

БОТАНИКА

УДК 687.53.03:665.5

DOI: 10.26456/vtbio415

ХАРАКТЕРИСТИКА И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЖИРНЫХ МАСЕЛ И ГИДРОЛАТА ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ НЕКОТОРЫХ ОПУНЦИЙ (*OPUNTIA* MILL.), ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ЮЖНОМ БЕРЕГУ КРЫМА

Е.С. Чичканова¹, И.Л. Данилова²

¹Никитский ботанический сад – Национальный Научный Центр РАН, Ялта

²НИИСХ Крыма, Симферополь

Определена антиоксидантная активность гидролата полученного из плодов опунции (*Opuntia engelmannii* Salm Dyck ex Engelm. var. *lindheimeri* (Engelm.) B.D. Parfitt & Pinkava) – $0,70 \pm 0,06$ мг/дм³. Плотность гидролата составляет – 995,0 кг/м³, показатель преломления – 1,334*. Выявлен компонентный состав гидролата, который представлен летучими соединениями – эвкалиптолом (0,03 мг/дм³), Е-неролидолом (0,085 мг/дм³), α -бисабололом (0,085 мг/дм³), тимолом (0,04 мг/дм³), α -бисаболоном оксидом А (0,09 мг/дм³), изокаламендиолом (0,045 мг/дм³). Присутствие в гидролате опунции – эвкалиптола, неролидола и бисаболола обуславливает его противовоспалительное, бактерицидное, антисептическое, успокаивающее, заживляющее, увлажняющее свойства. Установлено антимикробное, угнетающее действие на штаммы патогенных микроорганизмов – *Escherichia coli*, *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus*. Выявлено, что влажность семян *O. engelmannii* var. *lindheimeri* составляет – 7,4%; масличность семян – 12,68%, в а.с. 13,69 %; влажность семян – *O. tunoidea* составляет – 11,2%, масличность семян – 13,77%, в а.с. 15,51%. Установлено, что основными жирными кислотами масел двух видов рода *Opuntia* являются: линолевая, олеиновая, которые обладают противовоспалительным, регенерирующим, увлажняющим свойствами; способны к иммуностимулирующему действию. Пальмитиновая кислота содержащаяся в жирных маслах используется в мыловаренном производстве, а так же в качестве эмульгаторов. Осуществлен сравнительный анализ жирных масел 14 видов масличных культур [Юрченко, Канюка, 2019] с двумя исследуемыми видами рода *Opuntia*, который указывает на приоритетные качества жирных масел последних. Так, жирное масло опунции – *O. engelmannii* var. *lindheimeri* содержит 63,7% линолевой кислоты, а *O. tunoidea* – 52,7%. Полученные результаты могут свидетельствовать о перспективности комплексного использования растительного сырья опунции, а именно биологически активных компонентов гидролата из плодов и жирных кислот из семян для возможного применения этих продуктов в парфюмерно-косметологической индустрии.

Ключевые слова: *Opuntia* L., гидролат, антимикробная и антиоксидантная активность, жирное масло, компонентный состав масла, косметология, Никитский ботанический сад, Южный берег Крыма.

Введение. Среди огромного разнообразия тропических и субтропических растений, перед специалистом стоит задача отобрать наиболее перспективный ассортимент для его успешного внедрения в декоративное садоводство; для изучения полезных свойств этих растений и их благоприятного воздействия на организм человека.

Условия ЮБК позволяют культивировать и выращивать теплолюбивые экзотические растения, в частности виды рода *Opuntia* Mill., растительное сырье которых обладает рядом полезных свойств (Волошина, Ежов, Полонская, 2007; Чичканова и др., 2019). В естественных условиях, опунции произрастают в Южной и Северной Америке, на Галапагосских островах (Тахтаджян, 1978; Андерсон, 2002; Абрамова, 2014). К настоящему времени известно, что в природных условиях Республики Крым натурализовалось около 7 опунций видового и внутривидового ранга (Багрикова, Перминова, 2022), которые уже на протяжении многих лет успешно проходят все фазы роста и развития. На ЮБК произрастают как единичные растения опунции, так и группы, образующие огромные куртины (Багрикова, Рыфф, 2014). К их числу относятся: *O. humifusa* (Raf.) Raf., *O. engelmannii* subsp. *lindheimeri* Engelm., *O. phaeacantha* Engelm.

В настоящее время имеется ряд работ (Бабаева, 1975; Белоусова, 1998; Белоусова, Багрикова, 1999), посвященных изучению биологических, анатомических, физиологических, биохимических особенностей опунций, растительное сырье которых обладает полезными свойствами (Губанова, Белоусова, 2003; Губанова, 2015; Nanane et al., 2021; Guerrero-Garibay et al., 2023; Manzanarez-Villasana, Mandujano, 2024). Исследованы некоторые аспекты стандартизации растительного сырья представителей рода *Opuntia* (Palmeri et al., 2021) в связи с их фармакологическим потенциалом (García Nava et al., 2018; Arredondo-Valdez Ju et al., 2022) с целью определения возможности применения для изготовления натуральных продуктов не только с высокой антимикробной активностью, но и с антиоксидантными свойствами.

Несмотря на увеличение числа косметических и парфюмерных продуктов, полученных синтетическим путем, в косметологической и фармацевтической практике, всё большую популярность приобретают крема, лосьоны, тоники растительного происхождения (Нарсесян, 2021). По своей фармакологической активности они не уступают своим синтетическим аналогам, в то же время благодаря сбалансированному комплексу биологически активных веществ, наличию эфирных и жирных масел в целом благоприятно воздействуют на организм человека.

Наиболее ценным лекарственным сырьем растений опунции безусловно являются плоды и семена, в которых и заложен основной

запас микро- и макроэлементов.

Так, известно (<https://consumerista.ru/prickly-pear-seed-oil>), что жирное масло полученное из семян *O. ficus-indica* (L.) Mill. выращиваемой в условиях открытого грунта (Израиль, Марокко, Тунис и т.д.) содержит: 87,0% ненасыщенных жирных кислот; токоферолы (витамин Е): альфа-токоферола (13,9%), гамма-токоферола (81,9%), бета- и дельта-токоферола (3,0% и 1,2%). Масло из семян опунции содержит большое количество незаменимых жирных кислот (линолевую кислоту – омега 6), мононенасыщенные жирные кислоты (олеиновая), насыщенные жирные кислоты (пальмитиновая); спирты и кислоты (стеариновую, миристиновую, линоленовую, пальмитолеиновую, арахидоновую), ответственные за поддержание в целом гомеостаза клеток, а также активности метаболизма в растениях. В связи с этим, ценное масло полученное из семян – *O. ficus-indica* обладает: противовоспалительным, регенерирующим, омолаживающим, увлажняющим свойствами; защищает кожу от ультрафиолета; предотвращает пигментацию кожи [<http://ecolgroup.ru/Alfa-Ether.html>; <https://consumerista.ru/prickly-pear-seed-oil/>]. Такое масло не только не комедогенно, оно наилучшим образом подходит для борьбы с признаками старения. Однако, *O. ficus-indica* в Крыму по ряду эколого-физиологических особенностей успешно проходит полный цикл роста и развития только в условиях закрытого грунта (теплица, оранжерея).

Следует отметить, что в последнее время широкое применение в косметологии находят не только масла, но и природные тоники в виде гидролатов (ромашки, календулы, гидролат крымской сосны, гидролат иссопа, бессмертника, лаванды и розмарина, гидролат из розы), благодаря их высокой биологической активности в отношении кожных заболеваний, дыхательной, сердечно-сосудистой системы (Kankamol et al., 2021). Это лучшие природные ингредиенты для кожи разного типа, которые обладают высокой физиологической активностью и используются даже в качестве серьезных средств для лечения кожных заболеваний (дерматит, экзема).

Таким образом, в связи с выше изложенным, в одну из задач наших исследований входило – изучение химического состава гидролата, его антиоксидантной и антимикробной активности, а во вторую – изучение жирного масла опунции, произрастающей в Крыму для определения перспективности комплексного применения данных продуктов в парфюмерно-косметической индустрии.

Цель исследования – на основе комплексного анализа антиоксидантной, антимикробной активности, биохимического состава гидролата полученного из плодов *O. engelmannii* var. *lindheimeri*, а также состав жирных масел полученных из семян *O. engelmannii* var.

lindheimeri и *O. tunoidea* определить перспективность использования продуктов в парфюмерно-косметической индустрии.

Задачи исследования:

- выявить антиоксидантную и антимикробную активность; а также химический состав гидролата полученного из плодов опунции;
- определить жирно-кислотный состав масел, полученных из семян двух представителей рода *Opuntia* – *O. engelmannii* var. *lindheimeri* и *O. tunoidea*;
- установить перспективность использования гидролата полученного из плодов и жирного масла полученного из семян опунций в парфюмерно-косметической индустрии.

Методика. Гидролат получен из плодов опунций выращенных в условиях открытого грунта Никитского ботанического сада (Чичканова, 2022). Образцы плодов опунции (*O. engelmannii* Salm Dyck ex Engelmann var. *lindheimeri* (Engelmann) B.D. Parfitt & Pinkava) были собраны в осенний период (3-я декада ноября) в фазу «созревание плодов». Гидролат получали методом паровой дистилляции с помощью установки «Альфа-Эфир» (Гержилова, 2002; <http://ecolgroup.ru/Alfa-Ether.html>). Компонентный состав летучих веществ в экстрактах определяли с помощью аппаратно-программного комплекса на базе хроматографа «Хроматэк-Кристалл 5000.2», оснащённого масс-спектрометрическим детектором (Национальный Институт Стандартов и Технологий, США). Идентификация выполнялась на основе сравнения полученных масс-спектров с данными библиотеки NIST' 14 (Национальный Институт Стандартов и Технологий, США) и на основе рассчитанных индексов удерживания. Программа поиска и идентификации спектров MS Search (США). Антиоксидантную активность гидролата определяли амперометрическим методом на анализаторе Цвет Яуза-01-АА (Яшин, 2008). В качестве контроля использовали раствор галловой кислоты. Проводилось изучение воздействия гидролата на колонии грибных и бактериальных микрофлор (Плиски, 2020): *Staphylococcus aureus* (референтный штамм – ATCC 25923), *Escherichia coli* (референтный штамм – ATCC 25922), *Candida albicans* (референтный штамм – ССМ 885) из коллекции живых культур кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии Института «Медицинская академия им. С.И. Георгиевского». При планировании эксперимента руководствовались следующим принципом: гидролат разбавляли в ростовой питательной среде (агар-агар) с добавлением штаммов в соотношении – 1:1, 1:2, 1:4, где 1 – гидролат, а 1, 2, 4 – питательная среда. Контролем служили образцы с культурами без добавления гидролата опунции (К), которые инкубировали в стерильной дистиллированной воде (Методы

контроля. Биологические и микробиологические факторы. Методы контроля бактериологических питательных сред: Методические указания МУК 4.2.2316–08..., 2008).

Были проведены исследования жирных масел семян двух представителей рода *Opuntia* – *O. engelmannii* Salm Dyck ex Engelmann var. *lindheimeri* (Engelmann) B.D. Parfitt & Pinkava и *O. tunoidea* Gibbes. Жирнокислотный состав масел определяли согласно ГОСТу 30623-2018: «Масла растительные и продукты со смешанным составом жировой фазы». Определение жирнокислотного состава полученного масла определяли газохроматографическим методом, основанном на превращении триглицеридов жирных кислот в метиловые эфиры. ГОСТ 31665-2012: «Масла растительные и жиры животные. Получение метиловых эфиров и жирных кислот». Метод с использованием аппарата Сокслет описан в ГОСТе 10857-64: «Семена масличные. Методы определения масличности (с Изменением N 1)». Осуществлено некоторое дополнение к методике с использованием аппарата Сокслет, связанное с особенностями измельчения, которое отражено в наших публикациях (Чичканова и др., 2023). В настоящей работе методика с использованием аппарата по типу Сокслет отображает извлечение фракции липидов из семян опунции из которого получают жирное масло.

Для анализа нами была предоставлена навеска из семян по 100 г от каждого исследуемого образца – *O. engelmannii* var. *lindheimeri* и *O. tunoidea*. Для получения 8,0 мл жирного масла нам потребовалось 80,0 г семян. Методика и основной алгоритм получения жирного масла описаны в патенте: «Способ получения жирного масла из семян опунции» (Чичканова и др., 2022).

Таким образом, после получения нами жирных масел из семян – *O. engelmannii* var. *lindheimeri* и *O. tunoidea* с использованием аппарата Сокслет описанного в ГОСТе 10857-64 были проведены исследования их жирно-кислотного состава.

Условия хроматографирования были следующие: колонка капиллярная кварцевая Restek Rtx-2330 длиной 105 м с внутренним диаметром 0,25 мм. Неподвижная фаза RE-10711 (высокополярная фаза; бискианопропил цианопропилфенилполисилоксан). Температура термостата: 140°C, далее программирование: со скоростью 2°C/мин до 190°C продолжительностью 20 мин, далее со скоростью 5°C/мин до 220°C. Температура испарителя: 250°C. Температура детектора: 250°C. Давление на входе в колонку: 90 кПа Деление потока: 1/20. Объем пробы: $2 \cdot 10^{-3}$ см³. Идентификацию жирнокислотного состава масел проводили по стандартной смеси Food Industry FAME Mix 35077.

Статистическую работу проводили с помощью программы статистика (Боровиков, 2003).

Приводим некоторое биологическое описание исследуемых видов рода *Opuntia* (Чичканова и др., 2020). *O. engelmannii* Salm Dyck ex Engelmann var. *lindheimeri* (Engelmann) B.D. Parfitt & Pinkava – *опунция Линдгеймера*. Растения крупные, от 0,5 до 1,0 м выс., могут образовывать заросли. Сегменты округлые, до яйцевидной или ромбовидной формы, удлиненные, крупные, иногда удлиненные, от 17,0 до 30,0 см дл., от 15,0 до 20,0 см шир., от желто- до сине-зеленых, с длинными желтыми или желто-коричневыми колючками, цветки от жёлтого до оранжево-желтого цвета, плоды – крупные, коричневатобордового или тёмно-красно-бордового цвета (рис. 1А). Плоды опунции обладают достаточно высокой семенной продуктивностью. Согласно сведениям из литературных источников в каждом плоде, например – *O. engelmannii* var. *lindheimeri* содержится от 90 до 265 семян (обычно 180–220) ... (Багрикова, Рыфф, 2014).

O. tunoidea Gibbes. – *опунция туновидная* (рис. 1Б). Растения высокие, от 0,7 до 1,2 м в выс. и от 1,0 до 1,2 м в шир., могут образовывать заросли. Сегменты светло- или сизо-зелёного цвета, от продолговатой до овальной формы, до 30 см дл., 25 см шир. Колючек 1–2, часто одиночные, распределены практически по всему сегменту, лимонно- или соломенно-жёлтого цвета. Глохидии такого же цвета, многочисленны, длинные (от 1,0 до 1,5 см). Цветки светло-желтого или желтого цвета. Плоды крупные, красновато-пурпурного цвета, грушевидной формы (Багрикова и др., 2021) (рис. 1Б).

Растения декоративны на протяжении всего года, но особенно при массовом цветении (май-июль) и во время плодоношения (октябрь-ноябрь). Приведенные представители рода *Opuntia* являются зимостойкими и выдерживают до $-12,0^{\circ}\text{C}$; натурализовались в условиях Южного бережья Крыма (Багрикова, Чичканова, 2018).



А(А) – *Opuntia engelmannii* var. *lindheimeri*



Б(В) – *Opuntia tunoidea*

Рис. 1 Внешний вид исследуемых представителей рода *Opuntia* Mill. (фотографии: Багриковой Наталии Александровны)

Результаты и обсуждение. Технология обработки плодов и семян. Собранные плоды были помещены в ёмкость (предпочтительно из алюминия, или пластика, эмалированная посуда) объёмом 5 л. Обработка плодов осуществлялась в резиновых перчатках. Перед очисткой, плоды обрабатывали кипятком для частичного освобождения их от глохидий, далее сливали воду и повторно заливали плоды проточной водой. Каждый плод обрабатывали вручную, соскабливая с него глохидии от основания ареол. Для очистки плодов от глохидий использовали кухонный нож. После тщательной очистки плодов, их ещё раз промывали проточной водой, разрезали в продольном сечении и выскабливали внутреннее содержимое плодов с семенами. Таким образом, очищенные плоды предварительно промывали после очистки от семян и выкладывали для дальнейшей сушки на бумагу возле батареи. Плоды сушили от 3 до 5 сут. (до полного их высушивания) (рис. 2А). Семена, очищенные от мякоти перикарпия, помещали в сито для семян, или дуршлаг и многократно промывали под проточной водой до полного отсоединения волокон мякоти перикарпия плодов от семян. После полной очистки семян от остатков мякоти перикарпия плодов, их просушивали и обтирали материей; далее промытые семена выкладывали одним ровным слоем на чистую и плотную бумагу; также просушивали около 1 сут. возле батареи. На следующие сутки снова перемешивали семена, отсоединяли от них остатки волокон перикарпия, повторно выкладывали тонким слоем на бумагу до полного высушивания семян (рис. 2 Б, В, Г). Таким образом, нами было получено готовое растительное сырьё опунции в виде плодов и семян для дальнейшего получения гидролата и жирного масла, соответственно (рис. 2 А, Б, В, Г).



А– Очищенные плоды опунции



Б – Извлеченные семена опунции

Приводим некоторую характеристику основополагающих и важных компонентов гидролата опунции (*O. engelmannii* var. *lindheimeri*). Эвкалиптол обладает противовоспалительным и антисептическим действием (Жукович и др., 2014). Тимол обладает сильнейшим антигельминтным, антисептическим, противозудным и противовоспалительным действием. Е-неролидол используется, как компонент парфюмерных композиций и пищевых ароматизаторов, а также как фиксатор запахов. Бисаболол обладает антибактериальным, успокаивающим и противовоспалительным действием; способствует восстановлению и регенерации кожных покровов; смягчает кожу лица. В комплексе, летучие соединения способны оказывать противовоспалительный, бактерицидный, антисептический эффект на кожу.

Установлено, что при разведении питательного субстрата с гидролатом опунции в соотношении 1:1, рост колоний микрофлоры, представленной *S. aureus* составил всего – 80,7%, т.е. 19,3% колоний данного штамма подверглись угнетению. При разведении гидролата и питательной среды в соотношении 1:4, рост колонии *S. aureus* составил 93,6 %, т.е. всего 6,4% колонии стафилококка подверглись угнетению. При разведении гидролата с питательной средой 1:1, рост колоний *E. coli* составил 55,6% (показатель угнетения роста колоний составил 44,4%). При разведении гидролата с питательной средой 1:4, рост колоний эшерихий составил всего 95,4 %, при этом только 4,6% колонии референтного штамма подверглось угнетению, что указывает на очень низкую антибиотическую активность. На рост *C. albicans* гидролат оказывал также угнетающее воздействие и при соотношении 1:1, так, рост колонии составил – 65,8%, а угнетению подверглось 34,2%, а при соотношении 1:4 рост колонии составил почти 100% – 98,3%, т.е. всего 1,7% колонии кандиды подверглось угнетению (табл. 2).

Таблица 2
Результаты воздействия гидролата опунции Линдгеймера на бактериальную и грибную патогенную микрофлору

Варианты	К		1:1		1:2		1:4	
	ΔОП	%	ΔОП	%	ΔОП	%	ΔОП	%
<i>Staphylococcus aureus</i>	0,280	100	0,226	80,7	0,257	91,8	0,262	93,6
<i>Escherichia coli</i>	0,324	100	0,180	55,6	0,272	84,0	0,309	95,4
<i>Candida albicans</i>	0,605	100	0,398	65,8	0,561	92,7	0,595	98,3

Примечание: в соотношении 1, 1, 1, – это гидролат; а 1, 2, 4 – питательная среда; ΔОП – разница оптической плотности (у.е.) – это разница между началом роста колоний и его конечной точкой; % – процент выросших колоний определённого штамма в контроле и при разведении инокулята гидролатом.

Нами проведено изучение жирного масла, полученного из семян 2 видов опунций (*O. engelmannii* var. *lindheimeri* и *O. tunoidea*) (рис. 2Б).

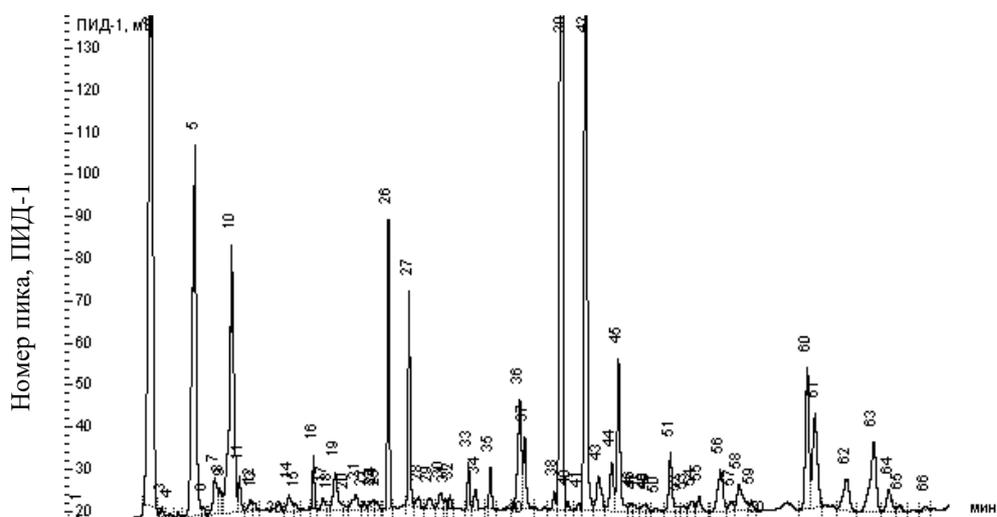
В результате исследования определили некоторые характеристики семян *O. engelmannii* var. *lindheimeri*, а именно: их влажность составляла – 7,4%; масличность – 12,68%, в а.с. 13,69 %.

Жирное масло *O. engelmannii* var. *lindheimeri* включает 15 жирных кислот: масляная, капроновая, каприловая, лауриновая, миристиновая, пальмитиновая, пальмитоолеиновая, маргариновая, гептадеценовая, стеариновая, олеиновая, линолевая, линоленовая, эйкозеновая, эйкотреиновая. Преобладающее число жирных кислот исследуемого масла представлены наименьшей массовой долей, за исключением пальмитиновой кислоты, массовая доля которой составляет – 7,6%, а массовая доля линолевой кислоты жирного масла из семян *O. engelmannii* var. *lindheimeri* составляет – 63,0%. Жирнокислотный состав масла полученного из семян опунции представлен на рис. 3А и в табл. 3.

В качестве образца нами было получено масло другого вида опунции – *O. tunoidea*. Выявлены некоторые характеристики семян *O. tunoidea*, а именно: их влажность составляла – 11,2%, масличность – 13,77%, в а.с. 15,51%. Жирнокислотный состав масла, полученного из семян – *O. tunoidea* представлен на рис. 3Б и в табл. 3.

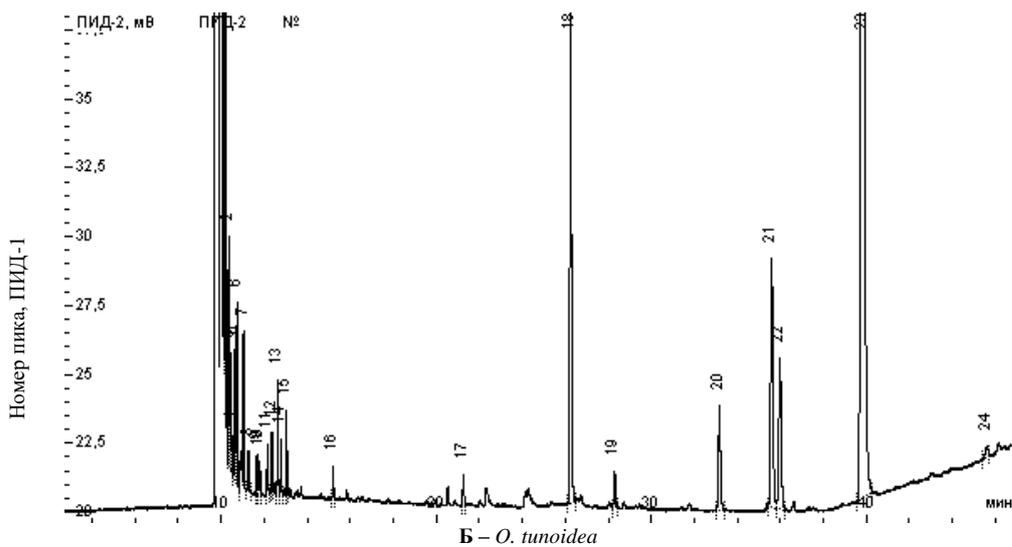
Масло *O. tunoidea* включает 11 жирных кислот: масляная, капроновая, каприловая, миристиновая, пальмитиновая, пальмитоолеиновая, маргариновая, стеариновая, олеиновая, линолевая, арахиновая. Наибольшая массовая доля линолевой кислоты *O. tunoidea* среди всех жирных кислот масла в общем составе составляет – 52,7%. Большинство жирных кислот масла представлено наименьшей массовой долей, за исключением ещё и пальмитиновой кислоты, массовая доля которой составляет – 7,9%.

Следует отметить, что в отличии от *O. engelmannii* var. *lindheimeri* (0,1%), у *O. tunoidea* массовая доля олеиновой кислоты составляет – 5,5%, что в разы больше в сравнении с первым жирным маслом. Жирнокислотный состав масла представителя *O. tunoidea* отображён на рис. 3Б и в табл. 3.



номера пиков: 1 – масляная, 7 – капроновая, 14 – каприловая, 34 – лауриновая, 37 – миристиновая, 41 – пальмитиновая, 43 – пальмитоолеиновая, 46 – маргариновая, 48 – гептадеценная, 49 – стеариновая, 50 – олеиновая, 54 – линолевая, 56 – линоленовая, 57 – эйкозеновая, 60 – эйкозотриеновая.

А – *O. engelmannii* var. *lindheimeri*



номера пиков, кислоты: 1 – масляная, 6 – капроновая, 10 – каприловая, 17 – миристиновая, 18 – пальмитиновая, 19 – пальмитоолеиновая, 46 – маргариновая, 20 – стеариновая, 21 – олеиновая, 23 – линолевая, 24 – арахидиновая.

Рис. 3 – Хроматограмма жирнокислотного состава масел двух исследуемых представителей рода *Opuntia* (А – *Opuntia engelmannii* var. *lindheimeri*, Б – *Opuntia tunoidea*)

Таблица 3

Жирнокислотный состав масел *Opuntia*:
O. engelmannii var. *lindheimeri* и *O. tunoidea*

Компонент	Массовая доля, %	Компонент	Массовая доля, %
<i>Opuntia engelmannii</i> var. <i>lindheimeri</i>		<i>Opuntia tunoidea</i>	
масляная	1,507	масляная	1,441
капроновая	0,874	капроновая	1,692
каприловая	0,177	каприловая	0,393
лауриновая	0,035	миристиновая	0,399
миристиновая	0,049	пальмитиновая	7,991
пальмитиновая	7,620	пальмитоолеиновая	0,577
пальмитоолеиновая	0,072	маргариновая	0,040
маргариновая	0,043	стеариновая	2,060
гептадеценовая	0,089	олеиновая	5,560
стеариновая	3,026	линолевая	52,736
олеиновая	0,102	арахиновая	0,289
линолевая	63,077	–	–
линоленовая	0,241	–	–
эйкозеновая	1,015	–	–
эйкозотриеновая	0,041	–	–

Примечание: жирным шрифтом выделены кислоты с наибольшей массовой долей компонента, выраженного в %.

Таким образом, в жирных маслах исследуемых представителей опунций были выявлены важные жирные кислоты. С большой массовой долей у двух изученных опунций обнаружена – линолевая кислота; выявлены – пальмитиновая и олеиновая кислоты. Приводим некоторую характеристику данных компонентов. Так, линолевая кислота – одноосновная карбоновая кислота, которая уменьшает воспалительные процессы в организме и улучшает питание тканей; способствует заживлению, регенерации тканей, обеспечивает здоровое состояние кожи и волос; способствует восстановлению водно-липидного баланса, снимает раздражение, стимулирует обновление клеток эпидермиса, в результате чего обеспечивается омолаживающий эффект витамином F. Пальмитиновая кислота – это одноосновная насыщенная карбоновая кислота, распространенный компонент растительных и животных жиров. Компонент помогает укрепить липидную мантию, предотвращает избыточную потерю влаги, защищает от агрессивного воздействия факторов среды и снижает восприимчивость кожи; выступает в качестве стабилизатора и эмульгатора. Олеиновая кислота – мононенасыщенная жирная кислота,

которая благоприятно воздействует на клетки, оказывая омолаживающий эффект. Также, она способна к образованию невидимой пленки с защитными качествами и способностью удерживать влагу. Активизирует липидный обмен, упрощает проникновение других компонентов косметических средств в глубокие кожные слои.

В целом, можно отметить, что благодаря трём основным компонентам – линолевой, пальмитиновой, олеиновой кислот, масла полученные из семян – *O. engelmannii* var. *lindheimeri* и *O. tunoidea* обладают противовоспалительным, регенерирующим, омолаживающим, увлажняющим свойствами; защищают от ультрафиолета; предотвращают пигментацию кожи; обладают иммуностимулирующими свойствами.

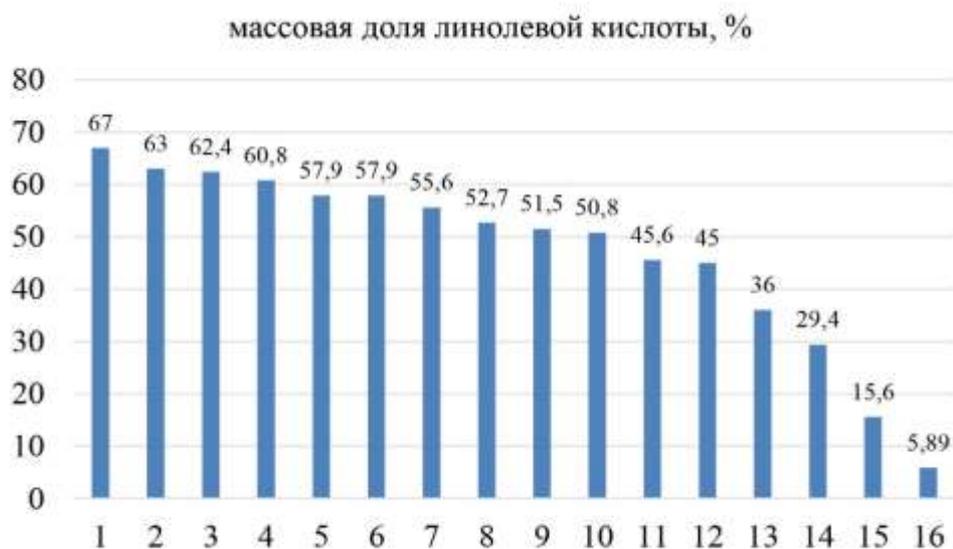
Таким образом, в жирных маслах двух исследуемых представителей рода *Opuntia* содержится значительное количество линолевой кислоты с массовой долей компонента – 63,0% (*O. engelmannii* var. *lindheimeri*) и 52,7% (*O. tunoidea*), что подтверждает действительную ценность этих масел.

Осуществлен сравнительный анализ жирных масел с другими масличными культурами (табл. 4, рис. 4).

Таблица 4

Процентное соотношение линолевой, пальмитиновой и олеиновой кислот в жирных маслах некоторых масличных культур в сравнении с исследуемыми представителями рода *Opuntia*

Название растительного масла	Массовая доля жирных кислот, выраженная в %		
	линолевая	олеиновая	пальмитиновая
подсолнечное	67	28,22	6,83
маковое	62,4	19,7	8,8
хлопковое	45,0	30,0	25
аргановое	36,0	60,0	16,0
облепиховое	57,99	30,54	7,06
конопляное	55,69	19,27	7,57
соевое	50,82	27,58	11,04
льняное	15,63	19,33	6,14
грецкого ореха	60,84	23,81	6,69
оливковое	5,89	78,03	10,44
горчичное	29,45	38,83	3,89
кукурузное	57,95	29,53	8,65
кунжутное	45,63	38,11	10,25
тыквенное	51,50	28,51	12,50
опунциевое1 (<i>O. engelmannii</i> var. <i>lindheimeri</i>)	63,07	2,0	7,6
опунциевое2 (<i>O. tunoidea</i>)	52,73	5,5	7,9



1-16 – перечень жирных, растительных масел с массовой долей (%) линолевой к-ты: 1 – подсолнечное; 2 – **опунциевое 1**; 3 – маковое; 4 – грецкого ореха; 5 – облепиховое; 6 – кукурузное; 7 – конопляное; 8 – **опунциевое 2**; 9 – тыквенное; 10 – соевое; 11 – кунжутное; 12 – хлопковое; 13 – аргановое; 14 – горчичное; 15 – льняное; 16 – оливковое.



1-16 – перечень жирных и растительных масел с массовой долей (%) пальмитиновой к-ты: 1 – хлопковое; 2 – аргановое; 3 – тыквенное; 4 – соевое; 5 – оливковое; 6 – кунжутное; 7 – маковое; 8 – кукурузное; 9 – **опунциевое 2**; 10 – конопляное; 11 – облепиховое; 12 – **опунциевое 1**; 13 – подсолнечное; 14 – грецкого ореха; 15 – льняное; 16 – горчичное.

Рис. 4. Процентное соотношение кислот в жирных маслах некоторых масличных культур

Проведен сравнительный анализ 14 видов масличных культур (Юрченко, Канюка, 2019) в маслах которых содержится линолевая кислота в сравнении с двумя исследуемыми видами рода *Opuntia* – *O. engelmannii* var. *lindheimeri* и *O. tunoidea* (см. рис. 3, 4). Так, на первом месте по содержанию линолевой кислоты (67,0%) согласно литературным источникам находится подсолнечное масло, на втором месте (согласно нашему анализу) находится жирное масло опунции (*O. engelmannii* var. *lindheimeri*) – 63,7%, на третьем месте маковое масло, массовая доля линолевой кислоты которого составляет – 62,4%. У остальных видов масличных культур массовая доля линолевой кислоты находится в пределах от 5,8% (оливковое масло) до 60,8% (масло грецкого ореха). Жирное масло вида *O. tunoidea* по составу линолевой кислоты (52,7%) находится на 8 месте (см. табл. 4, рис. 4). На примере сравнительного анализа жирных масел некоторых масличных культур с жирным маслом опунции можно подтвердить приоритетные качества последнего.

На основании комплексного анализа антиоксидантной активности, компонентного состава и антимикробного, угнетающего воздействия гидролата опунции, его можно рекомендовать, как средство для наружного применения, в качестве биологической добавки к фармацевтическим препаратам, косметическим средствам, а также в составе с жирным маслом. Жирное масло опунции по составу ценных компонентов – линолевой, пальмитиновой, олеиновой кислот может послужить в качестве приоритетного, или дополнительного продукта для его использования в парфюмерно-косметических средствах изготовленных на основе гидролата опунции.

Заключение. Осуществлен биохимический анализ гидролата полученного из плодов опунции – *O. engelmannii* var. *lindheimeri*, а также получены жирные масла из семян двух видов – *O. engelmannii* var. *lindheimeri* и *O. tunoidea*; проанализированы их жирнокислотные составы.

1. Определена плотность гидролата, которая составляет – 995,0 кг/м³, показатель преломления – 1,334*; выявлена антиоксидантная активность гидролата – 0,70±0,06 мг/дм³. Установлено, что основными летучими соединениями гидролата опунции являются: эвкалиптол, тимол, неролидол и α-бисаболол, которые оказывают противовоспалительное, бактерицидное, антисептическое действие. Гидролат оказывает угнетающее, антимикробное действие на штаммы патогенных микроорганизмов – *E. coli*, *C. albicans*, *S. aureus*. Разведение гидролата опунции с питательной средой в объемном соотношении 1:4 оказало очень низкое воздействие на данные штаммы. Однако, разведение гидролата

опунции более, чем 1:1 привело к резкому снижению антимикробной активности, особенно в отношении штаммов – *E. coli* и *C. albicans*.

2. Определены следующие характеристики: влажность семян *O. engelmannii* var. *lindheimeri* составляет – 7,4%; масличность семян – 12,68%, в а.с. 13,69 %; влажность семян – *O. tunoidea* составляет – 11,2%, масличность семян – 13,77%, в а.с. 15,51%. Установлено, что основными жирными кислотами масел опунций, являются: линолевая, пальмитиновая, олеиновая, которые обладают противовоспалительным, регенерирующим, омолаживающим, увлажняющим свойствами; они защищают от ультрафиолета; предотвращают пигментацию кожи; обладают иммуностимулирующим действием. Жирное масло *O. engelmannii* var. *lindheimeri* содержит 15 жирных кислот. Наибольшей массовой долей отличается линолевая кислота – 63,0%. Большинство ж.к. не существенно отличаются процентным соотношением, за исключением ещё и пальмитиновой кислоты, массовая доля которой составляет – 7,6%. Масло *O. tunoidea* включает 11 жирных кислот. Наибольшая массовая доля линолевой кислоты – 52,7%. Большинство ж.к. представлено наименьшей массовой долей, за исключением ещё пальмитиновой кислоты, массовая доля которой составляет – 7,9%.

3. Таким образом, жирные масла, полученные из семян видов рода *Opuntia* – *O. tunoidea* и *O. engelmannii* var. *lindheimeri* возможно будет добавлять в новые виды парфюмерно-косметических средств изготовленных на основе гидролата, а также для производства композиционных парфюмированных масел.

4. Полученные результаты могут свидетельствовать о перспективности комплексного использования растительного сырья опунции, а именно биологически активных компонентов гидролата из плодов и жирных кислот извлеченных из семян для возможного применения этих продуктов в парфюмерно-косметологической индустрии.

Авторы выражают большую признательность и благодарность Ревенко Михаилу Александровичу, как инициатору идеи использования плодов опунции в полезных целях, а также оригинального способа получения жирного масла из семян опунции на ЮБК, Палий Анфисе Евгеньевне и Баковой Надежде Николаевне (Чичканова и др., 2023), которые оказали помощь при проведении биохимического анализа и антимикробной активности гидролата в лабораторных условиях, соответственно, полученного из плодов опунции.

Список литературы

- Абрамова И.В.* 2014. Флористические регионы суши: атлас. М.: БрГУ им. А.С. Пушкина. 71 с.
- Андерсон М.* 2002. Кактусы и суккуленты. Классификация и описание кактусов: иллюстрированная энциклопедия. М.: Издательский дом «Ниола 21-й век». 264 с.
- Бабаева Ш.Р.* 1975. Интродукция некоторых видов суккулентов (Опунций) из семейства Сactaceae в условиях закрытого и открытого грунта Апшерона: автореф. дис.... канд. биол. наук. 03.00.05. Баку. 32 с.
- Багрикова Н.А., Рыфф Л.Э.* 2014. Инвазионный вид *Opuntia lindheimeri* Engelm. в Южном Крыму // Сборник научных трудов ГНБС. Т. 139. С. 47-67.
- Багрикова Н.А., Чичканова Е.С.* 2018. О некоторых морфологических и морфометрических особенностях *Opuntia engelmannii* subsp. *lindheimeri* (Сactaceae), натурализовавшейся в природном заповеднике «Мыс Мартьян» (Крым) // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 3(Suppl. 2). С. 54-65. DOI: 10.24189/ncr.2018.066.
- Багрикова Н.А., Рыфф Л.Э., Чичканова Е.С., Перминова Я.А.* 2021. Характеристика плодов и семян представителей рода *Opuntia*, натурализовавшихся в Крыму // Ботанический журнал. Т. 106. № 10. С. 1002-1015.
- Багрикова Н.А., Перминова Я.А.* 2022. Характеристика и распространение натурализовавшихся в Крыму представителей рода *Opuntia* (Сactaceae) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Вып. 183. № 3. С. 149-160.
- Белоусова О.В.* 1998. Интродукция видов рода *Opuntia* Mill. в Никитском ботаническом саду (Крым, Украина) // Суккуленты/Succulents *bilingual*. № 1. С. 8-10.
- Белоусова О.В., Багрикова Н.А.* 1999. Натурализация *Opuntia* (Tournef.) Mill. В Центральном Южнобережье Крыма // Интродукция растений. № 3-4. С. 33-37.
- Боровиков В.П.* 2003. Statistica: Искусство анализа данных на компьютере: учебное пособие. СПб.: СПб. 688 с.
- Волошина И.В.* 2007. Биохимическая характеристика плодов видов рода *Opuntia* (Tournef.) Mill. в связи с оценкой перспективы их использования в пищевой продукции // Труды Никитского ботанического сада. Т. 128. С. 33-42.
- Гержикова В.Г.* 2002. Методы технохимического контроля в виноделии. Симферополь: Таврида. 259 с.
- ГОСТ 10857-64.* 2010. Семена масличные. Методы определения масличности. М.: Стандартинформ. 6 с.
- ГОСТ 31665-2012.* 2013. Масла растительные и жиры животные. Получение метиловых эфиров жирных кислот. М.: Стандартинформ. 11 с.

- ГОСТ 30623-2018. 2018. Масла растительные и продукты со смешанным составом жировой фазы. Метод обнаружения фальсификации. М.: Стандартиформ. 32 с.
- Губанова Т.Б., Белоусова О.В. 2003. Физиологические аспекты морозоустойчивости видов рода *Opuntia* Mill. // Вісті біосферного заповідника «Асканія-Нова». Т. 5. С. 104-109.
- Губанова Т.Б. 2015. Особенности накопления некоторых биологически активных веществ у стеблевых и листовых суккулентов с контрастной степенью морозостойкости // Бюллетень ГНБС. Вып. 115. С. 61-65.
- Жукович Е.Н., Бобренко Л.М., Семенова М.Ю., Бокарева С.Ю. 2014. Некоторые аспекты химического изучения настойки эвкалипта // Химико-фармацевтический журнал. Т. 48. № 5. С. 23-27.
- Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Методы контроля бактериологических питательных сред: Методические указания МУК 4.2.2316–08. 2008. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 67 с.
- Нарсеян М.В. 2021. Фармацевтическая композиция для лечения и профилактики заболеваний верхних дыхательных путей и лекарственное средство на ее основе // Патент на изобретение. RU 2748548 С1. 2019140365.
- Плиска Н.Н. 2020. Основной возбудитель остеомиелита – золотистый стафилококк и его чувствительность // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. № 7. С. 45-49.
- Тахтаджян А.Л. 1978. Флористические области Земли: атлас / А.Л. Тахтаджян. Л.: Наука. 247 с.
- Чичканова Е.С., Багрикова Н.А., Гончарова О.И., Науменко Т.С. 2019. Лекарственные суккулентные растения в оранжерее Никитского ботанического сада // Овощи России. № 2. Вып. 46. С. 53-57.
- Чичканова Е.С., Головнёв И.И., Головнёва Е.Е. 2020. Суккулентные растения для озеленения Южного берега Крыма // Под общей редакцией чл.-корр. РАН, д.с.-х.н. Ю.В. Плугатаря. Симферополь: ИТ «АРИАЛ». 189 с.
- Чичканова Е.С. 2022. Способы получения летучих ароматических соединений и эфирных масел выявленных в гидролате из плодов *Opuntia engelmannii* ssp. *lindheimeri* (Engelm.) U. Guzman & Mandujano сем. Састасеае Juss. представленного в коллекции Никитского ботанического сада // Тезисы Международной научной конференции: «Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия флоры», посвященной 90-летию Центрального ботанического сада НАН Беларуси, 21-24 июня 2022 г. (Минск, 28 июня – 01 июля 2022 года). С. 485-487.
- Чичканова Е.С., Данилова И.Л., Тимашева Л.А., Шевчук О.М., Плугатарь Ю.В. 2023. Способ получения жирного масла из семян опунции. Патент на изобретение № 2793816. Патентообладатель Федеральное государственное учреждение науки «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН». Заявка № 2022106595. Дата государственной регистрации в

- Государственном реестре изобретений Российской Федерации 06 апреля 2023 г.
- Чичканова Е.С., Сатаева Т.П., Бакова Н.Н., Палий А.Е., Федотова И.А. 2023. Компонентный состав и биологическая активность гидролата из плодов *Opuntia engelmannii* Salm Dyck. ex Engelm var. *lindheimeri* (Engelm.) B.D. Parfitt. & Pinkava (Cactaceae Juss.) // Сборник трудов 9-ой международной научно-методической конференции. Посвящается 25-летию создания фармацевтического факультета в Воронежском государственном университете: «Пути и формы совершенствования фармацевтического образования. Актуальные вопросы разработки и исследования новых лекарственных средств». Под общей редакцией: А.С. Беленовой, А.А. Гудковой, Н.А. Дьяковой. (Воронеж, 28–29 сентября 2023 г.). С. 653-658.
- Яшин А.Я. 2008. Инжекционно-проточная система с амперометрическим детектором для селективного определения антиоксидантов в пищевых продуктах и напитках // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). Т. LII. № 2. С. 130-135.
- Юрченко Е.Н., Каныока Е.Ю. 2019. Жирнокислотный состав растительных масел // Научный журнал «ЛОГОС. Мистецтво наукової думки» 2019. №2. С. 67-69.
- Arredondo-Valdez Ju., Luna-maldonado A.I., Valdez-Cepeda R.D., Rodríguez-fuentes H., Vidales-Contreras Ju.A., Grajeda-González U.F., Flores-Breceda H. 2022. Characterization of mature paddles of *Opuntia ficus-indica* L. Using morphological and colorimetric descriptors // Journal of experimental biology and agricultural sciences. Vol. 10. № 2. p. 335–343.
- García Nava F., López Herrera M., Peña-Valdivia C.B., Romo Gómez C., Marmolejo Santillán Y. 2018. Chemical characteristics of non-starch polysaccharides of *Opuntia* cladodes as evidence of changes through domestication // Food bioscience. 2018. Vol. 22. P. 69-77.
- Guerrero-Garibay S., Olvera-martínez F., Aceves-Monreal D., López De Alba P.L., Cruz-hernández A. 2023. Molecular strategies for prickly pear (*Opuntia* sp.) studies and its improvement // Acta Horticulturae. 2023. № 1362. Pp. 495-498.
- Hanane D., Meryem S., Imad E.N.A., Chahid B., Meriem B. 2021. Phytochemical screening and antioxidant activity of *Opuntia ficus-indica* seeds from Algeria // Arabian journal of medicinal and aromatic plants. Т. 7. № 3. pp. 352-366.
- Kankamol C., Chumsiriwong K., Srikam W. 2021. Antimicrobial activities of *Aloe vera* rind extracts against plant pathogenic bacteria and fungi // Agriculture and natural resources. Vol. 55. № 5. P. 715-723.
- Manzanarez-Villasana G., Mandujano M.C. 2024. Morphological and phenological variation of flower colour morphs in a wild population of *Opuntia streptacantha* (Cactaceae). Plant ecology and evolution // Plant ecology and evolution. Vol. 157. № 2. Pp. 244-255.
- Palmieri N., Suardi A., Stefanoni W., Pari L. 2021. *Opuntia ficus-indica* as an ingredient in new functional pasta: consumer preferences in Italy // Foods. Vol. 10. № 4. P. 803.

CHARACTERISTICS AND PRACTICAL APPLICATION OF FATTY OILS AND HYDROLATE FROM PLANT RAW MATERIALS OF SOME OPUNTIA (OPUNTIA MILL.) GROWING ON THE SOUTHERN COAST OF CRIMEA

E.S. Chichkanova¹, I.L. Danilova²

¹Federal State Budgetary Institution of Science "Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", Yalta

²Federal State Budgetary Scientific Institution "Research Institute of Agriculture of Crimea", Simferopol

The antioxidant activity of hydrolate obtained from prickly pear fruits (*Opuntia engelmannii* Salm Dyck ex Engelm. var. *lindheimeri* (Engelm.) B.D. Parfitt & Pinkava) was determined to be 0.70 ± 0.06 mg/dm³. The density of the hydrolate is 995.0 kg/m³, the refractive index is 1.334*. The component composition of the hydrolate was determined to be represented by volatile compounds – eucalyptol (0.03 mg/dm³), E-nerolidol (0.085 mg/dm³), α -bisabolol (0.085 mg/dm³), thymol (0.04 mg/dm³), α -bisabolone oxide A (0.09 mg/dm³), isocalamendiol (0.045 mg/dm³). The presence of eucalyptol, nerolidol and bisabolol in the prickly pear hydrolate determines its anti-inflammatory, bactericidal, antiseptic, soothing, healing and moisturizing properties. Antimicrobial and inhibitory effects on strains of pathogenic microorganisms have been established: *Escherichia coli*, *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus*. It was found that the moisture content of *O. engelmannii* var. *lindheimeri* seeds is 7.4%; seed oil content is 12.68%, in a.s. 13.69%; the moisture content of *O. tunoidea* seeds is 11.2%, the seed oil content is 13.77%, in a.s. 15.51%. It was found that the main fatty acids of the oils of two species of the genus *Opuntia* are: linoleic, oleic, which have anti-inflammatory, regenerating and moisturizing properties; are capable of immunostimulating action. Palmitic acid contained in fatty oils is used in soap production, as well as emulsifiers. A comparative analysis of fatty oils of 14 types of oilseed crops [Yurchenko, Kanyuka, 2019] with two studied species of the genus *Opuntia* was carried out, which indicates the priority qualities of fatty oils of the latter. Thus, the fatty oil of prickly pear – *O. engelmannii* var. *lindheimeri* contains 63.7% linoleic acid; *O. tunoidea* – 52.7%. The results obtained may indicate the prospects for the comprehensive use of prickly pear plant materials, namely, biologically active components of hydrolate from fruits and fatty acids from seeds for the possible use of these products in the perfumery and cosmetology industry.

Keywords: *Opuntia* L., hydrolat, antimicrobial and antioxidant activity, fatty oil, component composition of oil, cosmetology, Nikitsky Botanical Garden, Southern Coast of Crimea.

Об авторах:

ЧИЧКАНОВА Елена Сергеевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории ароматических и лекарственных растений, ФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр», 298648, Ялта, пгт Никита, ул. Спуск Никитский, 52, e-mail: lena.chichkanovarevenko@mail.

ДАНИЛОВА Ирина Львовна – научный сотрудник отдела переработки и стандартизации эфиромасличного сырья ФГБУН «НИИСХ Крыма», 295043, Симферополь, ул. Киевская, 150, e-mail: oreol-mir@mail.ru.

Чичканова Е.С. Характеристика и практическое применение жирных масел и гидролата из растительного сырья некоторых опунций (*Opuntia* Mill.) произрастающих на южном берегу Крыма / Е.С. Чичканова, И.Л. Данилова // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2025. № 2(78). С. 90-110.

Дата поступления рукописи в редакцию: 23.03.25

Дата подписания рукописи в печать: 01.06.25