

УДК 547.915:665.3

## ЛИПИДЫ СЕМЯН *PUNICA GRANATUM* L. СОРТА КАЮМ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В УЗБЕКИСТАНЕ

© *Х.Н. Саминов*<sup>1\*</sup>, *А.А. Ибрагимов*<sup>1</sup>, *Н.К. Юлдашева*<sup>2</sup>, *С.Д. Гусакова*<sup>2</sup>, *О.М. Назаров*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ферганский государственный университет, ул. Мураббийлар, 19,  
Фергана, 150100 (Республика Узбекистан), e-mail: fardu.husniddin@mail.ru

<sup>2</sup> Институт химии растительных веществ им. акад. С.Ю. Юнусова АН РУз,  
ул. Мирзо Улугбека, 77, Ташкент, 100170 (Республика Узбекистан)

В статье приведены результаты исследования липидов и жирных кислот семян *Punica granatum* L. сорта Каюм, произрастающего в Кувинском районе Ферганской области Республики Узбекистан. Жирнокислотный состав липидов семян граната определяли после перевода выделенных из липидов жирных кислот в метиловые эфиры на газовом хроматографе Agilent 6890 N с пламенно-ионизационным детектором, используя капиллярную колонку с неподвижной фазой HP-5. Нейтральные липиды экстрагировали из воздушно-сухих измельченных семян экстракционным бензином в аппарате Сокслета. Хроматографический анализ позволил установить наличие 18 насыщенных и ненасыщенных высших жирных кислот. По сравнению с зарубежными сортами масла семян *Punica granatum* L. сорта Каюм содержит наиболее богатый набор ненасыщенных (сумма 94%) и насыщенных (сумма 6%) жирных кислот. Основным компонентом масла семян граната этого сорта является пуниковая кислота (51.3%). Наряду с пуниковой кислотой обнаружены  $\alpha$ -элеостеариновая (13.1%),  $\beta$ -элеостеариновая (10.5%) и катальповая (4.7%) кислоты, которые относятся к конъюгированным  $\alpha$ -линоленовым кислотам. Среди ненасыщенных жирных кислот также обнаружены  $\alpha$ -линоленовая (7.2%) и олеиновая (6.5%). Насыщенные жирные кислоты в основном представлены пальмитиновой (3.2%), стеариновой (2.2%) и арахидиновой (0.6%) кислотами. Определен состав жирных кислот полярных глико- и фосфолипидов. В полярных липидах конъюгированные  $\alpha$ -линоленовые кислоты не обнаружены. Таким образом, результаты исследования дают ценную информацию для разработки лекарственных препаратов и пищевых добавок на основе масла семян граната сорта Каюм.

*Ключевые слова:* *Punica granatum* L., липиды, полярные липиды, жирные кислоты, газовая хроматография, конъюгированные  $\alpha$ -линоленовые кислоты, пуниковая кислота.

### Введение

Гранат (*Punica granatum* L.) представляет собой плодоносящий лиственный кустарник из семейства *Punicaceae* Bercht. et J. Presl [1]. Кустарник с древних времен культивируется в Средиземноморском регионе, Азии, Африке и Европе. Наиболее важными регионами выращивания являются Египет, Китай, Афганистан, Пакистан, Бангладеш, Иран, Ирак, Индия, Бирма и Саудовская Аравия [2]. Растение *Punica granatum* L. издавна используется в традиционной медицине. Так, в аюрведической медицине кора граната применяется в качестве противопаразитарного средства [3], как кроветворное средство [4], в народной медицине Южной Америки – для лечения афтозного стоматита, диареи и язв [5].

*Саминов Хусниддин Номонжон огли* – преподаватель кафедры химии, e-mail: fardu.husniddin@mail.ru

*Ибрагимов Алиджан Аминович* – доктор химических наук, профессор, профессор кафедры химии, e-mail: alijon.ibragimov.48@mail.ru

*Юлдашева Нигора Каримовна* – доктор философии по химическим наукам, старший научный сотрудник лаборатории химии липидов, e-mail: nigorayuldasheva@myrambler.ru

*Гусакова Светлана Дмитриевна* – доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории химии липидов, e-mail: s.gusakova2004@mail.ru

*Назаров Отабек Мамадалиевич* – доктор философии по химическим наукам, доцент кафедры химии, e-mail: fulluren777@mail.ru

Разнообразные терапевтические свойства *Punica granatum* L. связывают с наличием биологически активных веществ во всех частях растения, в частности, эллаготаннинов, галлотаннинов и их производных, флавоноидов, лигнанов, тритерпеноидов, фитостероидов, алкалоидов и индоламинов, липидов и их жирных кислот органических и фенольных кис-

\* Автор, с которым следует вести переписку.

лот [6]. Зерна плодов *Punica granatum* L. благодаря высокой антиоксидантной активности, благотворному влиянию гранатового сока на здоровье, а также высокому уровню питательных веществ являются уникальным фруктом. Семена граната представляют большой интерес, так как масло семян имеет богатый состав биологически активных липофильных компонентов (токоферолы, фитостеролы, каротиноиды) и специфический набор жирных кислот (ЖК). Имеются сообщения о наличии в гранатовом масле эстрогена – женского полового гормона [7].

Уникальный жирнокислотный состав гранатового масла объясняется высоким содержанием в нем конъюгированных  $\alpha$ -линоленовых кислот (КЛеК), которые являются объектом изучения исследователей всего мира. Конъюгированные  $\alpha$ -линоленовые кислоты – это геометрические изомеры с системой сопряженных двойных связей  $\alpha$ -линоленовой кислоты C18:3 – *цис*-9, *цис*-12, *цис*-15, относящейся к группе ненасыщенных эссенциальных жирных кислот. В масле семян граната обнаружены следующие КЛеК: пуниковая (C18:3 – *цис*-9, *транс*-11, *цис*-13) (доминирующий изомер),  $\alpha$ -элеостеариновая (C18:3 – *цис*-9, *транс*-11, *транс*-13),  $\beta$ -элеостеариновая (C18:3 – *транс*-9, *транс*-11, *транс*-13), катальповая (C18:3 – *транс*-9, *транс*-11, *цис*-13) кислоты [8]. В последние годы проводятся многочисленные исследования по выявлению биологической активности масла семян граната и КЛеК. Установлено, что масло оказывает значительное влияние на ингибирование жизнеспособности раковых клеток пищевода, а также на снижение их способности к миграции [9]. Обнаружено, что неомыляемые вещества гранатового масла участвуют в модуляции метаболизма холестерина [10], а само масло влияет на иммунную функцию и метаболизм липидов экспериментальных животных [11], предотвращая их ожирение, вызванное высокожировой диетой, и снижая инсулинорезистентность независимо от изменений в диете или в расходе энергии [8].

Кроме указанных, гранатовое масло обладает и другими фармакологическими свойствами: антиоксидантным, противовоспалительным, нефропротекторным, гепатопротекторным, нейропротекторным, противораковым, укрепляющим иммунную систему, усиливающим углеводный обмен [12]. В ряде исследований показано, что КЛеК обладают цитотоксическим действием на культурах раковых клеток человека [13–15], ингибируют канцерогенез [16–18] и изменяют метаболизм липидов у животных [11, 19, 20]. Предложен механизм противоопухолевого действия КЛеК, по которому они индуцируют апоптоз раковых клеток посредством перекисного окисления липидов [13, 18, 21].

Содержание отдельных изомеров КЛеК в масле и их суммы варьирует в зависимости от места произрастания граната и от сорта растения. В литературе имеются сообщения о составе ЖК масла семян более 70 сортов *Punica granatum* L., произрастающих в 10 странах мира. Анализ этих данных показывает, что наряду с КЛеК масло семян граната содержит широкий спектр ненасыщенных и насыщенных ЖК.

Так, в масле, экстрагированном гексаном из семян *Punica granatum* L., произрастающего в Пакистане, наряду с пуниковой и катальповой найдены олеиновая, стеариновая, пальмитиновая, линолевая и арахидоновая кислоты [22]. Среди ЖК масла семян 25 сортов *Punica granatum* L. индийского происхождения, полученного экстракцией бензином ( $T_{кип.}$  75–80 °C), обнаружены кроме КЛеК линолевая, олеиновая, стеариновая, пальмитиновая, миристиновая и бегеновая [23]. В составе гранатового масла, полученного экстракцией гексаном из семян 15 сортов *Punica granatum* L., произрастающих в Турции, найдены пуниковая,  $\alpha$ -элеостеариновая,  $\beta$ -элеостеариновая, катальповая, линолевая, олеиновая, гадолеиновая, стеариновая, пальмитиновая, арахидоновая и бегеновая кислоты [24]. В масле, полученном экстракцией гексаном из семян 4 сортов *Punica granatum* L., произрастающих в Иране, обнаружены пуниковая кислота, а также олеиновая, линолевая, пальмитиновая, стеариновая, эйкозеновая, арахидоновая и линолэлаидиновая ЖК. Кроме них в минорных количествах найдены лауриновая, миристиновая, пальмитолеиновая, маргаритиновая, *цис*-9-гептадеценивая кислота, эладиновая,  $\alpha$ -линоленовая, гадолеиновая и бегеновая [25]. При исследовании масла, полученного экстракцией петролейным эфиром из семян 3 сортов *Punica granatum* L., произрастающих в Китае, обнаружены пуниковая, олеиновая, линолевая, пальмитиновая, стеариновая, арахидоновая, гадолеиновая, 13,16-октадекадиеновая, докозатетраеновая и гептадекановая ЖК [26]. В масле, полученном экстракцией гексаном из семян 15 сортов *Punica granatum* L., произрастающих в Тунисе, и 6 видов, произрастающих в Китае, обнаружены пуниковая,  $\alpha$ -элеостеариновая,  $\beta$ -элеостеариновая, катальповая, олеиновая, линолевая, стеариновая, пальмитиновая, арахидоновая, гадолеиновая, миристиновая или гноцеридиновая кислоты [27]. Жирные кислоты масла, выделенного гексаном из семян 6 сортов *Punica granatum* L., произрастающих в Грузии, содержали пуниковую, олеиновую, линолевою, пальми-

тиновую, стеариновую, лигноцериную, арахиную, миристиновую, нервоновую,  $\alpha$ -линоленовую и пальмитиновую [28]. В гранатовом масле из Бразилии найдены пуниковая, линолевая, олеиновая, пальмитиновая, стеариновая, гадолеиновая и арахиновая кислоты [29].

По данным работы [30], в составе ЖК масла граната сорта Гюловша, растущего в Азербайджане, найдены пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, линолевая, линолэлаидиновая, арахиновая, эйкозеновая, лигноцериновая, пуниковая,  $\alpha$ - и  $\beta$ -элеостеариновая и катальповая кислоты.

Исходя из вышеизложенного, следует, что в зависимости от эколого-географических условий места произрастания растения, сорта граната и от использованного экстрагента, масло семян граната имеет различный качественный и количественный составы жирных кислот. Кроме того, существенное влияние на количественное содержание отдельных изомеров КЛеК оказывает метод получения их метиловых эфиров. Показано, что в условиях кислого метанолиза из-за быстрой геометрической изомеризации *цис*-связей пуниковой кислоты в *транс*-конфигурацию образуются другие КЛеК и содержание отдельных изомеров меняется, хотя общее их количество остается постоянным [31].

В доступной литературе мы не нашли данных о полярных липидах гранатовых семян.

Цель настоящего исследования – изучение нейтральных липидов (масло), полярных липидов, а также жирных кислот семян *Punica granatum* L. сорта Каюм, произрастающего в Узбекистане.

### **Материалы и методы**

Плоды *Punica granatum* L. сорта Каюм были собраны в сентябре 2020 года в Кувинском районе Республики Узбекистан. Семена *Punica granatum* L. Получали путем ручного удаления околоплодника с остальной частью плода, выделения эндокарпа и очистки покровной мякоти, окружающей семена. Затем семена промывали водой и сушили при комнатной температуре. В высушенных семенах определяли содержание влаги, нейтральных и полярных липидов.

Для определения влажности пробу семян рассыпали тонким слоем на доске и из разных мест отбирали около 5 г. Далее их измельчали в кофемолке, переносили в предварительно высушенный и взвешенный бюкс и, закрыв крышками, взвешивали на аналитических весах. Высушивание пробы семян производили в сушильном шкафу при 100–105 °С сначала 2 ч, а затем по 30 мин до постоянного веса. Постоянный вес считали достигнутым в том случае, когда разница между взвешиваниями не превышала 0.001 г. Анализ проводили в двукратной повторности.

Нейтральные липиды выделили из воздушно-сухих измельченных семян экстракционным бензином ( $T_{кип.}$  72–80 °С) в аппарате Сокслета в течение 20 ч. Полученный экстракт упаривали на роторном испарителе. Остатки бензина удаляли высушиванием масла в сушильном шкафу при температуре 100–105 °С до постоянного веса и хранили в эксикаторе. Содержание масла определяли в процентах к весу экстрагированного образца с учетом его влажности.

Далее определили показатель преломления масла на рефрактометре модели «PAL-BX/RI» (Япония), его кислотное число, характеризующее содержание свободных ЖК в масле, методом, описанным в [32]. Содержание в масле неомыляемых веществ (концентрат липофильных компонентов) установили после гидролиза масла 10%-ным раствором едкого калия в метаноле, как описано в [33]. В неомыляемых веществах фотоэлектрокалориметрией определили содержание каротиноидов.

Полярные липиды извлекали из высушенного шрота, оставшегося после удаления нейтральных липидов, трехкратной экстракцией при комнатной температуресмесью хлороформа с метанолом (2 : 1) по методу Фолча [34]. Из объединенных экстрактов обработкой водным раствором хлористого кальция удалили нелипидные примеси, очищенный экстракт упарили на роторном испарителе. Далее полярные липиды разделили на группы колоночной хроматографией на силикагеле, при этом остатки нейтральных липидов элюировали хлороформом, гликолипиды вымывали ацетоном, фосфолипиды – метанолом. Выход групп липидов установили гравиметрически.

Для анализа состава ЖК нейтральные липиды, гликолипиды и фосфолипиды масла гидролизировали спиртовым раствором щелочи [35], выделенные ЖК переводили в метиловые эфиры свежеприготовленным диазометаном [36]. Метиловые эфиры ЖК (МЭЖК) анализировали ИК-спектрометрией на ИК-Фурье спектрометре фирмы PerkinElmer, модель 2000, в пленке. Анализ состава МЭЖК гранатового масла проводили на хроматографе *Agilent* 6890 N с пламенно-ионизационным детектором, используя капиллярную колонку

30 м × 0.32 мм с неподвижной фазой НР-5, газ-носитель – гелий, температура программирования 150–270 °С. Идентификацию метиловых эфиров жирных кислот проводили согласно [37].

### Обсуждение результатов

Содержание нейтральных и полярных липидов, а также показатели нейтральных липидов семян *Punica granatum* L. сорта Каюм приведены в таблице 1.

Из данных таблицы 1 видно, что нейтральные липиды содержатся в семенах этого сорта в количестве 14.4% (на сухое вещество), хотя из семян граната, растущего в Азербайджане, и граната неустановленного происхождения выделено 22.4–29.1% нейтральных липидов [7, 30].

Показатель преломления масла семян граната практически соответствует таковому (1.5138), приведенному в работе [30], установленному на рефрактометре ИРФ-454Б2М.

Масло исследованного образца имеет слабо-желтую окраску и содержит каротиноиды. Учитывая невысокое содержание неомыляемых веществ (3.2%), каротиноиды присутствуют в минорных количествах. Содержание полярных липидов в гранатовых семенах невелико (0.5%) и, как и следовало ожидать, в них доминируют фосфолипиды.

Метиловые эфиры ЖК (см. аббревиатуру в разделе «Материалы и методы») анализировали ИК-спектрометрией. ИК-спектр МЭЖК был типичен для этой группы соединений и содержал интенсивную полосу транс-этиленовых связей при 988.89 см<sup>-1</sup> [33]. Затем методом ГХ определили качественный и количественный составы ЖК. Следует отметить, что в использованных нами условиях ГХ анализа пара кислот 18:1 и 18:3 не разделяется и выходит на хроматограмме одним пиком.

Обобщенные литературные данные по составу жирных кислот нейтральных липидов масла граната зарубежных сортов и сорта Каюм из Узбекистана показаны в таблицах 2 и 3.

Таблица 1. Нейтральные и полярные липиды семян *Punica granatum* L. сорта Каюм из Узбекистана

Показатель	Содержание
Влага и летучие вещества, % от массы семян	6.7
Нейтральные липиды (НЛ, маслячность) при фактической влажности, % от массы семян	13.5
Нейтральные липиды на сухое вещество, % от массы семян	14.5
Показатель преломления масла, [α] <sub>D</sub> 20	1.5123
Кислотное число масла, мг КОН/г	1.4
Неомыляемые вещества в масле, %	3.2
Каротиноиды в неомыляемых веществах, мг%	78.8
Полярные липиды (ПЛ), % от массы семян, в том числе:	0.5
гликолипиды	0.2
фосфолипиды	0.3

Таблица 2. Состав жирных кислот масла семян зарубежных сортов *Punica granatum* L.

Жирная кислота	Пакистан, 1 сорт	Индия, 25 сортов	Турция, 15 сортов	Иран, 4 сорта	Тунис и Китай, 15 сортов
Миристиновая, 14:0	–	0.1–4.7	–	–	0.11–0.85
Пальмитиновая, 16:0	2.88	0.3–3.9	2.10–2.77	4.04–4.46	3.13–11.82
Олеиновая, 18:1-цис-9	3.85	0.4–17.4	3.20–5.28	8.31–9.77	3.03–12.88
α-Линоленовая, 18:3-цис-9,цис-12,цис-15	–	–	–	3.06–4.40	–
α-Линолевая, 18:2-цис-9,цис-12	2.67	0.7–24.4	3.44–5.27	8.11–9.03	3.57–13.92
Стеариновая, 18:0	3.57	2.8–16.7	1.35–2.01	2.81–3.00	1.68–15.64
Линолэлаидиновая, 18:2-цис(тр.)-9,транс(цис)-12	–	–	–	0.30–0.35	–
Эйкозеновая, 20:1-цис-9	–	–	–	0.90–1.08	–
Гадолеиновая, 20:1-цис-11	–	–	0.42–0.75	0.42–0.75	0.50–9.94
Арахидиновая, 20:0	1.22	–	0.33–0.48	0.60–0.64	0.42–1.70
β-Элеостеариновая, 18:3-транс-9, транс-11,транс-13	–	31.8–86.6	0.73–1.35	72.07–73.31	1.47–17.83
α-Элеостеариновая, 18:3-цис-9, транс-11,транс-13	–	–	5.94–6.85	–	5.91–22.53
Пуниковая, 18:3-цис-9,транс-11,цис-13	84.68	–	70.42–76.17	–	12.45–55.45
Катальповая, 18:3-транс-9,транс-11,цис-13	1.13	–	3.06–4.40	–	5.05–20.53
Бегеновая, 22:0	–	0.01–3.9	0.16–0.22	0.16–0.22	–
Лигноцерииновая, 24:0	–	–	–	–	0.67–8.10

Из обобщенных данных таблиц 2 и 3 можно сделать следующие выводы. В масле граната зарубежных сортов обнаружено разное количество компонентов ЖК: от 6 (Индия) до 12 (Тунис и Китай), а у сорта Каюм – 20. Кислоты 10:0, 12:0 и элаидиновая идентифицированы только в сорте Каюм; 16:1 и 26:0 – в сорте Каюм и сортах Грузии; 17:0 – в сорте Каюм и в сорте X; линолэлаидиновая – в сортах Ирана и Азербайджана. Изомерная  $\alpha$ -линолевая кислота C18:2-13,16 и докозатетраеновая кислота C22:4-*цис*-7,*цис*-10,*цис*-13,*цис*-16 идентифицированы в гранатовом масле только авторами работы [26]. Во всех образцах преобладали КлеК с содержанием пуниковой кислоты от 39.9% (Азербайджан) до 86.6% (Индия), у сорта Каюм – 51.3%. Масло семян *Punica granatum* L. сорта Каюм (Узбекистан) содержит наиболее богатый набор жирных ненасыщенных (сумма 94%) и насыщенных (сумма 6%) жирных кислот.

Состав жирных кислот полярных глико- (ГЛ) и фосфолипидов (ФЛ) приведен в таблице 4.

Таблица 3. Состав жирных кислот масла семян зарубежных сортов и сорта Каюм из Узбекистана *Punica granatum* L.

Жирная кислота	Грузия, 6 сортов	Бразилия, 1 сорт	Китай, 3 сорта	Азербайджан, 1 сорт	Сорт Каюм
Каприновая, 10:0	–	–	–	–	Сл.
Лауриновая, 12:0	–	–	–	–	Сл.
Миристиновая, 14:0	0.2–0.5	–	–	–	0.02
Пентадекановая, 15:0	–	–	–	–	0.01
Пальмитиновая, 16:0	2.8–4.8	4.04	3.06–6.12	7.34	3.2
Пальмитолеиновая, 16:1	0.1–0.2	–	–	–	0.01
Маргаринавая, 17:0	–	–	0.07–0.09	–	0.01
Олеиновая, 18:1- <i>цис</i> -9	3.6–7.7	5.29	–	12.04	–
Олеиновая, 18:1- <i>цис</i> -9 + $\alpha$ -Линоленовая, 18:3-9,12,15	–	–	–	–	6.5
$\alpha$ -Линоленовая, 18:3- <i>цис</i> -9, <i>цис</i> -12, <i>цис</i> -15	0.1–0.3	–	–	–	–
$\alpha$ -Линолевая, 18:2- <i>цис</i> -9, <i>цис</i> -12	3.2–5.8	6.05	4.92–7.43	8.76	7.2
Элаидиновая, 18:1- <i>транс</i> -9	–	–	–	–	0.5
Стеариновая, 18:0	2.1–3.6	2.30	2.56–3.86	5.73	2.2
Линолэлаидиновая, 18:2 <i>цис</i> ( <i>тр.</i> )-9, <i>транс</i> ( <i>цис</i> )-12	–	–	–	0.61	–
Эйкозеновая, 20:1- <i>цис</i> -9	–	–	–	1.98	0.7
Гадолеиновая, 20:1- <i>цис</i> -11	–	0.61	0.65–1.32	–	–
Арахидиновая, 20:0	0.3–0.8	0.50	0.61–0.62	3.13	0.6
$\beta$ -Элеостеариновая, 18:3- <i>транс</i> -9, <i>транс</i> -11, <i>транс</i> -13	–	–	–	6.65	10.5
$\alpha$ -Элеостеариновая, 18:3- <i>транс</i> -9, <i>транс</i> -11, <i>транс</i> -13	–	–	–	7.68	13.1
Пуниковая, 18:3- <i>цис</i> -9, <i>транс</i> -11, <i>цис</i> -13	78.3–83.4	58.14	71.85–77.8	39.87	51.3
Катальповая, 18:3- <i>транс</i> -9, <i>транс</i> -11, <i>цис</i> -13	–	–	–	5.98	4.7
Бегеновая, 22:0	–	–	–	–	0.1
Нервоновая, 24:1- <i>цис</i> -15	0.2–0.4	–	–	–	0.03
Лигноцеридиновая, 24:0	0.6–1.3	–	–	0.23	0.1

Таблица 4. Состав жирных кислот гликолипидови фосфолипидов масла семян *Punica granatum* L. сорта Каюм, ГХ, % от массы кислот

Жирная кислота	ГЛ	ФЛ
1	2	3
Каприновая, 10:0	Следы	0.5
Лауриновая, 12:0	1.4	0.1
Миристиновая, 14:0	1.6	0.3
Пентадекановая, 15:0	–	0.3
Пальмитиновая, 16:0	31.0	37.9
Пальмитолеиновая, 16:1	–	0.3
Маргаринавая, 17:0	0.8	0.8
Стеариновая, 18:0	6.0	8.3
Олеиновая, 18:1- <i>цис</i> -9	22.5	14.2
Элаидиновая, 18:1- <i>транс</i> -9	2.2	3.1
$\alpha$ -Линолевая, 18:2- <i>цис</i> -9, <i>цис</i> -12	31.2	25.8
Арахидиновая, 20:0	1.6	4.2
Эйкозеновая, 20:1- <i>цис</i> -9	–	1.1
Бегеновая, 22:0	1.7	2.2

Окончание таблицы 4

1	2	3
Лигноцериновая, 24:0	–	0.7
Гексакозановая 26:0	–	0.2
∑ насыщенных ЖК	44.1	55.5
∑ ненасыщенных ЖК	55.9	44.5

Как следует из данных таблицы 4, в ГЛ найдено 11, в ФЛ – 16 ЖК. Конъюгированные  $\alpha$ -линоленовые кислоты в полярных липидах отсутствуют. Суммарная ненасыщенность ЖК выше в ГЛ (55.9%) В ГЛ и ФЛ преобладают ненасыщенные жирные кислоты с доминированием линолевой (31.2 и 25.8%) и олеиновой (22.5 и 14.2% соответственно). Основной насыщенной кислотой в двух группах полярных липидов является пальмитиновая.

### Выводы

Определено содержание нейтральных и полярных липидов, а также состав жирных кислот семян *Punica granatum* L. сорта Каюм, произрастающего в Узбекистане. Установлено, что семена сорта имеют среднее содержание масла (14.4%) и полярных липидов (0.5%). По результатам сравнительного анализа жирных кислот семян сорта Каюм с таковыми более 70 сортов граната, произрастающего в 10 зарубежных странах, установлено, что содержание суммы конъюгированных  $\alpha$ -линоленовых кислот в сорте Каюм из Узбекистана (79.3%) коррелирует с таковым одного из сортов Грузии (78.3%) и сорта, растущего в Китае (77.8%). У сорта Каюм набор насыщенных жирных кислот более разнообразный. В полярных липидах семян граната конъюгированные  $\alpha$ -линоленовые кислоты не обнаружены. Учитывая растущую популярность гранатового масла из-за широкого спектра его фармакологической активности, сорт Каюм из Узбекистана является перспективным лекарственным сырьем для получения ряда известных и новых медицинских препаратов.

### Список литературы

1. Степанян-Гандилян Н.П. Таксономическая ревизия семейства *Punicaceae* // Новости систематики высших растений. 2017. Т. 48. С. 110–117.
2. Morton J.F. Pomegranate // Fruits of Warm Climates. Purdue New Crops Profile, 1987. Pp. 352–355.
3. Naqvi S.A., Khan M.S., Vohora S.B. Antibacterial, antifungal, and antihelminthic investigations on Indian medicinal plants // Fitoterapia. 1991. Vol. 62. Pp. 221–228.
4. Lad V., Frawley D. The Yoga of Herbs. Santa Fe, NM: Lotus Press, 1986. Pp. 135–136.
5. Caceres A., Giron L.M., Alvarado S.R., Torres M.F. Screening of antimicrobial activity of plants popularly used in Guatemala for treatment of dermatomucosal diseases // J. Ethnopharmacol. 1987. Vol. 20. Pp. 223–237.
6. Wu S., Tian L. Diverse Phytochemicals and Bioactivities in the Ancient Fruit and Modern Functional Food Pomegranate (*Punica granatum*) // Molecules. 2017. Vol. 22. N10. P. 1606.
7. Пономарёва С.Ю., Вандышев В.В., Суслина С.Н. Масло семян граната, как источник фитоэстрогенов // Материалы VII Международного конгресса «Здоровье и образование в XXI веке». М., 2006. С. 614.
8. Vroegrijk I.O., van Diepen J.A., van den Berg S., Westbroek I., Keizer H., Gambelli L., Hontecillas R., Bassaganya-Riera J., Zondag G.C., Romijn J.A., Havekes L.M., Voshol P.J. Pomegranate seed oil, a rich source of punicalic acid, prevents diet-induced obesity and insulin resistance in mice // Food Chem Toxicol. 2011. Vol. 49. N6. Pp. 1426–1430.
9. Zare M., Shaverdi H., Kalae S.E.V. Anti-cancer Effects of Pomegranate Seed Oil on Esophageal Cancer Cell Line (KYSE-30) // Gene Cell Tissue. 2021. Vol. 8. N1. Article e108995.
10. Caligiani A., Bonzanini F., Palla G., Cirlini M., Bruni R. Characterization of a potential nutraceutical ingredient: pomegranate (*Punica granatum* L.) seed oil unsaponifiable fraction // Plant Foods Hum Nutr. 2010. Vol. 65. N3. Pp. 277–283.
11. Yamasaki M., Kitagawa T., Koyanagi N., Chujo H., Maeda H., Kohno-Murase J., Imamura J., Tachibana H., Yamada K. Dietary effect of pomegranate seed oil on immune function and lipid metabolism in mice // Nutrition. 2006. Vol. 22. N1. Pp. 54–59.
12. Boroushaki M.T., Mollazadeh H., Afshari A.R. Pomegranate seed oil: A comprehensive review on its therapeutic effects // International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2016. Vol. 7. N2. Pp. 430–442.
13. Grossmann M.E., Mizuno N.K., Schuster T., Cleary M.P. Punicalic acid is an omega-5 fatty acid capable of inhibiting breast cancer proliferation // Int. J. Oncol. 2010. Vol. 36. N2. Pp. 421–426.
14. Igarashi M., Miyazawa T. Preparation and fractionation of conjugated trienes from alpha-linolenic acid and their growth-inhibitory effects on human tumor cells and fibroblasts // Lipids. 2005. Vol. 40. N1. Pp. 109–113.
15. Yasui Y., Hosokawa M., Sahara T., Suzuki R., Ohgiya S., Kohno H., Tanaka T., Miyashita K. Bitter melon seed fatty acid rich in 9c,11t,13t-conjugated linolenic acid induces apoptosis and up-regulates the GADD45, p53 and PPARgamma in human colon cancer Caco-2 cells // Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids. 2005. Vol. 73. N2. Pp. 113–119.

16. Tsuzuki T., Kawakami Y. Tumor angiogenesis suppression by alpha-eleostearic acid, a linolenic acid isomer with a conjugated triene system, via peroxisome proliferator-activated receptor gamma // *Carcinogenesis*. 2008. Vol. 29. N4. Pp. 797–806.
17. Kohno H., Suzuki R., Yasui Y., Hosokawa M., Miyashita K., Tanaka T. Pomegranate seed oil rich in conjugated linolenic acid suppresses chemically induced colon carcinogenesis in rats // *Cancer Sci*. 2004. Vol. 95. N6. Pp. 481–486.
18. Tsuzuki T., Tokuyama Y., Igarashi M., Miyazawa T. Tumor growth suppression by alpha-eleostearic acid, a linolenic acid isomer with a conjugated triene system, via lipid peroxidation // *Carcinogenesis*. 2004. Vol. 25. N8. Pp. 1417–1425.
19. Koba K., Belury M.A., Sugano M. Potential health benefits of conjugated trienoic acids // *Lipid Technology*. 2007. Vol. 19. N9. Pp. 200–203.
20. Lam C.K., Chen J., Cao Y., Yang L., Wong Y.M., Yeung S.Y. Conjugated and non-conjugated octadecaenoic acids affect differently intestinal acyl coenzyme A: cholesterol acyltransferase activity // *Atherosclerosis*. 2008. Vol. 198. N1. Pp. 85–93.
21. Igarashi M., Miyazawa T. Newly recognized cytotoxic effect of conjugated trienoic fatty acids on cultured human tumor cells // *Cancer Lett*. 2000. Vol. 148. N2. Pp. 173–179.
22. Laghari Z.H., Mahesar S.A., Sherazi S.T.H., Memon S.A., Sirajuddin, Mugheri G.A., Shah S.N., Panhwar T., Chang A.S. Quality evaluation of pomegranate waste and extracted oil // *International Food Research Journal*. 2018. Vol. 25. N4. Pp. 1295–1299.
23. Parashar A., Sinha N., Singh P. Lipid contents and fatty acids composition of seed oil from twentyfive pomegranates varieties grown in India // *Advance Journal of Food Science and Technology*. 2010. Vol. 2. N4. Pp. 12–15.
24. Kralan M., Glkc M., Tokgz H. Oil and Conjugated Linolenic Acid Contents of Seeds from Important Pomegranate Cultivars (*Punica granatum* L.) Grown in Turkey // *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2009. Vol. 86. Pp. 985–990.
25. Dadashi S., Mousazadeh M., Emam-Djomeh Z., Mousavi S.M. Pomegranate (*Punica granatum* L.) seed: A Comparative Study on Biochemical Composition and Oil Physicochemical Characteristics // *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*. 2016. Vol. 4. N4. Pp. 334–342.
26. Peng Y. Comparative analysis of the biological components of pomegranate seed from different cultivars // *International Journal of Food Properties*. 2019. Vol. 22. N1. Pp. 784–794.
27. Elfalleh W., Ying M., Nasri N., Sheng-Hua H., Guasmi F., Ferchichi A. Fatty acids from Tunisian and Chinese pomegranate (*Punica granatum* L.) seeds // *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2011. Vol. 62. N3. Pp. 200–206.
28. Pande G., Akoh C.C. Antioxidant capacity and lipid characterization of six Georgia-grown pomegranate cultivars // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2009. Vol. 57. N20. Pp. 9427–9436.
29. Jardini F.A., Mancini-Filho J. Composio centesimal e perfil dos cidosgraxos de rom (*Punica granatum* L.) cultivada no Brasil // *Higiene Alimentar*. 2007. Vol. 21. N148. Pp. 81–85.
30. Хомик А.С. Фармакогностическое изучение *Ribes rubrum* L., *Punica granatum* L., *Oenotherae biennis* L. и разработка технологий получения субстанций на их основе: автореф. дис. ... канд. фарм. наук. М., 2012. 26 с.
31. Горяинов С.В., Хомик А.С., Калабин Г.А., Вандышев В.В., Абрамович Р.А. Жирнокислотный состав семян *Punica granatum* L. из отходов от получения гранатового сока // *Вестник РУДН, серия Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2012. №1. С. 10–15.
32. Руководство по методам исследования технохимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности / под общ. ред. В.П. Ржехина, А.Г. Сергеева. Л., 1967. Т. 1-2. 887 с.
33. Руководство по методам исследования технохимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности / под общ. ред. В.П. Ржехина, А.Г. Сергеева. Л., 1967. Т. 1-1. 445 с.
34. Folch I., Lees M., Stoane Stanley J.H. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues // *J. Biol. Chem*. 1957. Vol. 226. N1. P. 497.
35. Ul'chenko N.T., Bekker N.P., Glushenkova A.I. Lipids and Lipophilic Components of the Aerial Part of *Daucus sativus* // *Chemistry of Natural Compounds*. 2000. Vol. 36. N6. Pp. 572–573.
36. Физер Л., Физер М. Реагенты для органического синтеза. М., 1970. Т. 1. 242 с.
37. Ul'chenko N.T. Lipids from fruit of *Caccinia crassifolia* // *Chemistry of Natural Compounds*. 2013. Vol. 48. Pp. 1067–1068.

Поступила в редакцию 5 апреля 2022 г.

После переработки 26 мая 2022 г.

Принята к публикации 23 ноября 2022 г.

**Для цитирования:** Саминов Х.Н., Ибрагимов А.А., Юлдашева Н.К., Гусакова С.Д., Назаров О.М. Липиды семян *Punica granatum* L. сорта Каюм, произрастающего в Узбекистане // *Химия растительного сырья*. 2023. №1. С. 207–215. DOI: 10.14258/jcprm.20230111260.

Saminov Kh.N.<sup>1\*</sup>, Ibragimov A.A.<sup>1</sup>, Yuldasheva N.K.<sup>2</sup>, Gusakova S.D.<sup>2</sup>, Nazarov O.M.<sup>1</sup> SEED LIPIDS OF *PUNICA GRANATUM* L. CULTIVAR "KAYUM", GROWING IN UZBEKISTAN

<sup>1</sup> Ferghana State University, ul. Murabbiylara, 19, Ferghana, 150100 (Uzbekistan), e-mail: fardu.husniddin@mail.ru

<sup>2</sup> Institute of Chemistry of Plant Substances, AS RUZ, ul. M. Ulugbeka, 77, Tashkent, 100170 (Uzbekistan)

This article presents the results of a study of the fatty acid composition of lipids of *Punica granatum* L. variety "Kayum", growing in the Kuva district of the Fergana region of the Republic of Uzbekistan. The fatty acid composition of pomegranate seed lipids after conversion of the corresponding fatty acids into methyl esters was determined on an Agilent 6890 N gas chromatograph with a flame ionization detector using an HP-5 capillary column with a stationary phase. Neutral lipids were extracted from air-dried crushed seeds in gasoline using a Soxhlet apparatus. Chromatographic analysis of the oil made it possible to establish the presence of 18 saturated and unsaturated higher fatty acids. Seed oil of *Punica granatum* L. variety "Kayum" contains the richest set of unsaturated (total 94%) and saturated (total 6%) fatty acids. The main component of pomegranate seed oil is punicic acid (51.25%). Along with punicic acid,  $\alpha$ -eleostearic (13.09%),  $\beta$ -eleostearic (10.36%) and catalpic acids (4.55%) were found, which belong to conjugated  $\alpha$ -linolenic acids. Among unsaturated fatty acids,  $\alpha$ -linoleic (7.15%) and oleic (6.51%) acids were also found. Saturated fatty acids are mainly represented by palmitic (3.11%), stearic (2.10%) and arachidonic (0.58%) acids. The remaining saturated and saturated fatty acids were characterized by a low content. The composition of fatty acids of polar glyco- and phospholipids was determined. Thus, the results of the study can provide valuable information for the development of drugs and nutritional supplements based on pomegranate seed oil of the variety "Kayum".

**Keywords:** *Punica granatum* L., lipids, polar lipids, fatty acids, gas chromatography, conjugated  $\alpha$ -linolenic acids, punicic acid.

## References

- Stepanyan-Gandilyan N.P. *Novosti sistematiki vysshikh rasteniy*, 2017, vol. 48, pp. 110–117. (in Russ.).
- Morton J.F. *Fruits of Warm Climates*. Purdue New Crops Profile, 1987, pp. 352–355.
- Naqvi S.A., Khan M.S., Vohora S.B. *Fitoterapia*, 1991, vol. 62, pp. 221–228.
- Lad V., Frawley D. *The Yoga of Herbs*. Santa Fe, NM: Lotus Press, 1986, pp. 135–136.
- Caceres A., Giron L.M., Alvarado S.R., Torres M.F. *J. Ethnopharmacol.*, 1987, vol. 20, pp. 223–237.
- Wu S., Tian L. *Molecules*. 2017, vol. 22, no. 10, p. 1606.
- Ponomarova S.Yu., Vandyshev V.V., Suslina S.N. *Materialy VII Mezhdunarodnogo kongressa «Zdorov'ye i obrazovaniye v XXI veke»*. [Materials of the VII International Congress "Health and education in the XXI century"]. Moscow, 2006, p. 614. (in Russ.).
- Vroegrijk I.O., van Diepen J.A., van den Berg S., Westbroek I., Keizer H., Gambelli L., Hontecillas R., Bassaganya-Riera J., Zondag G.C., Romijn J.A., Havekes L.M., Voshol P.J. *Food Chem Toxicol.*, 2011, vol. 49, no. 6, pp. 1426–1430.
- Zare M., Shaverdi H., Kalaei S.E.V. *Gene Cell Tissue*, 2021, vol. 8, no. 1, article e108995.
- Caligiani A., Bonzanini F., Palla G., Cirilini M., Bruni R. *Plant Foods Hum Nutr.*, 2010, vol. 65, no. 3, pp. 277–283.
- Yamasaki M., Kitagawa T., Koyanagi N., Chujo H., Maeda H., Kohno-Murase J., Imamura J., Tachibana H., Yamada K. *Nutrition*, 2006, vol. 22, no. 1, pp. 54–59.
- Boroushaki M.T., Mollazadeh H., Afshari A.R. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2016, vol. 7, no. 2, pp. 430–442.
- Grossmann M.E., Mizuno N.K., Schuster T., Cleary M.P. *Int. J. Oncol.*, 2010, vol. 36, no. 2, pp. 421–426.
- Igarashi M., Miyazawa T. *Lipids*, 2005, vol. 40, no. 1, pp. 109–113.
- Yasui Y., Hosokawa M., Sahara T., Suzuki R., Ohgiya S., Kohno H., Tanaka T., Miyashita K. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*, 2005, vol. 73, no. 2, pp. 113–119.
- Tsuzuki T., Kawakami Y. *Carcinogenesis*, 2008, vol. 29, no. 4, pp. 797–806.
- Kohno H., Suzuki R., Yasui Y., Hosokawa M., Miyashita K., Tanaka T. *Cancer Sci.*, 2004, vol. 95, no. 6, pp. 481–486.
- Tsuzuki T., Tokuyama Y., Igarashi M., Miyazawa T. *Carcinogenesis*, 2004, vol. 25, no. 8, pp. 1417–1425.
- Koba K., Belury M.A., Sugano M. *Lipid Technology*, 2007, vol. 19, no. 9, pp. 200–203.
- Lam C.K., Chen J., Cao Y., Yang L., Wong Y.M., Yeung S.Y. *Atherosclerosis*, 2008, vol. 198, no. 1, pp. 85–93.
- Igarashi M., Miyazawa T. *Cancer Lett.*, 2000, vol. 148, no. 2, pp. 173–179.
- Laghari Z.H., Mahesar S.A., Sherazi S.T.H., Memon S.A., Sirajuddin, Mugheri G.A., Shah S.N., Panhwar T., Chang A.S. *International Food Research Journal*, 2018, vol. 25, no. 4, pp. 1295–1299.
- Parashar A., Sinha N., Singh P. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 2010, vol. 2, no. 4, pp. 12–15.
- Kýralan M., Gölükcü M., Tokgöz H. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2009, vol. 86, pp. 985–990.
- Dadashi S., Mousazadeh M., Emam-Djomeh Z., Mousavi S.M. *International Journal of Advanced Biological and Bio-medical Research*, 2016, vol. 4, no. 4, pp. 334–342.
- Peng Y. *International Journal of Food Properties*, 2019, vol. 22, no. 1, pp. 784–794.
- Elfalleh W., Ying M., Nasri N., Sheng-Hua H., Guasmi F., Ferchichi A. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 2011, vol. 62, no. 3, pp. 200–206.
- Pande G., Akoh C.C. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2009, vol. 57, no. 20, pp. 9427–9436.
- Jardini F.A., Mancini-Filho J. *Higiene Alimentar.*, 2007, vol. 21, no. 148, pp. 81–85.
- Khomik A.S. *Farmakognosticheskoye izucheniye Ribes rubrum L., Punica granatum L., Oenotherae biennis L. i razrabotka tekhnologiy polucheniya substantsiy na ikh osnove: avtoref. dis. ... kand. farm. nauk.* [Pharmacognostic study

\* Corresponding author.

- of *Ribes rubrum* L., *Punica granatum* L., *Oenothera biennis* L. and the development of technologies for obtaining substances based on them: author. dis. ... cand. farm. Sciences]. Moscow, 2012, 26 p. (in Russ.).
31. Goryainov S.V., Khomik A.S., Kalabin G.A., Vandyshev V.V., Abramovich R.A. *Vestnik RUDN, seriya Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*, 2012, no. 1, pp. 10–15. (in Russ.).
  32. *Rukovodstvo po metodam issledovaniya tekhnokhimicheskomu kontrolyu i uchetu proizvodstva v maslozhirovoy promyshlennosti* [Guidance on research methods for technochemical control and accounting of production in the oil and fat industry], ed. V.P. Rzhekhin, A.G. Sergeyev. Leningrad, 1967, vol. 1-2, 887 p. (in Russ.).
  33. *Rukovodstvo po metodam issledovaniya tekhnokhimicheskomu kontrolyu i uchetu proizvodstva v maslozhirovoy promyshlennosti* [Guidance on research methods for technochemical control and accounting of production in the oil and fat industry], ed. V.P. Rzhekhin, A.G. Sergeyev. Leningrad, 1967, vol. 1-1, 445 p. (in Russ.).
  34. Folch I., Lees M., Stoane Stanley J.H. *J. Biol. Chem.*, 1957, vol. 226, no. 1, p. 497.
  35. Ul'chenko N.T., Bekker N.P., Glushenkova A.I. *Chemistry of Natural Compounds*, 2000, vol. 36, no. 6, pp. 572–573.
  36. Fizer L., Fizer M. *Reagenty dlya organicheskogo sinteza*. [Reagents for organic synthesis]. Moscow, 1970, vol. 1, 242 p. (in Russ.).
  37. Ul'chenko N.T. *Chemistry of Natural Compounds*, 2013, vol. 48, pp. 1067–1068.

Received April 5, 2022

Revised May 26, 2022

Accepted November 23, 2022

**For citing:** Saminov Kh.N., Ibragimov A.A., Yuldasheva N.K., Gusakova S.D., Nazarov O.M. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2023, no. 1, pp. 207–215. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20230111260.

