tarkibi yuqori samarali suyuqlik xromatografiya (HPLC) va LC-MS yordamida tahlil qilindi. Limon va gall kislotalar, gallokatexin, prosiyanidin B1, puniglyukonin, granatin A va B, xebulin va ellag kislotalar, rutin, mirisetin, izorhamnetin-3-galaktozid va boshqa birikmalar aniqlandi. Olingan ma'lumotlar anor po'stlog'ining tabiiy biologik faol moddalar manbai sifatidagi salohiyatini tasdiqlaydi.*

Kalit so'zlar: *Punica granatum L., ekstrakt, yuqori samarali suyuq xromatografiya-massa spektrometriyasi (HPLC-MS).*

POLYPHENOLIC COMPOUNDS FROM THE PEEL OF *PUNICA GRANATUM* FRUIT

Annotation.*Polyphenolic compounds were isolated from the peels of Punica granatum L. fruit (variety 'Kay-anor', Uzbekistan). The effect of extraction conditions on polyphenol yield was studied. The optimal extraction protocol included pre-treatment of the raw material with chloroform, three-fold extraction with aqueous acetone, treatment of the aqueous residue with ethyl acetate, and precipitation with chloroform. The yield of total polyphenols was 3.9% of the air-dried weight of the raw material. The composition of the polyphenol complex was analyzed using column chromatography and HPLC-MS. Citric and gallic acids, gallacatechin, procyanidin B1, punigluconin, granatins A and B, chebulic and ellagic acids, rutin, myricetin, isorhamnetin-3-galactoside, and other compounds were identified. The data obtained confirm the potential of pomegranate rind as a source of natural biologically active substances.*

Key words: *Punica granatum L., extract, high-performance liquid chromatography mass spectrometry (HPLC-MS).*

ПОЛИФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ИЗ КОРКИ ПЛОДОВ *PUNICA GRANATUM*

Аннотация:*Из корки плодов Punica granatum L. (сорт «Кай-анор», Узбекистан) выделена сумма полифенольных соединений. Изучено влияние условий экстракции на выход полифенолов. Было проведено изучение влияния различных условий экстракции на эффективность выделения полифенолов. Оптимизированная схема включала предварительную обработку сырья хлороформом, последующую трехкратную экстракцию водно-ацетоновым раствором и осаждение хлороформом остатка, полученного после обработки этилацетатом. В результате был достигнут суммарный выход полифенолов в размере 3,9% от воздушно-сухой массы исходного сырья. Исследование состава полифенольного комплекса граната было проведено с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) и ЖХ-МС. В результате анализа были выявлены такие соединения, как лимонная и галловая кислоты, галлокатехин, процианидин В1, пуниглюконин, гранатины А и В, хебулаговая и эллаговая кислоты, рутин, мирицетин, изорамнетин-3-галактозид, а также ряд других биологически активных веществ. Эти результаты свидетельствуют о том, что корка плодов граната может быть ценным источником природных биологически активных соединений.*

Ключевые слова:*Punica granatum L., экстракт, высокоэффективная жидкостная хроматография масс-спектрометрияим (ВЭЖХ-МС).*

Введение

Гранат (Punica granatum) в последние годы становится компонентом ряда лекарственных препаратов благодаря таким фармакологическим свойствам, как противовоспалительное, антиоксидантное и противораковое действие. Отходы граната образуются на всех этапах его жизненного цикла: при выращивании, переработке и обработке. Это сырье богато биоактивными соединениями, в частности флавоноидами и фенольными кислотами.

Основным побочным продуктом производства гранатового сока является кожура граната. Она содержит значительное количество полифенолов, включая флавоноиды и гидролизуемые дубильные вещества, которые обеспечивают разнообразную биологическую активность [1]. Кроме того, полифенолы кожуры обладают такими полезными для здоровья свойствами, как снижение артериального давления, противодиабетическое и противораковое действие [2]. Фенольные соединения широко распространены в большинстве лекарственных растений и являются важной частью рациона человека благодаря своим противораковым и другим свойствам [3]. Полифенолы представляют собой вторичные метаболиты, включающие более 8000 фенольных соединений, и известны своими фармакологическими эффектами: противовоспалительным, антиоксидантным, антимутагенным, противораковым и противомикробным.

Гранат содержит значительное количество фенольных соединений, таких как антоцианы, дубильные вещества, эллаговая кислота, пуникалин, пуникалагин, педункулагин и различные флаванолы. Эти вещества составляют основную группу фитохимических элементов, обладающих антиоксидантными свойствами и способностью нейтрализовать свободные радикалы [4]. Исследования показали, что антоцианы из плодов граната имеют более высокую антиоксидантную активность, чем витамин Е (α-токоферол), β-каротин и аскорбиновая кислота. Экстракты всех частей плода граната проявляют терапевтические свойства при ряде заболеваний, включая рак, сердечно-сосудистые патологии, диабет, мужское бесплодие, болезнь Альцгеймера, старение и СПИД.

Полифенольные соединения кожуры граната обладают важными полезными свойствами благодаря антиоксидантному, противовоспалительному и антимикробному действию [5]. Это делает кожуру перспективным ингредиентом и натуральной добавкой для обогащения пищевых продуктов. Наличие гидролизуемых дубильных веществ (эллагитаннинов), флавоноидов (антоцианинов) и конденсированных дубильных веществ (проантоцианидинов) связано с различными областями применения, например, в качестве красителей и экологически чистых клеев [6].

Исследование, посвященное оптимизации условий экстракции дубильных веществ из кожуры граната, показало, что свежая форма этих агропромышленных отходов содержит больше полифенолов, чем сушеная, хотя обычно кожуру используют именно в сухом виде. Дубильные вещества — это группа полифенольных соединений, широко распространенных в растительных органах и обладающих различными биологическими свойствами, включая антимикробное, противопаразитарное, противовирусное, антиоксидантное, противовоспалительное и иммуномодулирующее действие.

Основными фенольными кислотами, идентифицированными и количественно определенными в кожуре граната, являются эллаговая, галловая, коричная, хлорогеновая и кумаровая кислоты [7]. Химический состав сока и мякоти плодов включает до 20% сахаров, органические кислоты, до 6% лимонной и яблочной кислот [8]. Также в них обнаружены помегранат, эллаговая кислота, О-метил-эллаговая кислота, этил бревикарбоксилат, урсоловая и масляная кислоты, даукастерол [9], а также флавон трицетин-4'-О-β-глюкопиранозид, флавоны трицетин, лютеолин и гранатин В. Кожура граната содержит значительное количество фенольных соединений, включая гидролизуемые дубильные вещества (пуникалин, пуникалагин, эллаговая и галловая кислоты), флавоноиды (антоцианы и катехины) и питательные вещества [10-12]. Семена граната обладают антиоксидантными, кардиопротективными, антиостеопорозными, антидиабетическими, противовоспалительными и противораковыми свойствами.

В связи с этим цель нашей работы — выделение полифенольных соединений из кожуры плодов Punica granatum L. и установление структуры выделенных соединений с помощью физико-химических методов.

Обзор литературы

Гранат (*Punica granatum L.*) является ценным источником биологически активных веществ и широко изучается благодаря своим фармакологическим свойствам. Особое внимание исследователей привлекают полифенольные

соединения, обладающие антиоксидантной, противовоспалительной, антимикробной и потенциальной противоопухолевой активностью [1–5].

Кожура граната, являющаяся основным побочным продуктом переработки плодов, содержит значительное количество полифенолов, включая гидролизуемые дубильные вещества, флавоноиды и фенольные кислоты. К основным соединениям относятся пуникалагин, пуникалин, эллаговая и галловая кислоты, катехины, антоцианы и проантоцианидины [7, 10–12]. Эти вещества представляют интерес благодаря своим химическим свойствам и разнообразной биологической активности.

Согласно литературным данным, полифенольные соединения граната способны нейтрализовать свободные радикалы и участвовать в снижении окислительного стресса. Кроме того, исследования указывают на их потенциальное применение для разработки фармацевтических препаратов, функциональных пищевых продуктов и натуральных добавок [2–6]. Однако подтверждение терапевтической эффективности требует дальнейших исследований.

Эффективность выделения полифенолов зависит от способа подготовки растительного сырья, условий сушки, состава экстрагента, температуры и продолжительности экстракции. Поэтому оптимизация процесса извлечения имеет важное значение для получения экстрактов с высоким содержанием биологически активных веществ.

Таким образом, кожура граната представляет собой перспективный источник природных полифенольных соединений. Изучение её химического состава, разработка оптимальных условий экстракции и установление структуры выделенных соединений с помощью физико-химических методов являются актуальными направлениями современных научных исследований.

Методология исследования

Выделение суммы полифенолов. Исследование проводилось на высушенных корках узбекского граната сорта «Кай-анор» (Punica granatum L.), собранных в октябре–ноябре 2025 года. В ходе работы изучалось влияние различных факторов на выделение суммы полифенолов: степени измельчения сырья, состава экстрагента, модуля и кратности экстракции, температуры процесса, а также условий концентрирования и очистки экстрактов.

На основе полученных данных была разработана оптимальная методика. Воздушно-сухое сырьё массой 1 кг измельчали до размера частиц 5–7 мм, затем обезжиривали хлороформом и экстрагировали водным ацетоном разной концентрации. Полученные экстракты концентрировали под вакуумом до водного остатка, который последовательно обрабатывали этилацетатом и осаждали хлороформом, что позволяло выделить сумму полифенолов.

Для разделения полифенольного комплекса 5 г препарата хроматографировали на колонке с гольевым порошком, используя в качестве элюентов диэтиловый эфир, воду, ацетон и 60%-ный ацетон. В эфирной фракции методом бумажной хроматографии была идентифицирована галловая кислота с характеристическими значениями Rf 0,72 и 0,55. Водную фракцию дополнительно очищали с помощью экстракции этилацетатом и концентрирования под вакуумом. После осаждения хлороформом и высушивания было получено 1,2 г суммарного препарата. Бумажная хроматография показала присутствие двух основных соединений с Rf 0,68 и 0,60, которые впоследствии подвергли дальнейшему хроматографическому разделению.

Индивидуальные фенольные соединения были идентифицированы методом высокоэффективной жидкостной хроматографии – масс-спектрометрии (ВЭЖХ-МС/МС). 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 кислотой (А) и ацето нитрил (В), скорость потока 0.1 мл/мин 15 : 85 изократическом режиме. Наименования прибора и условия хромато-масс-спектрометрии: масс-спектрометрия с ионизацией электронным ударом (HESI-II); напряжение камеры спрея – 4000 V; температура испарителя – 25 °C. Градиент концентрации раствора В минутах: 0–3 мин – 2%, 3-35 мин – 55%, 35-38 мин -2%.Растворы дегазировали на приборе Agilent Technologies 1260 µ-degasser.

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 мк/мин, температура осушающего газа – 300 °C, напряжение на: конусе с киммера – 20V, фрагменторе 125V, диапазон масс: в режиме MS 100 – 2000 m/z, а в режиме Auto MS/MS50 – 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 серии1260 Cap Pump при скорости потока 15 мкл/мин. Градиент концентрации раствора В минутах: 0–3 мин – 2%, 3-35 мин – 55%, 35-38 мин -2%.Растворы дегазировали на приборе Agilent Technologies 1260 µ-degasser. 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) и Phenol_Explorer.

Результаты и их обсуждение

Извлечение полифенолов из корок граната включало несколько этапов: экстракцию сырья, обработку экстрактов органическими растворителями, концентрирование, осаждение и очистку суммарных полифенолов. Для

повышения эффективности процесса исследовали влияние различных параметров: соотношения сырья и экстрагента, числа экстракций, состава экстрагента, температуры и длительности экстракции.

Оптимальные условия были определены следующим образом: соотношение сырья и экстрагента 1:8 (выход экстрактивных веществ 41,1%), четырехкратная экстракция (44,5%), использование 70%-ного водного ацетона в качестве экстрагента (49,1%), температура 40°C (39,1%) и продолжительность процесса 2 часа. Полученные экстракты концентрировали под вакуумом до водного остатка, после чего полифенолы извлекали этилацетатом. Оптимальное соотношение водного остатка и этилацетата составило 1:4. Осаждение полифенолов из этилацетатного концентрата проводили с помощью хлороформа.

Выделенная сумма полифенолов представляла собой аморфный порошок светло-желтого цвета, который давал характерные качественные реакции с хлорным железом и ванилином. Для разделения полифенольного комплекса применяли хроматографию на гольевом порошке с последовательным элюированием диэтиловым эфиром, водой, ацетоном и 60%-ным ацетоном. Установлено, что эфирная фракция содержала фенолкарбоновые кислоты, водная — флавонолы, а ацетоновая — таннины. Методами бумажной хроматографии, колоночной хроматографии и ВЭЖХ–МС идентифицированы ди-галлоил-гексагидрокси-дифенил-D-глюкоза ($C_{27}H_{22}O_{18}$), гранатин А ($C_{34}H_{24}O_{22}$), процианидин В1 ($C_{30}H_{26}O_{12}$), пуниглюконин ($C_{34}H_{26}O_{23}$), гранатин А (форма В) ($C_{34}H_{24}O_{23}$), гранатин В ($C_{41}H_{28}O_{27}$), хебулаговая кислота ($C_{41}H_{30}O_{27}$). Полученные результаты свидетельствуют о богатом составе полифенольных соединений корки плодов граната и перспективности её использования в качестве источника природных биологически активных веществ.

Выводы

Полифенольные соединения экстрагированы из корки плодов граната сорта «Кай анор» (Punica granatum L.). Для идентификации главных полифенольных компонентов исследуемого сырья применялась высокоэффективная жидкостная хроматография с масс-спектрометрическим детектированием (ВЭЖХ-МС).

Литературные данные

1. Chen, J.; Liao, C.; Ouyang, X.; Kahramanoˇglu, I.; Gan, Y.; Li, M.; Rengasamy, K.R.R. Antimicrobial activity of pomegranate peel and its applications on food preservation. J. Food Qual. 2020, 2020, 8850339. [CrossRef]

2.Asgary S., Keshvari M., Sahebkar A., Sarrafzadegan N. Pomegranate consumption and blood pressure: A review. Curr. Pharm. Design 2017, 23, 1042–1050. [CrossRef]

3.Balasundaram N., Sundram K., Samman S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. Food Chemistry. 2006; 99: 191-203.

4.Khan N., Ahmed A., Hadi S. Antioxidant, Prooxidant properties of tannic acid and it's binding to DNA, Chem. Biol.Interact. 2000; 125.

5.Xi J., He L., Yan L-G. Continuous extraction of phenolic compounds from pomegranate peel using high voltage electrical discharge. Food Chem. 2017; 230: 354–361.

6.Saad H., Bouhtoury FC-E., Pizzi A., Rode K., Charrier B., Ayed N. Characterization of pomegranate peels tannin extractives. Ind Crop Prod. 2012; 40: 239–246.

7.Асланова М.С., Набиев А.А. Физико-химические показатели и аминокислотный состав плодов новых сортов граната // Вестник Российской сельскохозяйственной науки 2017, 2. Стр 34-36.

8. Shakhmatov E.G., Makarova E.N., Belyy V.A. Structural studies of biologically active pectin-containing polysaccharides of pomegranate Punica granatum. //Int. J. Biol. Macromol. 2019, Feb 1, 122, 29-36. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2018.10.146.

9. Ruan J.H., Li J., Adili G., Sun G.Y., Abuduaini M., Abdulla R., Maiwulanjiang M., Aisa H.A. Phenolic Compounds and Bioactivities from Pomegranate (Punica granatum L.) Peels. //J. Agric. Food Chem. 2022, Mar 21. doi: 10.1021/acs.jafc.1c08341.

10. Xie Z., Li X., Tang R., Wang G., Lu Y., Li X., Cheng K., Li L., He Q. Reactions of polyphenols in pomegranate peel with nitrite under simulated stomach conditions. //Food Sci. Nutr. 2019, Aug 21, 7(9), 3103- 3109. doi: 10.1002/fsn3.1173.

11. U.Yulchiyeva, Sh.Abdullayev, N.Abdullajanova, G.Raxmonova. *Atraphaxis spinosa L.* o'simligidan olingan polifenollarning biologik faolliklarini baholash.// O'zMU xabarlari, 2026,[2] ISSN 2181-7324, 501-504 bet.

12. Yulchiyeva U.A., Abdullayev Sh.V., Abdulladjanova N.G., Xaydarova D.R. Study of the content of flavonoids and biolelements in the above-ground parts of *Atraphaxis spinosa L.*//Universum:химия и биология. 1(139), Январь 2026. Часть 4, Москва 2026., p5-11