

3
НОМЕР

БОНЦ

ISSN 2304-9081

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ
On-line версия журнала на сайте
<http://www.elmag.uran.ru>

БЮЛЛЕТЕНЬ

ОРЕНБУРГСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА УРО РАН

Glareola nordmanni J.G.Fischer, 1842
Степная тиркушка
Черкасов А.Ю.



2020

УЧРЕДИТЕЛЬ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ОРЕНБУРГСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

© Ю.В. Миндолина, Е.С. Филончикова, 2020

УДК 579.61, 613.268

Ю.В. Миндолина, Е.С. Филончикова

ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ И НЕКОТОРЫХ ИХ КОМПОНЕНТОВ НА ОСНОВНЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И МИКРОБИОТУ КИШЕЧНИКА: ОБЗОР

Оренбургский федеральный исследовательский центр УрО РАН (Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН), Оренбург, Россия

В последнее время наблюдается повышенный интерес к исследованиям микробиома человека и животных. Особое внимание уделяется выявлению роли микробиоты в поддержании здоровья. Изменения в составе микроорганизмов, населяющих кишечник, могут быть вызваны различными факторами, в частности продуктами, которые поступают с пищей. Указывается, что жирные кислоты и их производные принимают участие в модулировании кишечного микробиома. В представленном обзоре рассмотрены актуальные вопросы о влиянии различных растительных масел на здоровье и кишечную микробиоту. Обобщены данные из литературных источников по изучению связи диет, обогащенных жирами, и рисков развития различных соматических заболеваний.

Ключевые слова: растительные масла, конопляное масло, оливковое масло, жирные кислоты, питание, кишечная микробиота, микробиом кишечника.

Y.V. Mindolina, E.S. Filonchikova

INFLUENCE OF VEGETABLE OILS AND SOME OF THEIR COMPONENTS ON THE MAIN PHYSIOLOGICAL PARAMETERS AND GUT MICROBIOTA: REVIEW

Orenburg Federal Research Center, UB RAS (Institute for Cellular and Intracellular Symbiosis, UB RAS), Orenburg, Russia

In recent years, research of human and animal microbiome has gained increased interest. Studies devoted to the role of microbiota in maintaining health are especially attractive. Changes in the composition of microorganisms that inhabit the intestinal tract can be caused by various factors including consumed food. There is evidence that fatty acids and their derivatives are involved in modulating the gut microbiome. This review presents current issues about the effects of seed oils on health and gut microbiota. Here we generalized data on the links between the fat enriched diets and the risk of various somatic diseases.

Keywords: seed oils, hemp oil, olive oil, fatty acids, nutrition, gut microbiota, gut microbiome.

В последние годы наблюдается повышенный интерес к изучению роли микробиоты кишечника в поддержании здоровья и развитии заболеваний [1]. На данный момент накоплено достаточно экспериментальных данных, свидетельствующих о взаимосвязи кишечной микробиоты, метаболического гомеостаза и здоровья хозяина [2, 3].

Микроорганизмы, населяющие кишечник в большинстве безвредны для организма. Иммунная система снабжена поддерживающими баланс механизмами, которые управляют отношениями между комменсальными микроорганизмами и организмом хозяина. В случае нарушения иммунологического гомеостаза в кишечнике чрезмерные иммунные реакции приводят к аутоиммунным заболеваниям, воспалениям и аллергии. Известно, что различные факторы окружающей среды оказывают воздействие на данное равновесие [4]. Эпидемиологические исследования показали, что нездоровые диетические привычки являются одной из основных причин роста хронических заболеваний во всем мире, в том числе развития сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета 2 типа, ожирения, колоректального рака, дисбиоза и различных воспалительных заболеваний кишечника [5]. В связи с этим исследования, направленные на изучение влияния различных пищевых добавок и питательных веществ на статус микробиоты являются весьма актуальными [1].

Наряду с белками и углеводами липиды, входящие в состав растительных масел, являются основными питательными веществами, которые необходимы для организма человека. Они выступают в качестве источника энергии, являются компонентом плазматических мембран и выполняют разнообразные функции. Входящие в состав липидов жирные кислоты в процессе обмена веществ превращаются в метаболиты, обладающие биологической активностью [4]. В то же время вопрос о направленной регуляции состава микробиоты путем обогащения диеты растительными маслами представляет как фундаментальный, так и практический интерес.

Настоящий обзор нацелен на анализ современных литературных данных, охватывающих вопрос о влиянии диет, в частности с высоким содержанием жиров, на преобладание тех или иных таксонов в микробиоте кишечника и возможных последствий дисбактериоза на физиологические состояния организма животных и человека.

Состав и функции микробиоты кишечника

Согласно метагеномным данным, полученным в ходе различных исследований, представители микробиоты кишечника классифицируются на 11 различных фил. К наиболее распространенным филам относятся *Proteobacteria*, *Firmicutes*, *Actinobacteria* и *Bacteroidetes* [6]. Около 60-80% приходится на *Firmicutes* (более 200 родов). Наиболее значимыми представителями данной филы бактерий являются *Ruminiococcus*, *Clostridium* и

Lactobacillus. Фила *Bacteroidetes*, доля которой составляет приблизительно 30%, включает *Bacteroides*, *Prevotella* и *Xylanibacter*. Менее 10% составляют представители фил *Actinobacteria* (род *Bifidobacterium*) и *Proteobacteria* (семейство *Enterobacteriaceae*) [7].

На состав микробиоты кишечника оказывают влияние множество факторов: возраст, пол, географическое положение, этническая принадлежность, прием медикаментов и диета [6, 7]. Первоначальная микробиота приобретает сразу после родов и зависит от способа родоразрешения (через естественные родовые пути или кесаревым сечением). Основными представителями микробиоты кишечника в первые дни после родов являются протеобактерии и актинобактерии [3, 7]. Основная часть микробиоты формируется и становится более разнообразной с началом приема пищи. В возрасте двух-трех лет в составе микробиоты четко прослеживается преобладание *Firmicutes* и *Bacteroidetes*. Следует отметить, что при достижении зрелого возраста кишечная микробиота становится стабильной, однако имеются данные, свидетельствующие о том, что у пожилых людей наблюдаются некоторые изменения в пропорции групп *Bacteroides* и *Clostridium* [7].

Большое влияние на состав микробиоты кишечника оказывают некоторые нарушения обмена веществ, например, ожирение, диабет и метаболический синдром. Показано, что у лиц, страдающих ожирением, наблюдается преобладание *Firmicutes* над *Bacteroidetes*. Имеются данные, связывающие развитие пищевой аллергии с изменениями в составе кишечной микробиоты [1].

Микробный профиль кишечника, в зависимости от типа питания условно делится на два энтеротипа. *Prevotella*-энтеротип наблюдается преимущественно у людей, придерживающихся углеводной или вегетарианской диеты. *Bacteroides*-энтеротип обнаруживается у людей, в рационах которых присутствует высокое содержание белка и / или продуктов животного происхождения [8].

Одной из важнейших функций кишечной микробиоты является способность расщеплять различные субстраты (например, полисахариды и сложные углеводы) и извлекать энергию из пищи [3]. Короткоцепочечные жирные кислоты (КЦЖК), такие как бутират, пропионат и ацетат, являются продуктами ферментации клетчатки и углеводов микроорганизмами толстой кишки [3, 9]. КЦЖК приводят к увеличению *Bifidobacteria*, *Bacteroidetes* и *Akkermansia muciniphila*, которые в свою очередь оказывают положительные

эффекты на целостность кишечного барьера, чувствительность к инсулину, метаболизм липидов, а также способствуют снижению воспаления [3]. Бутират используется в качестве основного источника энергии для эпителиальных клеток толстой кишки, в то время как пропионат и ацетат участвуют в процессах липогенеза и глюконеогенеза в печени [9].

Микробиота кишечника состоит из большого числа бактериальных таксонов, на которые оказывают влияние различные компоненты, входящие в состав рациона питания, являясь источником необходимых для роста и развития питательных субстратов [3, 8]. В свою очередь микроорганизмами вырабатываются метаболиты, которые способны привести к изменению физиологических параметров организма хозяина. Эти изменения могут иметь как положительный, так и отрицательный характер [3, 8, 10]. Так, было показано, что некоторые полезные виды и роды кишечной микробиоты, такие как *Akkermansia*, *Bifidobacterium* и *Lactobacillus*, отрицательно связаны с развитием рассеянного склероза. В свою очередь рост численности представителей семейств *Erysipelotrichaceae*, *Coriobacteriaceae* и *Streptococcaceae* приводит к развитию ожирения, системного воспаления и метаболических нарушений как у людей, так и у грызунов [2].

В некоторых исследованиях раскрывается связь иммунной системы и микробиоты кишечника. Защитные механизмы выражаются в виде конкуренции за питательные вещества, формирования условий, непригодных для роста и развития паразитических организмов, и синтеза молекул, обладающих антимикробными свойствами [11]. Помимо этого, осуществляется стимуляция ответов Т- и В-клеток. Известно, что некоторые представители микробиоты кишечника, такие как *Bacteroides fragilis* и *Clostridium spp.*, участвуют в индукции Тreg клеток, функция которых связана с поддержанием гомеостаза слизистой оболочки [11, 12]. В данном процессе принимают участие короткоцепочечные жирные кислоты микробного происхождения (бутират и пропионат). Выдвигается предположение, что бактериальные метаболиты опосредуют связь между комменсальной микробиотой и иммунной системой, влияя на баланс между про- и противовоспалительными механизмами [12, 13]. Кроме того, имеются данные об участии КЦЖК в подавлении экспрессии генов вирулентности на примере системы секреции 3 типа *Salmonella enterica* и *Salmonella enterica* serovar *typhimurium* [11, 14].

Особенности жирнокислотного состава растительных масел и некоторые их свойства

С недавнего времени к функциональным продуктам питания причисляют незаменимые жирные кислоты, которые также считаются и нутрицевтиками – биологически активными веществами. Большое число исследований подтверждает их важную роль во многих биохимических процессах, происходящих в организме [15]. Все растительные масла имеют специфическое соотношение жирных кислот, которое зависит от их происхождения. Таким образом, влияние масел на организм можно оценивать по отдельным входящим в состав масла жирным кислотам, которые имеют различное влияние на состояние здоровья и риски возникновения заболеваний [15].

Было продемонстрировано, что потребление жиров с пищей является доминирующим фактором, влияющим на структуру микробиоты кишечника и соотношение *Firmicutes* / *Bacteroidetes* [2, 10, 16]. Большинство растительных масел являются источниками поли- и мононенасыщенных жирных кислот (ПНЖК, МНЖК), полифенольных соединений. Исходя из жирнокислотного состава диеты условно подразделяются на западную, с высоким содержанием насыщенных жирных кислот (НЖК), и средиземноморскую диету, богатую ПНЖК и МНЖК [3, 16, 17].

НЖК могут косвенно участвовать в модулировании микробиоты через метаболизм желчных кислот, способствуя увеличению количества *Firmicutes*, *Proteobacteria* и *Bilophila spp.* и снижению *Bacteroidetes* и *Bifidobacterium spp.*, которое связано с увеличением эндотоксемии, ожирением и инсулинорезистентностью [3, 5]. Напротив, ненасыщенные жирные кислоты посредством влияния на секрецию и состав желчных кислот, способны приводить к уменьшению количества патогенных бактерий, таких как *Clostridium* и увеличению *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Prevotella* и *Akkermansia spp.*, которые в свою очередь снижают риск развития воспаления и ожирения [3, 5].

Являясь одним из основных компонентов средиземноморской диеты, традиционно считающейся полезной, оливковое масло первого холодного отжима играет важную роль, так как компоненты, присутствующие в оливковом масле связаны с укреплением здоровья кишечника, поскольку они стимулируют более высокое биологическое разнообразие полезных кишечных бактерий, улучшая их баланс [18, 19]. Оливковое масло наиболее богато мононенасыщенными жирными кислотами (МНЖК), составляющими до 78,4±

4,3% от общего числа жирных кислот (ЖК) с преобладанием олеиновой кислоты (C18:1), количество которой колеблется от 58,5 до 83,2% в зависимости от сорта и места произрастания сырья [20].

В соответствии с опубликованными данными, в кокосовом масле было обнаружено преобладание насыщенных жирных кислот (92,1% от общего количества метилового эфира жирных кислот (МЭЖК)), которые по большей части представлены лауриновой (C12:0) и миристиновой (C14:0) кислотами в количестве около 48 ± 4 и $16 \pm 3\%$ соответственно. Среди ненасыщенных жирных кислот в кокосовом масле большая доля приходится на олеиновую кислоту (C18:1), которая составляет приблизительно 8,8% [21-23].

Льняное масло в своем составе содержит до $47,5 \pm 5,6\%$ линоленовой кислоты (C18:3), являющейся «омега-3» ПНЖК [20].

Арахисовое, хлопковое и кукурузное масла более чем на 75% состоят из ненасыщенных ЖК, что связывают с соотношением количества олеиновой (C18:1) и линолевой кислот (C18:2). Арахисовое масло также отличается самым высоким содержанием (от 6,2 до 7,2%) длинноцепочечных насыщенных жирных кислот [21-23].

Подсолнечное масло имеет наиболее высокое процентное содержание общего числа ненасыщенных жирных кислот ($91 \pm 2.12\%$) и представляет собой смесь всех видов насыщенных и ненасыщенных ЖК [24].

Конопляное масло содержит в своем составе до 90% ненасыщенных жирных кислот из которых от 70 до более 80% составляют ПНЖК [25, 26]. Масло конопли характеризуется преобладанием среди других МНЖК олеиновой (C18:2) и эйкозеновой (C20:1) кислот, содержание которых зависит от сорта сырья и достигает 18,8 и 16,5% соответственно [15]. Отмечается, что соотношение «омега-6» (линолевая и γ -линоленовая кислоты) и «омега-3» (α -линоленовая и стеаридониквая кислоты) близко к наиболее оптимальному и составляет приблизительно 1:3 [15, 25, 26].

В составе растительных масел можно выделить несколько групп фенольных соединений: фенольные кислоты, фенольные спирты, секоиридоиды, гидроксиизокроманы, флавоноиды и лигнаны. Основными полифенолами, представляющими интерес, являются секоиридоид, олеуропеин и его производное гидрокситирозол, а также второстепенное фенольное соединение олеокантал [27]. Фенольные соединения могут проявлять местную антиоксидантную активность, улавливая свободные радикалы. Было показано,

что фенольные соединения участвуют в экспрессии генов, связанных с ожирением и метаболическим синдромом. Помимо этого, они выступают в качестве энергетического субстрата для определенных полезных бактерий и подавляют рост некоторых патогенных штаммов. Полифенолы создают микробный баланс, так как большинство из них не всасывается в верхних отделах желудочно-кишечного тракта и достигает толстой кишки, где находится большинство этих кишечных бактерий [18]. Потребление полифенолов способствует увеличению количества *Bacteroidetes*, *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* и *Akkermansia spp.* и снижению *Clostridium spp.* Это связано с улучшением липидного профиля, нормализацией артериального давления, уровня сахара в крови и антропометрических параметров, таких как индекс массы тела (ИМТ) и окружность талии [3, 10, 18, 27, 28]. Более того, у фенольных соединений отмечается наличие противомикробных свойств в отношении некоторых условно-патогенных бактерий, например, семейства *Fusobacteriaceae*, связанного с воспалительными заболеваниями кишечника и острым аппендицитом (воспалительный статус). Ряд исследований как *in vivo*, так и *in vitro* демонстрируют, что фенольные соединения оливкового масла благотворно влияют на воспаление и оказывают положительное влияние на маркеры рака, атеросклероза, а также на гены, связанные с ожирением и метаболическим синдромом [27, 28]. Результаты недавних исследований демонстрируют, что фенольные соединения оливкового масла воздействуют на атеропротекторные, антиоксидантные и противовоспалительные свойства липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) [29].

В некоторых исследованиях сообщается о снижении полезных свойств растительных масел при утрате доли полифенолов. Так, в одном из исследований были получены статистически значимые данные, свидетельствующие о том, что употребление рафинированного оливкового масла, содержащего малые количества фенольных соединений, приводит к увеличению численности *Desulfovibrionaceae*, *Spiroplasmataceae* и *Helicobacteraceae*, которое коррелирует с уровнем общего холестерина [10].

Влияние диет на основе растительных масел на здоровье

Оливковое масло является основным объектом изучения в данной области, однако ведутся исследования с другими диетами, обогащенными жирами. К примеру, в некоторых статьях описываются результаты по сравнению эффектов оливкового масла первого отжима с диетами, включающими

льняное, арахисовое, кокосовое, подсолнечное и кукурузное масла и жиры животного происхождения.

В основной массе таких исследований в качестве модельных животных использовались мыши и крысы. Помимо этого, существуют эксперименты с участием людей или с использованием симуляторов микробной экосистемы кишечника человека.

В недавних исследованиях о пользе средиземноморской диеты было показано, что потребление оливкового масла первого отжима в испытаниях *in vivo* на животных и людях имеет положительные эффекты на здоровье, такие как профилактика сердечно-сосудистых заболеваний, улучшение воспалительных маркеров и состав микробиоты кишечника. Такие преимущества объясняются превосходным питательным составом оливкового масла, который имеет высокое содержание мононенасыщенных жирных кислот (олеиновая жирная кислота) и второстепенных соединений, таких как полифенолы (олеуропеин и гидрокситирозол) [18].

По сравнению с диетами, обогащенными насыщенными жирными кислотами, диеты с высоким уровнем ненасыщенных жирных кислот связаны с меньшим набором массы тела и более медленным накоплением липидов в печени. Было подтверждено, что эти эффекты согласуются с изменениями микробиоты кишечника, вызванными диетой [2]. Вместе с тем, отмечаются более низкие значения систолического артериального давления (САД), уровня триглицеридов (ТГ), лептина и инсулина. Однако не было обнаружено различий в уровнях грелина и глюкозы крови [16]. Как отмечается в некоторых исследованиях, тенденция к снижению уровня триглицеридов и общего холестерина в плазме крови обнаруживается не только при преобладании в рационе оливкового масла, но также и льняного масла [17]. Наблюдается значительное увеличение количества бактерий *Allobaculum* и *Coriobacteriaceae* при употреблении оливкового и льняного масел [17]. Диета на основе оливкового масла способствует повышению уровня адипонектина в плазме крови, который индуцирует экспрессию IL-10. В то же время наблюдается снижение уровня малонилдиальдегида, который является продуктом перекисного окисления липидов, вызывает токсический стресс в клетках и выступает в качестве потенциального мутагена. Эти данные указывают на защитную функцию оливкового масла первого отжима, в особенности его полифенольной фракции [19].

Результаты последних исследований показывают, что некоторые из положительных эффектов диеты на основе оливкового масла могут сопровождаться параллельными изменениями в составе и разнообразии кишечной микробиоты [16, 18]. Входящие в состав оливкового масла жирные кислоты и полифенолы могут оказывать стимулирующее действие на рост популяций лактобацилл и бифидобактерий [3, 5, 28, 30].

Была обнаружена положительная корреляция между приверженностью к средиземноморской диете с более высокой общей концентрацией ацетата, пропионата и бутирата в фекальных образцах, что также может быть связано с изменениями в микробиоте кишечника [30]. Так, потребление оливкового масла влияет на увеличение численности кластера *Clostridium XIVa* (к примеру, группа *Clostridium coccooides*), который отвечает за производство бутирата – представителя короткоцепочечных жирных кислот, обладающих противовоспалительной активностью и снижающих общий уровень холестерина [18].

Имеются данные, которые показывают прямую корреляцию между несколькими критериями, определяющими метаболический синдром (артериальное давление, инсулин, диурез, масса тела и грелин), с бактериальными таксонами, которые значительно увеличиваются у животных, получавших сливочное масло, и уменьшаются (за исключением грелина) в группе получавших диету на основе оливкового масла [16]. Напротив, уровни лептина в плазме обратно коррелируют только с таксонами, которые увеличиваются в кишечнике животных, получавших рацион, обогащенный оливковым маслом. Уровни общего холестерина отрицательно коррелируют с наличием бактерий, преобладавших у животных, получавших стандартную диету [16]. Снижение численности семейства *Spiroplasmataceae*, которое принадлежит к филе *Tenericutes*, при употреблении диет на основе оливкового масла первого отжима, соотносится с более низкими уровнями общего холестерина и содержанием полифенолов в оливковом масле, в частности гидрокситирозола, оказывающего противомикробное действие в отношении данной филы бактерий [10]. Преобладание таких родов бактерий, как *Parasutterella*, *Marispirillum*, видов – *Mucilaginibacter dageonensis*, *Bacteroides fragilis*, связано с употреблением в пищу оливкового масла [8, 10]. Вместе с тем, *Sutterellaceae* показывает значительный прирост, обратно коррелируя с лептином. Род *Parasutterella* положительно коррелирует с общим холестерином и отрицательно с соотношением липопротеидов высокой и низкой плотности (ЛПВП /

ЛПНП), что связывают с риском развития метаболического синдрома [16]. Однако в рационе, обогащенном сливочным маслом, наблюдалось явное, значительное увеличение присутствия *Desulfovibrionaceae*, что соответствовало значительно более высоким уровням *Desulfovibrio* и его ключевого вида *D. desulfuricans*. Присутствие этих таксонов напрямую коррелирует с концентрациями инсулина в плазме, систолическим артериальным давлением, потреблением воды и диурезом [10, 16].

В недавних исследованиях о влиянии диет на развитие метаболического синдрома у крыс было показано, что употребление арахисового и оливкового масел способствует увеличению численности *Bifidobacterium*, которые, как предполагается, участвуют в поддержании нормальной кишечной проницаемости и подавлении воспаления, вызванного липополисахаридами. Помимо этого, отмечается снижение относительной численности семейства *Lachnospiraceae* и входящего в данное семейство рода *Blautia*. Предыдущие исследования показали, что численность семейства *Lachnospiraceae* значительно увеличивается как при неалкогольной жировой болезни печени с ожирением, так и при сахарном диабете второго типа [2].

При изучении влияния диет на основе кокосового и оливкового масла было продемонстрировано, что они вызывали уменьшение богатства и разнообразия кишечной микробиоты, а также переключение *Lactobacillus* (в основном *L. reuteri*) на *Lactococcus* (в основном *L. lactis*) [31]. У мышей, получавших диету на основе кокосового масла, было обнаружено снижение *Akkermansia* и увеличение количества *Staphylococcus*, *Prevotella* и *Bacteroides spp.* Диета на основе подсолнечного масла способствовала уменьшению количества *Akkermansia* и *Bifidobacterium*, одновременно усиливая видовое изобилие *Sphingomonas* и *Neisseria* [31]. Напротив, диета, включающая в себя употребление оливкового масла первого отжима, продуцировала противовоспалительную микросреду, характеризующуюся уменьшением количества энтерококков, стафилококков, нейссерий и псевдомонад (в частности, *P. migulae*). В то же время это увеличивало соотношение *Firmicutes* / *Bacteroidetes* и сохраняло популяцию *Akkermansia* [31]. *Akkermansia muciniphila* ассоциируется с многочисленными преимуществами для здоровья человека, например, с продолжительностью жизни. Уменьшение количества этих бактерий было обнаружено у людей с воспалительными заболеваниями кишечника, язвенным колитом и болезнью Крона.

Следует отметить, что в группе с оливковым маслом отмечаются изменения в микробиоте кишечника, влияющие положительно на профилактику развития колоректального рака, в то время как диеты с кокосовым и подсолнечным маслом вызвали изменения, повышающие риск развития данной патологии [31].

Добавление кокосового масла к корму для крыс изменяет соотношение *Firmicutes* / *Bacteroidetes* как у животных, не страдающих диабетом, так и у животных с диабетом, хотя и противоположным образом. Семейства *Lactobacillaceae* и *Erysipelotrichaceae* положительно коррелировали друг с другом по показателю численности при употреблении крысами кокосового масла как в контрольной группе, так и у животных, получавших лечение. Количество *Bifidobacteriaceae* (представленное только видами рода *Bifidobacterium*) было чрезвычайно высоким в группе крыс, получавших кокосовое масло [32]. Отмечается, что кокосовое масло снижает численность семейства *Clostridiaceae* (с обнаруженным родом *Ruminococcus*), но только у животных с диабетом. Однако влияние добавок кокосового масла на увеличение количества руминококков наблюдалось только у здоровых животных, что указывает на то, что диабет снижает его полезный потенциал. Увеличение количества одних групп бактерий сопровождалось сокращением количества других групп бактерий, как, например, уменьшение количества рода *Treponema* и соответствующего семейства *Spirochaetaceae* [32]. Кроме того, была доказана способность кокосового масла положительно влиять на фекальный микробиом, поскольку оно значительно увеличивает количество пробиотических бактерий, таких как *Lactobacillus*, *Allobaculum* и *Bifidobacterium* [8].

Что касается условно-патогенных микроорганизмов, которые обнаруживаются у пациентов с колитом и аутоиммунными заболеваниями, то по данным некоторых исследований диеты, обогащенные оливковым маслом, способствовали снижению таких фил бактерий, как *Bacteroidetes* и *Actinobacteria*. Вместе с этим, отмечается снижение количества родов *Streptococcus*, *Turicibacter*, *Blautia*, *Clostridium*, *Ruminococcus* и *Anaerostipes* по сравнению со стандартной диетой [31].

В научной литературе представлено сравнительно немного данных о положительных эффектах семян конопли или их производных, включая масло конопли, на организм животных и человека. Так сообщается, что конопляное масло является ценным источником ПНЖК, и их регулярное потребление

ние может способствовать увеличению накопления незаменимых жирных кислот в печени. Помимо этого, употребление в пищу конопляного масла способно предупреждать повышение уровня триглицеридов в плазме и способствует снижению холестерина в печени [33].

Конопляное масло богато линолевой кислотой, тогда как основной ЖК в льняном масле является α -линоленовая кислота. Как линолевая, так и α -линоленовая кислоты являются необходимыми для здоровья человека в связи с тем, что организм человека не способен синтезировать данные кислоты из других жирных кислот, поступающих с пищей. Обе эти жирные кислоты метаболизируются в организме человека до более длинных и ненасыщенных ЖК. Было высказано предположение, что соотношение данных жирных кислот в рационе человека имеет метаболическое значение, однако отсутствуют результаты хорошо контролируемых клинических испытаний [34].

Известно, что масло семян конопли является богатым источником незаменимых жирных кислот, а также токоферолов, токотриенолов, фитостеринов, фосфолипидов, каротинов и минералов [35]. Такой состав масла предполагает его применение в качестве функциональной добавки к пище и для лечения некоторых заболеваний, например, для снижения высокого уровня холестерина и высокого кровяного давления. Несбалансированное потребление жирных кислот «омега-3» и «омега-6», как говорилось ранее, может быть связано с диабетом, сердечно-сосудистыми заболеваниями и раком, а состав масла семян конопли имеет оптимальное соотношение этих жирных кислот – 3:1, что также заслуживает внимания [33, 34].

Имеются данные о том, что конопляное масло обладает антимикробной активностью. Антибактериальный эффект масла семян конопли был исследован с помощью методов дисковой диффузии и микроразбавления в бульоне и подтвержден в отношении *Micrococcus luteus* и *Staphylococcus aureus* [36].

Однако, необходимы более широкие исследования, проясняющие эффекты и механизмы влияния конопляного масла на состав микробиоты кишечника.

Краткое изложение данных о влиянии диет, обогащенных жирами, на различные физиологические параметры и состав кишечной микробиоты представлен на рисунке 1.

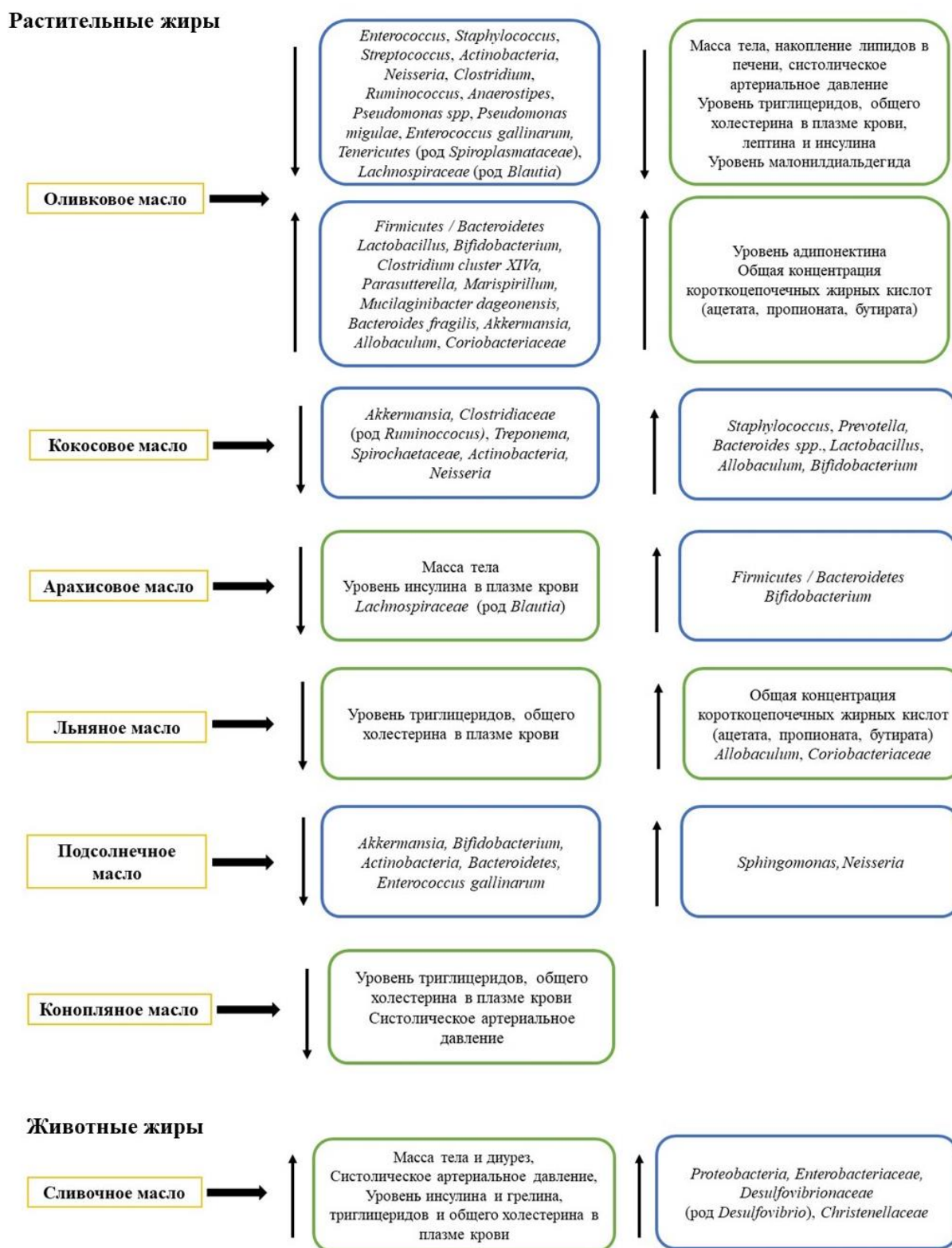


Рис.1. Влияние диет, обогащенных жирами, на концентрацию основных групп кишечных бактерий и некоторые физиологические показатели

Примечание: ↑ увеличение концентрации бактерий или физиологического эффекта; ↓ уменьшение концентрации бактерий или физиологического эффекта.

Заключение

Основываясь на анализе современной литературы, можно утверждать, что вопрос о влиянии диет на преобладание тех или иных таксонов в микробиоте кишечника и возможных последствий дисбактериоза на физиологические состояния организма животных и человека вызывает широкий интерес. Однако в настоящее время информации о точных механизмах воздействия диеты и конкретных компонентов пищи на кишечную микробиоту недостаточно. В связи с этим изучение связи между положительными эффектами растительных масел на здоровье и изменениями в составе кишечной микробиоты являются весьма актуальными, поскольку могут помочь с разработкой методов профилактики и лечения хронических заболеваний с использованием модуляторов микробиома кишечника [5, 10, 16, 30, 31].

ЛИТЕРАТУРА

1. Čoklo M., Rešetar D., Kraljević S. Modulation of gut microbiota in healthy rats after exposure to nutritional supplements. *Gut Microbes*. 2020. 12(1): 1-28.
2. Zhao Z.; Shi A. et. al. High Oleic Acid Peanut Oil and Extra Virgin Olive Oil Supplementation Attenuate Metabolic Syndrome in Rats by Modulating the Gut Microbiota. *Nutrients*. 2019. 11(12). 3005 p.
3. Barrea L., Muscogiuri G., Frias-Toral E. et. al. Nutrition and immune system: from the Mediterranean diet to dietary supplementary through the microbiota. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2020. 1-11.
4. Hosomi K., Kiyono H., Kunisawa J. Fatty acid metabolism in the host and commensal bacteria for the control of intestinal immune responses and diseases. *Gut Microbes*. 2020. 11(3): 276-284.
5. Nagpal R., Shively C. A., Register T. et. al. Gut microbiome – Mediterranean diet interactions in improving host health. *F1000Research*. 2019.
6. Seeman M. V. The gut microbiome and antipsychotic treatment response. *Behav Brain Res*. 2020. 396.
7. Muñoz-Garach A., Diaz-Perdigones C., Tinahones F. J. Gut microbiota and type 2 diabetes mellitus. *Endocrinología y Nutrición (English Edition)*. 2016. 63(10): 560-568.
8. Muralidharan J., Galiè S., Hernández-Alonso P. et. al. Plant-Based Fat, Dietary Patterns Rich in Vegetable Fat and Gut Microbiota Modulation. *Front. Nutr*. 2019, 6:157.
9. Davis C. D. The Gut Microbiome and Its Role in Obesity. *Nutr Today*. 2016. 51(4): 167-174.
10. Martínez N., Prieto I., Hidalgo M. et. al. Refined versus Extra Virgin Olive Oil High-Fat Diet Impact on Intestinal Microbiota of Mice and Its Relation to Different Physiological Variables. *Microorganisms*. 2019. 7(2). 67 p.
11. Belkaid Y., Hand T. W. Role of the Microbiota in Immunity and Inflammation. *Cell*. 2014. 157: 121-141.
12. Arpaia, N., Campbell, C., Fan, X. et al. Metabolites produced by commensal bacteria promote peripheral regulatory T-cell generation. *Nature*. 2013. 504: 451-455.
13. Furusawa Y., Obata Y., Fukuda S. et al. Commensal microbe-derived butyrate induces the differentiation of colonic regulatory T cells. *Nature* 2013. 504: 446-450.
14. Gantois R., Ducatelle F., et al. Butyrate Specifically Down-Regulates Salmonella Pathogenicity Island 1 Gene Expression. *Applied and Environmental Microbiology*. 2006. 72(1):

946-949.

15. Orsavova J., Misurcova L., Ambrozova J. V. et al. Fatty Acids Composition of Vegetable Oils and Its Contribution to Dietary Energy Intake and Dependence of Cardiovascular Mortality on Dietary Intake of Fatty Acids. *J. Mol. Sci.* 2015. 16(6): 12871-12890.
16. Prieto I., Hidalgo M., Segarra A. et al. Influence of a diet enriched with virgin olive oil or butter on mouse gut microbiota and its correlation to physiological and biochemical parameters related to metabolic syndrome. *PLOS ONE*. 2018. 13(1).
17. Millman J., Okamoto S., Kimura A. et al. Metabolically and immunologically beneficial impact of extra virgin olive and flaxseed oils on composition of gut microbiota in mice. *European Journal of Nutrition*. 2020. 59: 2411-2425.
18. Marcelino G., Hiane P. A., Freitas K. et al. Effects of Olive Oil and Its Minor Components on Cardiovascular Diseases, Inflammation, and Gut Microbiota. *Nutrients*. 2019. 11(8).
19. Luisi M., Lucarini L., Biffi B. et al. Effect of Mediterranean Diet Enriched in High Quality Extra Virgin Olive Oil on Oxidative Stress, Inflammation and Gut Microbiota in Obese and Normal Weight Adult Subjects. *Front. Pharmacol.* 2019. 10:1366.
20. Boskou D., Blekas G., Tsimidou M. *Olive Oil: Chemistry and Technology*, Second Edition. Thessaloniki: Academic Press and AOCS Press, 2006. 282 p.
21. Kostik, V.; Memeti, S.; Bauer, B. Fatty acid composition of edible oils and fats. *Journal of Hygienic Engineering and Design*. 2013. 4:112–116.
22. Deen A., Visvanathan R., Wickramarachchi D. et al. Chemical composition and health benefits of coconut oil: an overview. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2020.
23. Zambiasi R. C., Przybylski R., Zambiasi M. W. Fatty acid composition of vegetable oils and fats. *B. CEPPA, Curitiba*. 2007. 25(1): 111-120.
24. Chowdhury K., Banu L. A., Khan S., and Laif A. Studies on the Fatty acid Composition of Edible Oil. *Bangladesh J. Sci. Ind. Res.* 2007. 42(3): 311-316.
25. Vonapartis E., Aubin M.-P., Seguin, P. et al. Seed composition of ten industrial hemp cultivars approved for production in Canada. *J. Food Compos. Anal.* 2015. 39: 8-12.
26. Lan Y., Zha F., Peckrul A. et al. Genotype x Environmental Effects on Yielding Ability and Seed Chemical Composition of Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.) Varieties Grown in North Dakota, USA. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 2019. 96(12): 1417-1425.
27. Parkinson L., Cicerale S. The Health Benefiting Mechanisms of Virgin Olive Oil Phenolic Compounds. *Molecules* 2016, 21(12). 1734 p.
28. Giuliani C., Marzorati M., Daghio M. et al. Effects of Olive and Pomegranate By-Products on Human Microbiota: A Study Using the SHIME® In Vitro Simulator. *Molecules*. 2019. 24(20).
29. Farràs M., Canyelles M., Fitó M. et al. Effects of Virgin Olive Oil and Phenol-Enriched Virgin Olive Oils on Lipoprotein Atherogenicity. *Nutrients*. 2020. 12(3).
30. Garcia-Mantrana I., Selma-Royo M., Alcantara C. et al. Shifts on Gut Microbiota Associated to Mediterranean Diet Adherence and Specific Dietary Intakes on General Adult Population. *Front. Microbiol.* 2018. 9:890.
31. Rodríguez-García C., Sánchez-Quesada C., Algarra I. et al. The High-Fat Diet Based on Extra-Virgin Olive Oil Causes Dysbiosis Linked to Colorectal Cancer Prevention. *Nutrients*. 2020. 12(6).
32. Djurasevic S., Bojic S., Nikolic B. et al. Beneficial Effect of Virgin Coconut Oil on Alloxan-Induced Diabetes and Microbiota Composition in Rats. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2018. 73:295-301.
33. Fotschk B., Opyd P., Juśkiewicz J. et al. Comparative Effects of Dietary Hemp and Poppy Seed Oil on Lipid Metabolism and the Antioxidant Status in Lean and Obese Zucker Rats. *Molecules*. 2020. 25(12):2921.
34. Schwab U., Callaway J., Erkkila A. et al. Effects of hempseed and flaxseed oils on the profile of serum lipids, serum total and lipoprotein lipid concentrations and haemostatic factors. *Eur J Nutr.* 2006. 45:470-477.

35. Grotenhermen F., Russo E. Cannabis and Cannabinoids: Pharmacology, Toxicology, and Therapeutic Potential, 1st ed.; Integrative Healing Press: New York, NY, USA, 2002.
36. Mikulcová V., Kašpárková V., Humpolíček P. et. al. Formulation, Characterization and Properties of Hemp Seed Oil and Its Emulsions. *Molecules*. 2017. 22(5): 700.

Поступила 15.09.2020

Повторно – 25.12.2020

(Контактная информация:

Миндолина Юлия Викторовна – м.н.с. лаборатории биомедицинских технологий Института клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН, 460014 г. Оренбург, ул. Пионерская, 11; тел. 8(987)198-82-46; e-mail: yliamindolina@mail.ru

Филончикова Екатерина Сергеевна – м. н. с. лаборатории биомедицинских технологий Института клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН, 460014 г. Оренбург, ул. Пионерская, 11, тел. 8(922)626-92-28; e-mail: filonchikova@inbox.ru)

Образец ссылки на статью:

Миндолина Ю.В., Филончикова Е.С. Влияние растительных масел и некоторых их компонентов на основные физиологические показатели и микробиоту кишечника: обзор. *Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН*. 2020. 3. 16с. [Электр. ресурс] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2020-3/Articles/MYV-2020-3.pdf>). **DOI: 10.24411/2304-9081-2020-13002**