

# Natural Product Research

Formerly Natural Product Letters

ISSN: 1478-6419 (Print) 1478-6427 (Online) Journal homepage: <http://www.tandfonline.com/loi/gnpl20>

## Opuntia ficus-indica (L.) Miller как источник биологически активных веществ для здоровья и питания

М. Арагона, Э. Р. Лауриано, С. Перголицци и К. Фаджио Для цитирования: М. Арагона, Э. Р. Лауриано, С. Перголицци и К. Фаджио (2018)

*Opuntia ficus-indica (L.) Miller как источник соединений с биологической активностью для здоровья и питания, Исследование природных продуктов, 32:17, 2037-2049, DOI: 10.1080 / 14786419.2017.1365073 Ссылка на эту статью: <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1365073>*




Published online: 14 Aug 2017.

---

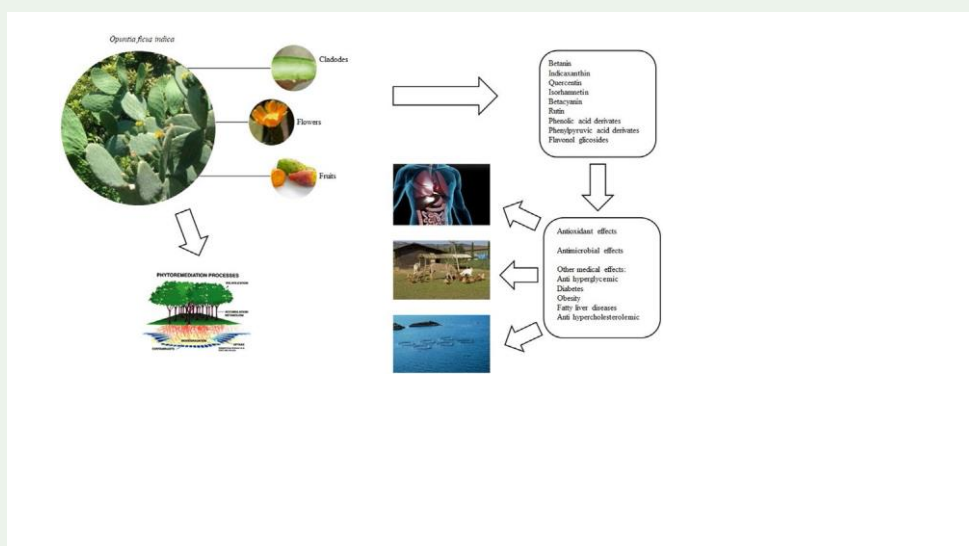


## *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller как источник биологически активных веществ для здоровья и питания

M. Aragona, E. R. Lauriano, S. Pergolizzi and C. Faggio   
факультет химических, биологических, фармацевтических и экологических наук, Мессинский университет, Мессина, Италия

### АННОТАЦИЯ

Растения с полезными свойствами известны в народной медицине. В настоящее время, несмотря на широкую доступность синтетических соединений, поиск идет в сторону натуральных соединений с меньшими затратами и меньшими побочными эффектами. Растущий интерес к профилактической медицине способствует использованию нутрицевтиков, биологически активных соединений растительного происхождения с важной пищевой ценностью. Среди лекарственных растений широко известна своими полезными свойствами *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller (семейство Cactaceae, подсемейство Opuntioideae, род *Opuntia*, подрод *Platyopuntia*, вид *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller). Цель настоящего обзора - подчеркнуть основные классы компонентов опунции и их медицинский интерес за счет акцента на некоторых из их биологических эффектов, особенно тех, которые имеют наиболее многообещающие ожидаемые преимущества для здоровья и терапевтическое воздействие на рыб и млекопитающих.



## 1. Введение

*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, 1768, принадлежит к семейству Сactaceae, родом из Мексики, произрастает в диком виде в засушливых и полусушливых регионах Южной и Центральной Америки, Африки и Средиземноморья (El Mostafa et al. 2014). Семейство Сactaceae делится на *Pereskieae*, *Opuntieae* и *Cereae*. Род *Opuntia* делится на четыре подрода: *Platyopuntia*, *Cylindropuntia*, *Тефрокактус* и *Бразилиопунция*. Подрод *Platyopuntia* включает группу *Ficus-indica*, в которую входят *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller. *Opuntia* spp., Из которых существуют дикие и культурные разновидности. Различные авторы указывают на неопределенность в отношении таксономии, поскольку эти растения демонстрируют межвидовую и межродовую гибридизацию, а также изменчивость фенотипа в зависимости от условий окружающей среды. Основными сортами *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller являются: *Джиалла ди Саррох*, *Джалла ди Бонакардо*, *Бьянка ди Макомер*, *Джалла ди Озери*, *Бьянка ди Бронте*, *Росса ди Кастельсардо*, *Гибрид Джиалла х Росса*, *Нопалеа кокениллифера Салм-Дик* и др., (2015). Это суккулентное растение хорошо приспосабливается к экстремальным климатическим условиям, быстро растет на бедных почвах и требует мало воды. Различные части *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller - это плоды, веточки и цветы, которые исторически использовались в пищу для людей и сельскохозяйственных животных, а также в народной медицине благодаря своим питательным свойствам и полезной деятельности (Pérez-Torrero et al. 2017). Плоды опунции имеют разные цвета: желтый, оранжевый, красный, пурпурный и белый, что соответствует комбинации двух пигментов беталаина (Fernández López & Almela 2001). Физико-химические различия существуют между сортами разного цвета, как Méndez et al. (2015) подтвердили, в частности, между мякотью апельсина и зелеными фруктами. По мнению некоторых авторов, питательные и антиоксидантные свойства также меняются в зависимости

от выращиваемого цвета; Абдель-Хамид и др. (2014) оценили различия между красными и желтыми сортами опунции в Таифе, штат Калифорния. Плоды использовались для производства соков (Ennouri et al. 2006), алкогольных напитков, джемов и натуральных подсластителей (Sáenz et al. 1998). В целом кладоды проявляют различные полезные свойства из-за присутствия антиоксидантных соединений (Galati et al. 2003). Цветки обычно желтые, но также оранжевые, розовые, пурпурные, красные и белые (Anderson 2001); но они мало изучены из-за их ограниченной продолжительности цветения, однако они были оценены в народной медицине за их очищающий и мочегонный эффект (Ammar et al. 2012). Кроме того, отвары и настои, приготовленные из цветков *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, были проанализированы на предмет их пищевой ценности. Эти препараты богаты минералами (калием и кальцием), а присутствие полифенолов, флавоноидов и дубильных веществ было выявлено в результате фитохимического анализа (Ammar et al. 2015). Семена опунции были широко исследованы, они содержат кальций, калий, магний и фосфор в больших количествах, следовательно, они являются хорошими источниками микро- и макро-минералов (Al-Juhaimi & Özcan 2013). В исследовании жирных кислот были выделены пальмитиновая, олеиновая, линолевая и стеариновая кислоты (Matthäus & Özcan 2011). Следовательно, семена *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller могут использоваться в качестве нутрицевтиков (Özcan & Al Juhaimi 2011). Кроме того, в нескольких исследованиях эфирные масла *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller cladodes были проанализированы и сравнены с эфирными маслами других разновидностей опунции, включая *Opuntia littonalis* и *Opuntia prolifera*, таким образом, фитохимическое разнообразие семейства Сactaceae был выделен (Wright & Setzer 2014). В настоящее время значение опунции в пищевой и фармацевтической промышленности возросло (Feugang et al. 2006). Виды опунции привлекли

внимание международного научного сообщества, и ФАО способствовала распространению этого культивирования (Galati et al. 2002). Известно, что кладоды были исследованы для лечения гастрита, гипергликемии, гиперхолестеринемии, артериосклероза, диабета, гипертрофии предстательной железы, а также обладают гиполипидемическим действием и функцией иммунорегуляции в желудочно-кишечном тракте (El Mostafa et al. 2014). Пищевая промышленность широко использовала их из-за их железирующих свойств (Sepúlveda et al. 2007), таких как источник клетчатки и пищевого красителя (Ayadi et al. 2009). Среди различных экстрактов опунции важным для пищевой промышленности является пектин, известными своими железирующими свойствами и стабилизатором (Lefsih et al., 2017). В последнее десятилетие использование растительных экстрактов в рационе вызывает все больший интерес благодаря их полезным свойствам (Faggio et al. 2015; Carbone & Faggio 2016). Эти растения всегда использовались человеком для себя, а также для селекции, питательных и органолептических свойств, а также в традиционной медицине. Опунция - символ Сицилии, а ее питательные и полезные свойства связаны с ее химическими свойствами. Согласно нескольким исследованиям, и плоды опунции, и кладоды содержат большое количество важных питательных веществ. Клада опунций богата минералами, аминокислотами, витаминами и стеролом. Исследован химический состав, содержание витаминов-антиоксидантов и свободных аминокислот (Таблицы 1–4 РЯДОМ ЗДЕСЬ). Кроме того, химические анализы на разных стадиях созревания *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller показали, что более старые колючие подушечки могут быть кандидатами в качестве хорошего источника кальция для населения с низкой доступностью молочных продуктов и для людей с трудностями их переваривания (Эрнандес-Урбиола и др., 2011). В плодах *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller

сицилийского сорта химический анализ определил наличие аскорбиновой кислоты, полифенолов и среди них, особенно флавоноидов (представленных производными рутина и изорамнетина), аскорбиновой кислоты как хорошего источника витамина С. (Галати и др., 2003). Недавно было оценено влияние водных и этанольных экстрактов *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller на отложение активности оксидата кальция, малонового диальдегида (MDA) и супероксиддисмутазы (SOD) в почках крыс. Эти экстракты доказали свою эффективность (Partovi et al., 2017). Традиционная медицина использовала экстракты многих растений для улучшения здоровья человека и животных, благодаря их полезным свойствам при лечении кожи и ран. В связи с этим исследование Trombetta et al. (2006) описали способность экстрактов опунции способствовать заживлению кожных повреждений у крыс. В настоящее время продукция аквакультуры является важным источником питания и здоровья млекопитающих, поэтому за последнее десятилетие было развито интенсивное и сверхинтенсивное земледелие. Для борьбы с болезнями в аквакультуре, как и в других областях животноводства, используются несколько стратегий (вакцинация и использование антимикробных агентов). Антибиотики применялись регулярно, но, как следствие, имело место негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека, кроме того, использование вакцин было слишком дорогим (Bohlouli et al. 2015). Широко известно, что экстракты различных растений обладают иммуностимулирующим действием, поэтому их можно использовать в качестве добавок при составлении кормов для аквакультуры (Carbone & Faggio 2016). Различные исследования отслеживали текущую тенденцию к переоценке растительных экстрактов в аквакультуре. Различные растительные экстракты, в том числе экстракты плодов пальмы и *Heracleum persicum* (семейство *Apiaceae*), показали иммуностимулирующий эффект и улучшение et al. 2016).

Несколько авторов показали, что экстракты плодов пальмовых плодов содержат такие соединения, как флавоноиды, фенольные вещества и другие вещества, обладающие иммуностимулирующим действием на выращиваемую рыбу. Использование пребиотиков в

*Dicentrarchus labrax* дает хозяину ряд преимуществ, которые отражаются в общем улучшении реакции на стресс (Guardiola et al., 2016).

**Table 1.** Chemical composition of *Opuntia* spp. (Medina et al. 2007).

total fibre%	5.37±0.87
Protein %	0.90±0.26
Fat %	0.50±0.13
ash %	0.392±0.085
ph	6.32±0.17
acidity (g/100gr)	0.078±0.034
Na (mg/kg)	6.25±8.22
K (mg/kg)	1583±328
ca (mg/kg)	263±76
Mg (mg/kg)	251±57
Fe (mg/kg)	1.98±0.57
cu (mg/kg)	0.389±0.095
Zn (mg/kg)	2.05±0.51
Mn (mg/kg)	3.03±1.58
Ni (mg/kg)	0.285±0.10
cr (mg/kg)	0.109±0.036

Note: Mean ± standard deviation.

**Table 2.** Antioxidant and phytochemicals cactus pear pulp (tesoriere et al. 2004).

Compound      Value (for 100gr pulp)

Vitamin c (mg) 29 ± 2  
 $\alpha$ -tochopherol ( $\mu$ g) 80 ± 5  
 $\beta$ -carotene ( $\mu$ g) 1.5 ± 0.2  
 Betanin (mg) 1.21 ± 0.15  
 Indicaxanthin (mg) 9.3 ± 0.68  
 Polyphenols Nd

Notes: ±standard deviation of 5 determination performed in duplicate on 5 lots of fruits. Nd, not detectable.

**Table 3.** Free amino acids contents in both cladodes (l-aminoacids) and fruit pulps from *Opuntia ficus indica* (Feugang et al. 2006).

Amino acids	Cladodes (g/100gr)	Fruite juice (mg/L)
alanine	0.6	87.2
arginine	2.4	30.5
asparagine	1.5	41.6
aspartic acid	2.1	Not valid
Glutamic acid	2.6	66.1
Glutamine	17.3	346.2
Glycine	0.5	11.33
histidine	2.0	45.2
Isoleucine	1.9	31.2
leucine	1.3	20.6
lysine	2.5	17.4
Methionine	1.4	55.2
Phenylalanine	1.7	23.3
serine	3.2	174.5
threonine	2.0	13.3
tyrosine	0.7	12.3
tryptophane	0.5	12.6
Valine	3.7	39.4
alpha-aminobutyric acid	Not available	1.1
carnosine	Not available	5.9
citrulline	Not available	16.3
ornithine	Not available	Not detectable
Proline	Not available	1265.2
taurine	Not available	434.3

**Table 4.** distribution and contents of sterols in *O. ficus-indica* fruit including pulp, seeds and skin (ramadan and Mörsel 2003a, 2003b).

Main component identified	Pulp	Seed	Skin
campesterol	8.74	1.66	8.76
stigmasterol	0.73	0.30	2.12
lanosterol	0.76	0.28	1.66
$\beta$ -sitosterol	11.2	6.75	21.1
$\Delta$ 5-avenasterol	1.43	0.29	2.71
$\Delta$ 7-avenasterol	–	0.05	–
ergosterol	–	–	0.68

Note: sterol contents have been expressed in





## 1. Антиоксидантные эффекты

### 1.1. Антиоксидантные эффекты у рыб

Этанольные экстракты *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller снизили уровень кортизола у рыбок данио (*Danio rerio*), демонстрируя антистрессовый эффект этого кактуса (Oh et al. 2015). *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, как известно, богата кверцетином, проявляя антиоксидантные эффекты, как было проверено Pês et al. (2016). Результаты подтверждаются исследованием Li et al. (2015) на толстолобике (*Hypophthalmichthys molitrix*), а также активность кверцетина была протестирована в *A. anguilla* (Trischitta & Faggio 2006). Более того, Shin et al. (2010) показали положительные эффекты кверцетина, введенного в диету *Paralichthys olivaceus*, на индукцию окислительного стресса за счет гипоосмотических условий. Наконец, действие кверцетина, вероятно, увеличивает антиоксидантный потенциал гепатопанкреаса тилапии (*Oreochromis niloticus*) (Zhai & Liu 2013).

### 1.1. Антиоксидантные эффекты у млекопитающих

Некоторые исследования выявили в экстрактах плодов с красной кожцей присутствие аскорбиновой кислоты, каротиноидов, беталаинов, таурина, флавоноидов (кверцетин, изорамнетин, кемпферол, лютеолин) и способность улавливать свободные радикалы; следовательно, красные плоды являются источником антиоксидантных соединений, оказывающих благотворное влияние на здоровье человека и животных (Fernández López et al. 2010). Полифенолы и экстракты бетацианина опунции могут действовать как доноры электронов, превращая свободные радикалы в более стабильные продукты; и это показало, что эффект очистки возрастает с увеличением концентрации полифенолов (Chougui et al. 2013). Кроме того, гликозиды флавонолов в экстракте цветков кактуса используются в качестве

добавок в пищевых, косметических и фармацевтических продуктах из-за их антиоксидантной способности (Benayad et al. 2014).

## 2. Антимикробные свойства

### 2.1. Антимикробные и противогрибковые свойства рыб

Прасад и др. (2014) подчеркнули антибактериальное действие кверцетина в сочетании с галловой, коричной и пара-анисовой кислотами против обычных грамотрицательных бактерий рыб: *Aeromonas hydrophyla*, *Aeromonas salmonicida*, *Edwardsiella tarda*. Противогрибковые эффекты *Opuntia ficus indica* var. *Саботен* был оценен в дополнение к прополису, *Lactobacillus fermentum*, *Bacillus subtilis* и экстрактам других растений (*Allium cepa* и *Ficus carica*) с полезными эффектами на молоди живой оливковой камбалы (*Paralichthys olivaceus*). В этом исследовании было продемонстрировано благотворное влияние различных пищевых добавок на рост и улучшение состояния здоровья этих образцов: *Opuntia ficus indica* var. *саботен* был выбран из-за его противогрибкового действия (Cho 2011). В пресноводной аквакультуре грибы, принадлежащие к *Saprolegniaceae*, считаются основными причинами эпидемий и гибели особей. На протяжении многих десятилетий использование зеленого малахита был основным средством против грибковых инфекций, но в настоящее время он запрещен из-за его токсического, канцерогенного и мутагенного действия на различных уровнях пищевой цепи, а также среди соединений, рассматриваемых для замены зеленого малахита. Ни один из этих результатов не подходит. Противогрибковые эффекты *Opuntia stricta* против *Saprolegnia* spp. Методами *in vivo* и *in vitro* были продемонстрированы, вероятно, из-за его содержания в фенолах: флавоноидах, беталаинах и дубильных веществах (Khemis et al. 2016). Ввиду этого экстракты опунции можно использовать для лечения обычных

бактериальных и грибковых инфекций рыб.

## 2.2. Антимикробные свойства у млекопитающих

Экстракты опунции обладают бактерицидным действием по сравнению с *Campylobacter jejuni* и *Campylobacter coli*, которые являются причиной пищевого гастроэнтерита (El Mostafa et al. 2014); кроме того, метанольный экстракт опунции подавляет холерный вибрион (Sanchez et al. 2010). Несколько авторов, в том числе Аммар и др. (2012) и Ennouri et al. (2014), обнаружили антибактериальную и противогрибковую активность экстрактов цветков опунции. Антибактериальные эффекты против *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* и *Escherichia coli*; помимо умеренного противогрибкового действия по сравнению с *Aspergillus niger*. Кроме того, экстракты плодов опунции были протестированы на этот антибактериальный и противогрибковый эффект, особенно Rabhi et al. (2013) столкнулись с потенциальными эффектами против *Enterococcus faecium* и небольшим ингибированием роста *Candida albicans*. Более того, опунция была указана в качестве добавки к зеленым вируцидам, поскольку экстракты кладоды показали противовирусное действие против РНК растительного вируса. Присутствие карвакрола, лимонена, сквалена и эздекановой кислоты с антиоксидантной и антимикробной активностью было подчеркнуто в кожуре, мякоти и семенах плодов *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller (сорт *Sanguigna* и сорт *Surfarina*). Антимикробные агенты этих сортов опунции делают их подходящими для остановки распространения патогенных агентов (таких как фитофарг *Cytitis capitata*) (Zito et al. 2013).

## 3. Прочие медицинские эффекты

Гипергликемия, диабет, ожирение, стеатоз печени и гиперхолестеринемия не являются типичными заболеваниями водных организмов. Эти человеческие заболевания вызваны неправильным

образом жизни (малоподвижным и нездоровым питанием), также они могут возникать у рыб из аквакультурных хозяйств, внутри которых особи часто подвергаются диетам с избыточным содержанием питательной энергии. Несмотря на это, данные об этих заболеваниях рыб не известны; скорее, некоторые водные позвоночные широко использовались в качестве экспериментальных моделей индуцированных заболеваний.

*C. auratus* использовался в качестве экспериментальной модели рыб для изучения развития атеросклероза (Lauriano et al., 2016), рыба данио (*D. rerio*) - самая известная экспериментальная модель, она также использовалась в исследованиях диабета и других заболеваний. гипергликемия (Newman et al., 2016). Вместо этого впервые Arenal et al. (2012) использовали рыбу тилапию (*O. niloticus*) в качестве экспериментальной модели индуцированного диабета. *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller проявляет различные активности против этих болезней, за исключением Aragona et al. (2016) ничего не известно. В этом предварительном исследовании *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller продемонстрировала свое лечебное действие в отношении стеатоза печени, вызванного гипергликемией *C. auratus*. Вместо этого то, что показано ниже, иллюстрирует благотворное влияние *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller на гипергликемию, диабет, ожирение, стеатоз печени и гиперхолестеринемию, известные на моделях млекопитающих. Пероральный прием кладоды *Opuntia ficus-indica* (L.) Миллер продвигал выпуск инсулина в сыворотке, поэтому эти экстракты снижают уровень глюкозы в крови (Deldicque et al. 2013). Экстракты цветков и кладодес обладают гипогликемическим действием, действительно, они обладают способностью замедлять скорость всасывания глюкозы в кишечнике, возможно, из-

за их вязкости (Nuñez-López et al. 2013). Содержание пектина в опунции может быть причиной низкой скорости всасывания углеводов, что приводит к гипогликемическим эффектам (Shane-McWhorter 2005; Sánchez et al. 2008). У крыс, вызванных гиперхолестеринемией, водные экстракты *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller ингибировали фермент липазу поджелудочной железы, поэтому этот фермент не может гидролизовать жирные кислоты. Неспособность гидролизовать жирные кислоты препятствует их поглощению клетками и, следовательно, приводит к увеличению общего холестерина в крови (Padilla-Camberos et al. 2015). Аллоксан - нестабильное соединение с молекулярной структурой, аналогичной глюкозе, он не токсичен, но вызывает увеличение количества окислителей, вызывающих гибель бета-клеток поджелудочной железы. Об этом Беррауан и др. (2015) оценили защитный эффект масла семян *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller. Масло семян опунции содержит много антиоксидантов, поэтому его пероральный прием предотвращает диабет, вызванный аллоксаном. Патологические состояния, такие как ожирение и диабет (тип II), можно улучшить с помощью диеты, в которой много полифенолов, а экстракты опунции особенно богаты полифенолами. Мышиные модели, получавшие гликозид изорамнетин (экстракт опунции), по сравнению с мышами, получавшими диету с высоким содержанием жиров, показали снижение массы тела, минимальных уровней общего холестерина, ЛДГ и ЛПВП в сыворотке, низкую концентрацию глюкозы в крови; Кроме того, экстракты опунции увеличивают секрецию инсулина. В свете результатов, полученных на модели млекопитающих, было бы интересно проверить полезную активность *Opuntia ficus-indica* (L.) Экстракты

Миллера в модели рыб. Воспалительный процесс - это форма защиты организма, но некоторые факторы могут вызывать состояния хронического воспаления, которые становятся изнурительными для жизни человека и источником стресса для здоровья животных. Воспалительные реакции у водных организмов в значительной степени изучены; на самом деле, они могут происходить с повышением или понижением регуляции воспалительного процесса из-за присутствия определенных добавок в рационе или ксенобиотиков окружающей среды. Согласно Feng et al. (2017), было подчеркнуто изменение воспалительной реакции в результате избытка или недостатка изолейцина в рационе молодого белого амура (*Stenopharyngodon idella*); а также высокий процент растительного масла в рационе японского морского окуня (*Lateolabrax japonicus*) ухудшает воспалительную реакцию у этих особей (Tan et al., 2017). Вместо этого хроническое воздействие ксенобиотиков из окружающей среды, помимо других последствий для иммунной системы и тканевых изменений, стимулирует воспалительную реакцию у белых креветок (*Litopenaeus vannamei*) (Suo et al., 2017). В настоящее время нестероидные противовоспалительные препараты (FANS) и кортикостероиды широко используются для лечения воспалительных заболеваний у млекопитающих (Wang et al. 2013), но мы ищем новые препараты с очень низкими побочными эффектами (Bahmani et al. 2014). По этим причинам растет интерес к лекарствам растительного происхождения, вдохновленный традиционной медициной.

В культурах хондроцитов человека экстракты опунции снижают высвобождение оксида азота (NO), гликозаминогликана, простагландина-

E2 (PGE-2) и веществ, реагирующих с кислородом (Panico et al. 2007). При плеврите крыс, вызванном  $\lambda$ -каррагинаном, пероральное введение индикаксантина замедляет воспалительную реакцию (Allegra et al. 2014). Более того, цветки опунции содержат фенольные соединения, которые участвуют в воспалительной реакции, снижая выработку NO, такие как гликозилированные производные кверцетина и изорамнетина (Venayad et al. 2014). Заболевания печени, выполняющие важные функции этого органа, относятся к числу основных проблем со здоровьем. В настоящее время, хотя существует множество лекарств от болезней печени, многие исследования стремятся найти более жизнеспособные альтернативы с меньшим количеством побочных эффектов. Источником новых лечебных средств стали химические соединения многих растений (Madrigal-Santillán et al.

2014). Среди различных соединений, обнаруженных в *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, бетанин, кверцетин и рутин играют ключевую роль в борьбе с оксидативным стрессом и в некоторых связанных с ним патологиях ткани печени (Han et al., 2014; Arinç et al. 2015). Здоровье выращиваемой рыбы очень важно не только для благополучия животного, но и для человека. Часто в условиях фермерской жизни у животных наблюдается увеличение липидов в крови и других тканях, участвующих в состоянии жировой болезни печени. Несколько авторов рассмотрели этот аспект, например, Zhai and Liu (2013), показав, что кверцетин снижает концентрацию липидов в сыворотке и тканях тилапии *O. niloticus*. Более того, накопление жира в печени вызывает состояние окислительного стресса, которое вызывает ожирение печени (Kobori et al. 2011). Наконец, Юнг и др. (2013) показали, что кверцетин способен изменять экспрессию генов липидного метаболизма, определяя снижение

биосинтеза жирных кислот и триглицеридов печени. Более того, благодаря экстрактам опунции можно предотвратить гипертрофию адипоцитов и стеатоз печени (Rodríguez-Rodríguez et al. 2015). У крыс, вызванных ожирением, экстракты опунции, добавленные в рацион, определяли снижение сывороточной концентрации маркеров стресса печени (АЛТ, АСТ); кроме того, экстракты опунции вызывают повышение уровня адипонектина, противовоспалительного средства, которое сводит к минимуму накопление жира в печени (Mogan-Ramos et al. 2012). Более того, антиоксидантные соединения, присутствующие в соке плодов опунции, показали лечебное действие на паренхиму печени у крыс, вызванных гепатотоксичностью (Galati et al. 2005). В свете этого положительного влияния экстрактов опунции на окислительный стресс и стеатоз печени, роль опунции становится важной в диетических стратегиях для улучшения этих состояний.

Более того, благодаря экстрактам опунции можно предотвратить гипертрофию адипоцитов и стеатоз печени (Rodríguez-Rodríguez et al. 2015). У крыс, вызванных ожирением, экстракты опунции, добавленные в рацион, определяли снижение сывороточной концентрации маркеров стресса печени (АЛТ, АСТ); кроме того, экстракты опунции вызывают повышение уровня адипонектина, противовоспалительного средства, которое сводит к минимуму накопление жира в печени (Mogan-Ramos et al. 2012). Более того, антиоксидантные соединения, присутствующие в соке плодов опунции, показали лечебное действие на паренхиму печени у крыс, вызванных гепатотоксичностью (Galati et al. 2005). В свете этого положительного влияния экстрактов опунции на окислительный стресс и

стеатоз печени, роль опунции становится важной в диетических стратегиях для улучшения этих состояний..

### 3.2. Выводы

Растущий интерес к естественному исцелению свидетельствует о новом подходе к концепции здоровья и благополучия. Несмотря на широкую доступность методов лечения, основанных на синтетических химических продуктах, в настоящее время предпочитают предотвращать расстройство с помощью здорового образа жизни и диеты, поскольку здоровое тело (в равновесии) предназначено для эффективного реагирования на внешние угрозы (бактерии, вирусы, загрязнение агентов и др.), через иммунную систему и химико-физические процессы компенсации. Известно, что регулярное употребление фруктов и овощей снижает риск хронических заболеваний; защитную роль обычно приписывают не одному компоненту, а взаимодействию различных фитохимических компонентов. Согласно данным, собранным OMS, растения поставляют действующие вещества и адъюванты, используемые в 25% существующих компонентов и более 7000 медицинских препаратов, полученных из растений. Роль *Opuntia ficus indica* (L.) Miller широко изучена, фактически известны их физические и химические свойства, а также их полезные соединения (Таблица 5). Следовательно, он кажется очень интересным как в качестве функционального, так и в качественутрицевтического продукта. Наконец, необходимо провести дальнейшие исследования по применению опунции в отношении загрязнения и перспектив методов восстановления воды с использованием биологических матриц растительного происхождения, известных как фиторемедиация. В последние годы растет интерес к растениям, которые могут действовать как биоабсорбенты для восстановления сточных вод биоматериалами, которые легко доступны по низкой цене. *Opuntia*

*ficus-indica* (L.) Miller демонстрирует желаемые характеристики, *Opuntia cladodes* (Barka et al. 2013) продемонстрировали интересную способность к биоабсорбции кадмия и свинца. Помимо *Opuntia cladodes*, кожура и мякоть плодов опунции (Nharingo & Moyo, 2016) полезны для очистки сточных вод, поскольку они содержат химические группы (фосфатные, фенольные, гидроксильные, карбонатные и другие), которые позволяют им вести себя как «многофункциональные поверхности».

### Благодарности

Авторы выражают благодарность Сандре Де Доминичи за внимательное прочтение рукописи.

### Заявление о раскрытии информации

Авторы не сообщали о потенциальном конфликте интересов.

### ORCID

К. Фаджио <http://orcid.org/0000-0002-0066-2421>

***Jumepamypa:***

- Abdel-Hameed ESS, Nagaty MA, Salman MS, Bazaid SA. 2014. Phytochemicals, nutritionals and antioxidant properties of two prickly pear cactus cultivars (*Opuntia ficus-indica* Mill.) growing in Taif, KSA. Food Chem. 160:31–38.
- Al-Juhaimi F, Özcan MM. 2013. Determination of some mineral contents of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* L.) seed flours. Environ Monit Assess. 185:3659–3663.
- Allegra M, Ianaro A, Tersigni M, Panza E, Tesoriere L, Livrea MA. 2014. Indicaxanthin from cactus pear fruit exerts anti-inflammatory effects in carrageenin-induced rat pleurisy. J Nutr. 144:185–192.
- Ammar I, Ennouri M, Khemakhem B, Yangui T, Attia H. 2012. Variation in chemical composition and biological activities of two species of *Opuntia* flowers at four stages of flowering. Ind Crop Prod. 37:34–40.
- Ammar I, Ennouri M, Bouaziz M, Amira AB, Attia H. 2015. Phenolic profiles, phytochemicals and mineral content of decoction and infusion of *Opuntia ficus-indica* flowers. Plant Food Human Nutr. 70:388–394.
- Anderson EF. 2001. The cactus family. T Press editor Timber Press: Oregon.
- Aragona M, Gangemi J, Alesci A. 2016. Biological effect of *Opuntia*'s cladode on the liver of goldfish *Carassius auratus* fed with a hyperglycemic diet. J Biol Res. 89:9.
- Arenal A, Martín L, Castillo NM, de la Torre D, Torres U, González R. 2012. Aqueous extract of *Ocimum tenuiflorum* decreases levels of blood glucose in induced hyperglycemic tilapia (*Oreochromis niloticus*). Asian Pacific J Trop Med. 5:634–637.
- Arinç E, Yilmaz D, Bozcaarmutlu A. 2015. Mechanism of inhibition of CYP1A1 and glutathione S-transferase activities in fish liver by quercetin, resveratrol, naringenin, hesperidin, and rutin. Nutr Cancer. 67:137–144.
- Ayadi M, Abdelmaksoud W, Ennouri M, Attia H. 2009. Cladodes from *Opuntia ficus-indica* as a source of dietary fiber: effect on dough characteristics and cake making. Ind Crop Prod. 30:40–47.
- Bahmani M, Shirzad H, Majlesi M, Shahinfard N, Rafieian-Kopaei M. 2014. A review study on analgesic applications of Iranian medicinal plants. Asian Pacific J Trop Med. 7:S43–S53.
- Barka N, Abdennouri M, El Makhfouk M, Qourzal S. 2013. Biosorption characteristics of cadmium and lead onto eco-friendly dried cactus (*Opuntia ficus-indica*) cladodes. J Environ Chem Eng. 1:144–149.
- Beccaro GL, Bonvegna L, Donno D, Mellano MG, Cerutti A, Nieddu G, Chessa I, Bounous G. 2015. *Opuntia* spp. biodiversity conservation and utilization on the Cape Verde Islands. Gen Res Crop Evol. 62:21–33.
- Benayad Z, Martinez-Villaluenga C, Frias J, Gomez-Cordoves C, Es-Safi NE. 2014. Phenolic composition, antioxidant and anti-inflammatory activities of extracts from Moroccan *Opuntia ficus-indica* flowers obtained by different extraction methods. Ind Crop Prod. 62:412–420.
- Berraaouan A, Abderrahim Z, Hassane M, Abdelkhalq L, Mohammed A, Mohamed B. 2015. Evaluation of protective effect of cactus pear seed oil (*Opuntia ficus-indica* L. MILL.) against alloxan-induced diabetes in mice. Asian Pacific J Trop Med. 8(7):532–537.
- Bohlouli S, Ghaedi G, Heydari M, Rahmani A, Sadeghi E. 2015. Effects of dietary Persian oak (*Quercus brantii* var. *persica*) fruit extract on survival, growth performance, haematological and immunological parameters in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fingerlings. Aquacul Nutr. 22:745–751.
- Carbone D, Faggio C. 2016. Importance of prebiotics in aquaculture as immunostimulants. Effects on immune system of *Sparus aurata* and *Dicentrarchus labrax*. Fish Shellfish Immunol. 54:172–178.
- Cho SH. 2011. Effects of putative growth or health-enhancing dietary additives on juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, performance.

- Journal of the World Aquaculture Society. 42:90–95. Chougui N, Louaileche H, Mohedeb S, Mouloudj Y, Hammoui Y, Tamendjari A. 2013. Physico-chemical characterisation and antioxidant activity of some *Opuntia ficus-indica* varieties grown in North Algeria. *Afr J Biotechnol.* 12:299–307.
- Deldicque L, Van Proeyen K, Ramaekers M, Pischel I, Sievers H, Hespel P. 2013. Additive insulinogenic action of *Opuntia ficus-indica* cladode and fruit skin extract and leucine after exercise in healthy males. *J Int Soc Sport Nutr.* 10:1.
- El Mostafa K, Kharrassi Y, Badreddine A, Andreoletti P, Vamecq J, Kebbaj M, Latruffe N, Lizard G, Nasser B, Cherkaoui-Malki M. 2014. Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease. *Molecules.* 19:14879–14901.
- Ennouri M, Fetoui H, Bourret E, Zeghal N, Guerhazi F, Attia H. 2006. Evaluation of some biological parameters of *Opuntia ficus-indica*. 2. Influence of seed supplemented diet on rats. *Biores Technol.* 97:2136–2140.
- Ennouri M, Ammar I, Khemakhem B, Attia H. 2014. Chemical composition and antibacterial activity of
- Opuntia ficus-indica* F. *inermis* (Cactus Pear) flowers. *J Med Food.* 17:908–914.
- Faggio C, Fazio F, Marafioti S, Arfuso F, Piccione G. 2015. Oral administration of Gum Arabic: effects on haematological parameters and oxidative stress markers in *Mugil cephalus*. *Iran J Fish Sci.* 14:60–72.
- Feng L, Gan L, Jiang W-D, Wu P, Liu Y, Jiang J, Tang L, Kuang S-Y, Tang W-N, Zhang Y-A. 2017. Gill structural integrity changes in fish deficient or excessive in dietary isoleucine: towards the modulation of tight junction protein, inflammation, apoptosis and antioxidant defense via NF- $\kappa$ B, TOR and Nrf2 signaling pathways. *Fish Shellfish Immunol.* 63:127–138.
- Fernández López JA, Almela L. 2001. Application of high-performance liquid chromatography to the characterization of the betalain pigments in prickly pear fruits. *Journal of Chromatography A.* 913:415–420.
- Fernández López JA, Almela L, Obón JM, Castellar R. 2010. Determination of antioxidant constituents in cactus pear fruits. *Plant Food Human Nutr.* 65:253–259.
- Feugang JM, Konarski P, Zou D, Stintzing FC, Zou C. 2006. Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. *Frontier Biosci.* 11:2574–2589.
- Galati EM, Tripodo MM, Trovato A, Miceli N, Monforte MT. 2002. Biological effect of *Opuntia ficus-indica*
- (L.) Mill. (Cactaceae) waste matter: note I: diuretic activity. *J Ethnopharmacol.* 79(1):17–21.
- Galati EM, Mondello MR, Giuffrida D, Dugo G, Miceli N, Pergolizzi S, Taviano MF. 2003. Chemical characterization and biological effects of Sicilian *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. fruit juice: antioxidant and antiulcerogenic activity. *J Agri Food Chem.* 51:4903–4908.
- Galati EM, Mondello MR, Lauriano ER, Taviano MF, Galluzzo M, Miceli N. 2005. *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. fruit juice protects liver from carbon tetrachloride-induced injury. *Phytother Res.* 19:796–800.
- Guardiola FA, Porcino C, Cerezuela R, Cuesta A, Faggio C, Esteban MA. 2016. Impact of date palm fruits extracts and probiotic enriched diet on antioxidant status, innate immune response and immune-related gene expression of European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Fish Shellfish Immunol.* 52:298–308.
- Han J, Gao C, Yang S, Wang J, Tan D. 2014. Betanin attenuates carbon tetrachloride (CCl<sub>4</sub>)-induced liver injury in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Fish Physiol Biochem.*

- Hernández-Urbiola MI, Pérez-Torrero E, Rodríguez-García ME. 2011. Chemical analysis of nutritional content of prickly pads (*Opuntia ficus indica*) at varied ages in an organic harvest. *Int J Environ Res Pub Health*. 8:1287–1295.
- Hoseinifar SH, Khalili M, Rufchaei R, Raeisi M, Attar M, Cordero H, Esteban MÁ. 2015. Effects of date palm fruit extracts on skin mucosal immunity, immune related genes expression and growth performance of common carp (*Cyprinus carpio*) fry. *Fish Shellfish Immunol*. 47:706–711.
- Hoseinifar SH, Zoheiri F, Lazado CC. 2016. Dietary phytoimmunostimulant Persian hogweed (*Heracleum persicum*) has more remarkable impacts on skin mucus than on serum in common carp (*Cyprinus carpio*). *Fish Shellfish Immunol*. 59:77–82.
- Jung CH, Cho I, Ahn J, Jeon TI, Ha TY. 2013. Quercetin reduces high-fat diet-induced fat accumulation in the liver by regulating lipid metabolism genes. *Phytother Res*. 27:139–143.
- Khemis IB, Aridh NB, Hamza N, M’Hetli M, Sadok S. 2016. Antifungal efficacy of the cactaceae *Opuntia stricta* (Haworth) prickly pear ethanolic extract in controlling pikeperch *Sander lucioperca* (Linnaeus) egg saprolegniasis. *J Fish Dis*. 39:377–383.
- Kobori M, Masumoto S, Akimoto Y, Oike H. 2011. Chronic dietary intake of quercetin alleviates hepatic fat accumulation associated with consumption of a Western-style diet in C57/BL6 J mice. *Mol Nutr Food Res*. 55:530–540.
- Lauriano ER, Pergolizzi S, Capillo G, Kuciel M, Alesci A, Faggio C. 2016. Immunohistochemical characterization of Toll-like receptor 2 in gut epithelial cells and macrophages of goldfish *Carassius auratus* fed with a high-cholesterol diet. *Fish Shellfish Immunol*. 59:250–255.
- Lefsikh K, Giacomazza D, Dahmoune F, Mangione MR, Bulone D, San Biagio PL, Passantino R, Costa MA, Guarrasi V, Madani K. 2017. Pectin from *Opuntia ficus-indica*: optimization of microwave-assisted extraction and preliminary characterization. *Food Chem*. 221:91–99.
- Li J, Hui T, Wang F, Li S, Cui B, Cui Y, Peng Z. 2015. Chinese red pepper (*Zanthoxylum bungeanum* Maxim.) leaf extract as natural antioxidants in salted silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) in dorsal and ventral muscles during processing. *Food Cont*. 56:9–17.
- Madrigal-Santillán E, Madrigal-Bujaidar E, Álvarez-González I, Sumaya-Martínez MT, Gutiérrez-Salinas J, Bautista M, Morales-González Á, García-Luna y, González-Rubio M, Aguilar-Faisal JL, Morales-González JA. 2014. Review of natural products with hepatoprotective effects. *World J Gastroenterol*. 20:14787–14804.
- Matthäus B, Özcan MM. 2011. Habitat effects on yield, fatty acid composition and tocopherol contents of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* L.) seed oils. *Sci Horticult*. 131:95–98.
- Medina EM, Rodríguez EM, Diaz Romero C. 2007. Chemical characterization of *Opuntia dillenii* and *Opuntia ficus-indica* fruits. *Food Chem*. 103:38–45.
- Méndez LP, Flores FT, Martín JD, Rodríguez EMR, Romero CD. 2015. Physicochemical characterization of cactus pads from *Opuntia dillenii* and *Opuntia ficus-indica*. *Food Chemistry*. 188:393–398.
- Moran-Ramos S, Avila-Nava A, Tovar AR, Pedraza-Chaverri J, Lopez-Romero P, Torres N. 2012. *Opuntia ficus indica* (Nopal) attenuates hepatic steatosis and oxidative stress in obese zucker (fa/fa) rats. *J Nutr*. 142:1956–1963.
- Newman T, Jhinku N, Meier M, Horsfield J. 2016. Dietary intake



- influences adult fertility and offspring fitness in zebrafish. *Plos One*. 11:e0166394.
- Nharingo T, Moyo M. 2016. Application of *Opuntia ficus-indica* in bioremediation of wastewaters. A critical review. *J Environ Manag*. 166:55–72.
- Núñez-López MA, Paredes-López O, Reynoso-Camacho R. 2013. Functional and hypoglycemic properties of nopal cladodes (*O. ficus-indica*) at different maturity stages using in vitro and in vivo tests. *J Agri Food Chem*. 61:10981–10986.
- Oh WB, Oh JY, Kim DH, Jung JW, Lee SH. 2015. Effect of the ethanolic extract of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit on net handling stress in zebrafish. *Korea J Herbol*. 30:43–49.
- Özcan MM, Al Juhaimi FY. 2011. Nutritive value and chemical composition of prickly pear seeds (*Opuntia ficus-indica* L.) growing in Turkey. *Int J Food Sci Nutr*. 62:533–536.
- Padilla-Camberos E, Flores-Fernandez JM, Fernandez-Flores O, Gutierrez-Mercado Y, Carmona-de la Luz J, Sandoval-Salas F, Mendez-Carreto C, Allen K. 2015. Hypocholesterolemic effect and in vitro pancreatic lipase inhibitory activity of an *Opuntia ficus-indica* extract. *BioMed Res Int*. 2015:1–4.
- Panico A, Cardile V, Garufi F, Puglia C, Bonina F, Ronsisvalle S. 2007. Effect of hyaluronic acid and polysaccharides from *Opuntia ficus-indica* (L.) cladodes on the metabolism of human chondrocyte cultures. *J Ethnopharmacol*. 111:315–321.
- Partovi N, Ebadzadeh MR, Fatemi SJ, Khaksari M. 2017. Effect of fruit extract on renal stone formation and kidney injury in rats. *Nat Prod Res*. In press. doi:10.1080/14786419.2017.1320790
- Pérez-Torrero E, Garcia-Tovar SE, Luna-Rodríguez LE, Rodríguez-García ME. 2017. Chemical composition of prickly pads from (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller related to maturity stage and environment. *Int J Plant Biol Res*. 5(1):1061.
- Pês TS, Saccol EM, Ourique GM, Londero ÉP, Gressler LT, Golombieski JJ, Glanzner WG, Llesuy SF, Gonçalves PB, Neto JR. 2016. Quercetin in the diet of silver catfish: effects on antioxidant status, blood parameters and pituitary hormone expression. *Aquaculture*. 458:100–106.
- Prasad VGNV, Swamy PL, Rao TS, Rao GS. 2014. Antibacterial synergy between quercetin and polyphenolic acids against bacterial pathogens of fish. *Asian Pacific J Trop Dis*. 4:S326–S329.
- Rabhi A, Falleh H, Limam F, Ksouri R, Abdelly C, Raies A. 2013. Upshot of the ripening time on biological activities, phenol content and fatty acid composition of Tunisian *Opuntia ficus-indica* fruit. *Afr J Biotechnol*. 12:5875–5885.
- Ramadan MF, Mörsel J-T. 2003a. Oil cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L.). *Food Chem*. 82:339–345. Ramadan MF, Mörsel J-T. 2003b. Recovered lipids from pricklypear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill] peel: a good source of polyunsaturated fatty acids, natural antioxidant vitamins and sterols. *Food Chem*. 83:447–456.
- Richard N, Colen R, Aragão C. 2017. Supplementing taurine to plant-based diets improves lipid digestive capacity and amino acid retention of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles. *Aquaculture*. 468:94–101.
- Rodríguez-Rodríguez C, Torres N, Gutiérrez-Urbe JA, Noriega LG, Torre-Villalvazo I, Leal-Díaz AM, Antunes-Ricardo M, Márquez-Mota C, Ordaz G, Chavez-Santoscoy RA, et al. 2015. The effect of isorhamnetin glycosides extracted from *Opuntia ficus-indica* in a mouse model of diet induced obesity. *Food Funct*. 6:805–815.

- Sáenz C, Estévez AM, Sepúlveda E, Mecklenburg P. 1998. Cactus pear fruit: a new source for a natural sweetener. *Plant Food Human Nutr.* 52:141–149.
- Sanchez E, Garcia S, Heredia N. 2010. Extracts of edible and medicinal plants damage membranes of *Vibrio cholerae*. *Appl Environ Microbiol.* 76:6888–6894.
- Sánchez D, Muguerza B, Moulay L, Hernández R, Miguel M, Aleixandre A. 2008. Highly methoxylated pectin improves insulin resistance and other cardiometabolic risk factors in Zucker fatty rats. *J Agri Food Chem.* 56:3574–3581.
- Sepúlveda E, Sáenz C, Aliaga E, Aceituno C. 2007. Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp. *J Arid Environ.* 68:534–545.
- Shane-McWhorter L. 2005. Botanical dietary supplements and the treatment of diabetes: what is the evidence? *Current Diabet Rep.* 5:391–398.
- Shin HS, Yoo JH, Min TH, Lee KH, Choi CY. 2010. The effects of quercetin on physiological characteristics and oxidative stress resistance in olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Asi Austral J Animal Sci.* 23:588.
- Suo Y, Li E, Li T, Jia Y, Qin JG, Gu Z, Chen L. 2017. Response of gut health and microbiota to sulfide exposure in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Fish Shellfish Immunol.* 63:87–96.
- Tan P, Dong X, Xu H, Mai K, Ai Q. 2017. Dietary vegetable oil suppressed non-specific immunity and liver antioxidant capacity but induced inflammatory response in Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*). *Fish Shellfish Immunol.* 63:139–146.
- Tesoriere L, Butera D, Pintaudi AM, Allegra M, Livrea MA. 2004. Supplementation with cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit decreases oxidative stress in healthy humans: a comparative study with vitamin C. *Am J Clin Nutr.* 80:391–395.
- Trischitta F, Faggio C. 2006. Effect of the flavonol quercetin on ion transport in the isolated intestine of the eel, *Anguilla anguilla*. *Comp Biochem Physiol Part C Toxicol Pharmacol.* 143:17–22.
- Trombetta D, Puglia C, Perri D, Licata A, Pergolizzi S, Lauriano ER, De Pasquale A, Saija A, Bonina F. 2006. Effect of polysaccharides from *Opuntia ficus-indica* (L.) cladodes on the healing of dermal wounds in the rat. *Phytomedicine.* 13:352–358.
- Wang Q, Kuang H, Su Y, Sun Y, Feng J, Guo R, Chan K. 2013. Naturally derived anti-inflammatory compounds from Chinese medicinal plants. *J Ethnopharmacol.* 146:9–39.
- Wright CR, Setzer WN. 2014. Chemical composition of volatiles from *Opuntia littoralis*, *Opuntia ficus-indica*, and *Opuntia proliferata* growing on Catalina Island, California. *Nat Prod Res.* 28:208–211.
- Zhai S-W, Liu S-L. 2013. Effects of dietary quercetin on growth performance, serum lipids level and body composition of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Ital J Animal Sci.* 12:e85.
- Zito P, Sajeva M, Bruno M, Rosselli S, Maggio A, Senatore F. 2013. Essential oils composition of two Sicilian cultivars of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae) fruits (prickly pear). *Nat Prod Res.* 27:1305–1314. Zou HK, Hoseinifar SH, Miandare HK, Hajimoradloo A. 2016. *Agaricus bisporus* powder improved cutaneous mucosal and serum immune parameters and up-regulated intestinal cytokines gene expression in common carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings. *Fish & Shellfish Immunology.* 58:380–38.

