

УДК 579.67

Поступила в редакцию 22.02.2018
Received 22.02.2018**А.И. Толчикова, А.А. Журня, В.В. Шилов***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь***РОЛЬ ПРЕБИОТИЧЕСКИХ ПИЩЕВЫХ
ВОЛОКОН В ПИТАНИИ**

Аннотация: Пищевые волокна имеют важное значение для здоровья. Увеличение потребления пищевых волокон ведет к уменьшению числа сердечно-сосудистых заболеваний, снижению веса, и самое главное — улучшению работы желудочно-кишечного тракта. Пребиотики — это класс пищевых волокон, которые избирательно стимулируют рост и биологическую активность представителей защитной микрофлоры кишечника человека, способствуют поддержанию ее нормального состава и биологической активности. Несмотря на то, что все пребиотики являются пищевыми волокнами, не все волокна являются пребиотическими. Пребиотики представляют собой в основном углеводные соединения, в основном олигосахариды, которые, не перевариваются в тонком кишечнике человека и достигают толстой кишки, где они ферментируются микрофлорой. По данным многочисленных исследований установлено, что такие вещества как инулин и олигофруктоза, лактулоза и резистентный крахмал соответствуют всем аспектам определения пребиотика, включая стимуляцию роста бифидобактерий. Другие изолированные углеводы и содержащие углеводы продукты питания, включая галактоолигосахариды, трансгалактоолигосахариды, полидекстрозу, декстрин пшеницы, аравийскую камедь, также оказывают пребиотическое действие.

Ключевые слова: пищевые волокна, пребиотики, ферментация, микрофлора, короткоцепочечные жирные кислоты, иммунная функция

A.I. Tolchikova, A.A. Zhurnia, V.V. Shylau*RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus»,
Minsk, Republic of Belarus***THE ROLE OF PREBIOTIC
FOOD FIBERS IN NITRITION**

Abstract: The health benefits of dietary fibers have long been valued by people. An increase in the intake of dietary fiber leads to a reduction in the number of cardiovascular diseases, weight loss, and most importantly, improvement of the work of the gastrointestinal tract. Prebiotics are a class of dietary fiber that selectively stimulate the growth and biological activity of representatives of the protective microflora of the human intestine, help to maintain its normal composition and biological activity. Despite the fact that all prebiotics are food fibers, not all fibers are prebiotic. Prebiotics are basically carbohydrate compounds, mainly oligosaccharides, which are not digested in the small intestine of a person and reach the colon, where they are fermented by microflora. According to numerous studies, it has been found that substances such as inulin and oligofructose, lactulose and resistant starch correspond to all aspects of prebiotic determination, including stimulation of bifidobacterial growth. Other isolated carbohydrates and carbohydrate-containing foods, including galacto-oligosaccharides, transgalactooligosaccharides, polydextrose, wheat dextrin, and gum arabic, also have a prebiotic effect.

Keywords: dietary fibers, prebiotics, fermentation, microflora, short-chain fatty acids, immune function

Пищевые волокна (ПВ) — (неусвояемые, неперевариваемые углеводы, клетчатка и др.) представляют собой вещества различной природы, которые не расщепляются в тонкой кишке, а подвергаются бактериальной ферментации в толстой кишке [1]. Они содержатся в большом количестве в таких продуктах питания как цельнозерновые крупы, бобовые, овощи, фрукты, сухофрукты и др.

Пищевые волокна классифицируются в соответствии с их растворимостью, физиологическим влиянием и химическим типом волокна (табл. 1). [2]. По растворимости пищевые волокна подразделяются на растворимые и нерастворимые.

Таблица 1. Классификация волокон и пребиотиков
Table 1. Classification of fibers and prebiotics

Волокна	Классификация
Пищевые волокна	Лигнин Целлюлоза Гемицеллюлоза
Пребиотики	Бета-глюканы Гуаровая камедь Пшеничный декстрин Псиллиум Пектин Инулин Олигофруктоза Лактулоза Резистентный крахмал Галактоолигосахариды Трансгалактоолигосахариды Полидекстроза

Растворимые ПВ впитывают воду и формируют гель, понижают уровень холестерина и сахара в крови. Нерастворимые пищевые волокна проходят через ЖКТ практически в неизменном виде, адсорбируют большое количество воды, влияют на моторику кишки. Считается, что растворимые пищевые волокна оказывают положительное воздействие на липиды сыворотки крови, тогда как нерастворимые пищевые волокна связаны с улучшенной перистальтикой кишечника. Разделение на растворимые и нерастворимые волокна все еще используется при указании питательной ценности на упаковках продуктов. Однако, несмотря на эту общепринятую классификацию, научное доказательство того, что растворимые волокна уменьшают уровень холестерина, а нерастворимые волокна приводят к увеличению объема стула, достаточно противоречиво. Резистентный крахмал и инулин, являющиеся растворимыми волокнами, не снижают уровень холестерина в крови, а воздействие нерастворимых волокон на массу стула крайне непостоянно. Более того, многие источники волокон, такие как овсяные отруби или псиллиум (шелуха семян подорожника) в большинстве своем растворимы, но все же увеличивают массу стула.

Растворимые волокна в большей мере подвергаются ферментированию и характеризуются большей вязкостью в сравнении с нерастворимыми волокнами. Тем не менее, не все растворимые волокна являются вязкими (например, частично расщепленная гуаровая и аравийская камедь), а некоторые нерастворимые волокна могут вызывать брожение. Хотя все пребиотики являются волокнами, не все волокна являются пребиотическими [2]. Пребиотики характеризуются:

- ♦ Резистентностью к желудочному соку, гидролизу ферментами человека и абсорбции в верхних отделах желудочно-кишечного тракта;
- ♦ Ферментируется кишечной микрофлорой;
- ♦ Селективно стимулирует рост и/или активность кишечных бактерий, потенциально связанных со здоровьем и самочувствием.

Пребиотики — это трудноусваиваемые вещества, которые обеспечивают благотворный физиологический эффект путем выборочного стимулирования благоприятного роста или развития ограниченного числа живущих в организме бактерий. Обычно это касается способности пищевых волокон способствовать росту бифидо- и лактобактерий, которые считаются полезными для здоровья человека. К полезным свойствам пребиотиков относятся улучшение защитной функции кишечника и иммунитета человека, сокращение субпопуляции болезнетворных бактерий (клубридий и др.), содействие выработке короткоцепочечных жирных кислот.

Важным механизмом действия пребиотиков является ферментация в толстой кишке и влияние на кишечную микрофлору. Толстый кишечник человека является одним из самых разнообразных и метаболически активных органов в организме человека [4]. До 1000 различных видов бактерий обитают в толстой кишке с микробными популяциями в количестве приблизительно 10^{11} – 10^{12} КОЕ на грамм содержимого. Среда толстой кишки благоприятствует росту бактерий из-за медленного времени прохождения, легкодоступных питательных веществ и благоприятного pH [4]. Как правило, бактерии, имеющие почти исключительный сахаролитический метаболизм (т. е. без протеолитической активности), могут считаться потенциально полезными. Такой метаболический профиль характерен для лактобактерий и бифидобактерий. Сопоставление разнообразия и взаимодействий

между кишечной микрофлорой человека привело к запуску программы исследования микробиома кишечника человека (HGMI) [5], направленной на выявление разнообразия бактериальной экосистемы. В целом на состав микрофлоры влияет ряд факторов. К ним относятся изменения в физиологических состояниях организма (например, возраст, стресс, состояние здоровья), рацион питания и экологические условия [7]. Вместе с иммунной системой, кишечно-слизистая микрофлора значительно улучшает барьер, который предотвращает проникновение патогенных бактерий в желудочно-кишечный тракт (ЖКТ). Кишечная микрофлора извлекает энергию путем ферментации углеводов, не переваренных в верхнем отделе кишечника. Основными субстратами являются эндогенные (например, слизь) и углеводы пищи, которые не перевариваются в верхнем отделе ЖКТ: резистентный крахмал, некрахмальные полисахариды (например, целлюлозы, гемицеллюлозы, пектины и камедь), неперевариваемые олигосахариды и сахарные спирты. Бактерии толстой кишки используют ряд ферментов, гидролизующих углеводы, для получения водорода, метана, диоксида углерода, короткоцепочечных жирных кислот (главным образом ацетата, пропионата и бутирата) и лактата. Пищевые компоненты, которые стимулируют ферментацию, ведут к увеличению массы бактерий и, следовательно, фекальной массы и, таким образом, обладают эффектом увеличения объема стула. По некоторым данным, на каждые 100 г углевода, ферментируемого углевода, производится около 30 г бактерий.

Ферментация и особенно производство короткоцепочечных жирных кислот играют неотъемлемую роль как на уровне толстой кишки, так и на системном уровне. Эпителиальные клетки толстой кишки предпочтительно используют бутират в качестве источника энергии, даже если имеются конкурирующие субстраты, такие как глюкоза и глутамин. Бутират считается ключевым питательным веществом и может функционировать в качестве первичного защитного фактора против кишечных расстройств, хотя данные по этой теме противоречат друг другу [6]. Короткоцепочечные жирные кислоты являются водорастворимыми и поглощаются кровотоком. Мозг, мышцы и ткани метаболизируют ацетат системно, тогда как пропионат очищается печенью и может снизить выработку холестерина печенью, препятствуя его синтезу. Считается, что перенос и дальнейший метаболизм короткоцепочечных жирных кислот в печени, мышцах или других периферических тканях покрывает около 7–8 % от суточной потребности организма в энергии [4]. Ферментация и производство короткоцепочечных жирных кислот также ингибируют рост патогенных организмов за счет снижения уровня люминального и фекального pH. Низкий уровень pH снижает гидролиз пептидов и образование токсичных соединений, таких как аммиак, амины и фенольные соединения, и уменьшает активность нежелательных бактериальных ферментов.

Инулин, олигофруктоза и фруктоолигосахариды в значительной степени рассматривались как пребиотики и при их незначительном употреблении (5–8 г в день) демонстрировали значительный рост бифидобактерий в составе кала.

Аравийская камедь обеспечивала больший рост бифидо- и лактобактерий, чем такое же количество инулина, что привело к меньшему количеству побочных эффектов в желудочно-кишечном тракте, таких как газообразование и вздутие [12]. Вследствие потребления полидекстрозы снижалось содержание бактериоидов, а также увеличилась концентрация бифидо- и лактобактерий [13, 14]. Пшеничный декстрин также увеличивал содержание бифидо- и лактобактерий и уменьшил содержание клостридий [15]. В исследовании, в котором приняли участие 40 пациентов женского пола, добавление в рацион пшеничного декстрина (8 г в день) на протяжении 14 дней не только увеличило количество бактериоидов, которые являются главными сахаролитическими ферментами нормальной флоры кишечника, но и уменьшило количество болезнетворных бактерий. Кроме того, был обнаружен пребиотический потенциал у псиллиума [16]. Галактоолигосахариды и лактулоза были отмечены своими способностями быстрого увеличения, тогда как инулин, мальтодекстрин и полидекстроза продемонстрировали медленный рост бифидо- и лактобактерий [17]. Потребление бета-глюкана овса (5 г) в течение 5 недель значительно снижало уровень глюкозы в крови и выброс инсулина, в то время как включение в рацион питания бета-глюкана ячменя (5–10 г) не оказало подобного эффекта [9].

Пищевые волокна, способные к брожению, которые не соответствуют определению пребиотиков, все равно оказывают благотворное влияние посредством выработки короткоцепочечных жирных кислот. Наиболее распространенными из них являются ацетат, пропионат и бутират, каждая из которых оказывает уникальное физиологическое воздействие. Для состояния толстой кишки наиболее

благоприятной кислотой является бутират, который выступает предпочтительным источником энергии для эпителиальных клеток толстой кишки и способствует дифференциации и пролиферации нормальных клеток. Более того, короткоцепочечные жирные кислоты помогают контролировать впитывание натрия и воды, могут способствовать всасыванию кальция и других минералов. Кроме того, деятельность короткоцепочечных жирных кислот направлена на снижение кислотности в толстой кишке, что может препятствовать увеличению потенциальных болезнетворных организмов и вызывать рост полезных бактерий, таких как бифидо- и лактобактерий. Различные виды пищевых волокон отличаются количеством и темпом производства короткоцепочечных жирных кислот. Те виды волокон, которые быстро поддаются брожению, могут привести к излишнему газообразованию и вздутию живота, поэтому дозировку следует обязательно принять во внимание. Способ брожения может быть связан с молекулярной массой, длиной цепи и структурой волокна. Короткоцепочечные молекулы, такие как фруктоолигосахариды, обычно подвергаются ферментации более быстро, нежели более крупные и длинные молекулы, такие как аравийская камедь или частично гидролизиремая гуаровая камедь.

Посредством выработки короткоцепочечных жирных кислот некоторые виды волокон могут сыграть существенную роль в поддержании иммунитета. В испытаниях, проведенных на животных, добавление короткоцепочечных жирных кислот к парентеральному питанию стимулирует выработку клеток Т-хелперов, фагоцитов и нейтрофилов, а также увеличивает цитотоксическую активность естественных клеток-киллеров. Также имеются доказательства повышенной сопротивляемости к болезням или инфекциям во время приема пищевых волокон. Например, была обнаружена способность олигофруктозы уменьшать вероятность лихорадочных заболеваний, связанных с диареей или респираторными расстройствами, а также снижать использование антибиотиков у детей первого года жизни [18]. Некоторые виды волокон, такие как бета-глюканы, могут взаимодействовать с иммунными клетками, тем самым напрямую влиять на работу иммунной системы. Растворимые невязкие волокна могут благотворно воздействовать на процесс облегчения симптомов воспалительных заболеваний, таких как синдром раздраженного кишечника. В частности, частично гидролизованная гуаровая камедь оказалась более эффективной в снятии боли и улучшении ритма дефекации, чем пшеничные отруби, и она проявила себя лучше в качественной оценке эпителиального повреждения и воспаления [19].

В исследовании, в котором приняли участие 244 здоровых добровольцев прием 10 г инулина или 5,5 г галактоолигосахаридов в день в течение 4 недель уменьшал вероятность появления диареи и облегчил ее протекание [20, 21, 22]. Одновременный прием фруктоолигосахаридов и инулина также значительно повлиял на снижение показателей тяжести заболевания, сокращение провоспалительных иммунных маркеров, обнаруженных в больших количествах в плазме и кале [23]. Отмечена эффективность галактоолигосахаридов в нормализации микрофлоры толстой кишки и облегчении симптомов синдрома раздраженного кишечника у 44 пациентов [24]. Галактоолигосахариды благоприятно повлияли также на фекальные бифидобактерии. Употребление 3,5 г галактоолигосахаридов в день также значительно изменило консистенцию кала, уменьшился метеоризм и вздутие живота, улучшилась субъективная глобальная оценка показателей питания и чувства тревоги. Установлено также усиление абсорбции кальция при потреблении фруктанов. 12-месячное исследование, в котором участвовало 100 подростков, употреблявших фруктаны в количестве 8 г/сут, показало значительное увеличение абсорбции кальция, что привело к большей минеральной минерализации костей [25]. В то время как ежедневное потребление зерновых, содержащих фруктоолигосахариды короткой и длинной цепью (9 г/сут), не способствовало усвоению кальция у девочек-подростков [26].

Данные эпидемиологических исследований влияния пребиотиков на риск развития сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) свидетельствуют о их способности влиять на уровень холестерина и С-реактивный белок (СРБ). В двойном слепом рандомизированном плацебо-контролируемом клиническом исследовании была установлена способность комбинации инулин/ФОС, потребляемой в количестве 10 г/сут в течение 6 мес. снижать концентрацию ХС ЛПНП и повышать уровень ХС ЛПВП [28]. Поскольку олигосахариды не являются вязкими волокнами, наиболее вероятно, что механизм их действия основывается на увеличении производства короткоцепочечных жирных кислот, особенно пропионата.

С целью изучения влияния добавки, содержащей фруктоолигосахариды, на массу тела и концентрацию гормона насыщения у взрослых, страдающих лишним весом и ожирением, было проведено

двойное слепое плацебо контролируемое исследование с применением [30]. Сорок восемь здоровых взрослых добровольцев с индексом массы тела $> 25 \text{ кг/м}^2$ получали 21 г добавки, содержащей фруктоолигосахариды, в день либо плацебо (мальтодекстрин) в течение 12 недель. У участников исследования, принимавших добавку, содержащую фруктоолигосахариды, наблюдалось снижение массы тела на $1,03 \pm 0,43 \text{ кг}$, в то время как в контрольной группе наблюдалась противоположная картина — масса тела увеличилась на $0,45 \pm 0,31$. Сходные результаты были получены во время проведения двойного слепого параллельного исследования с применением метода случайной выборки под контролем плацебо, где 10 здоровых взрослых людей получали 16 г пребиотиков в день либо 16 г мальтодекстрина в день в течение 2 недель [31]. Во время приема пребиотика наблюдалось увеличение содержания водорода в выдыхаемом воздухе, что является маркером ферментации микрофлоры желудочно-кишечного тракта в 3 раза. При этом также наблюдалось ослабление чувства голода [32]. Проведённое исследование с участием взрослых добровольцев, имеющих лишний вес, показало, что пшеничный декстрин, способствует значительному усилению чувства насыщения и ослаблению чувства голода при приеме в дозах от 8 до 24 г в день, при этом наблюдалась взаимосвязь между временем приема и дозировкой [33].

Закключение. Пищевые волокна проявляют разнообразные физико-химические свойства и соответствующие физиологические эффекты. Роль волокон для здоровья вышла далеко за рамки улучшения перистальтики кишечника и включает такие положительные эффекты как снижение риска сердечно-сосудистых заболеваний, управления весом, иммунитетом и состоянием кишечника.

Употребление пребиотиков может:

- ♦ Сократить распространенность и продолжительность инфекционной и антибиотико-ассоциированной диареи;
- ♦ Уменьшить воспалительный процесс и симптомы, связанные с воспалительными заболеваниями кишечника;
- ♦ Оказывать защитный эффект для предотвращения появления онкопатологии;
- ♦ Увеличить биологическую усвояемость и поглощение минералов, включая кальций, магний и железо;
- ♦ Снизить факторы риска заболевания сердечно-сосудистыми болезнями;
- ♦ Обеспечить чувство насыщения, потерю веса и предотвратить набор лишнего веса.

Однако следует отметить, что не все волокна равны с точки зрения типов и объема оказываемого ими благоприятного воздействия на человека. Ввиду разнообразия их воздействия, следует потреблять пищевые волокна из различных источников. Такие характеристики, как растворимость, ферментируемость и вязкость, являются важными факторами, определяющими влияние волокон на организм. С этой точки зрения, пребиотики имеют несомненные преимущества перед другими типами волокон, так как более эффективно используются организмом человека. Поскольку потребление пищевых волокон во всем мире сейчас значительно ниже рекомендуемых ВОЗ количеств, поэтому, для укрепления здоровья и профилактики различных заболеваний, волокна с пребиотическими свойствами необходимо более активно использовать в составе функциональных пищевых продуктов.

Список использованных источников

1. *Slavin, J.L.* Dietary fiber: Classification, chemical analyses, and food sources. *J. Am. Diet. Assoc.* 1987, no 87, P. 1164–1171.
2. *Gibson, G.R.* Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics / G.R. Gibson, M.B. Roberfroid // *J. Nutr.* 1995, no 125, P. 1401–1412.
3. *Gibson, G.R.* Dietary prebiotics: Current status and new definition. *Food Sci. Technol. Bull. Funct. Foods* 2010, no 7, P. 1–19.
4. *Cummings, J.H.* The control and consequences of bacterial fermentation in the human colon / J.H. Cummings, G.T. Macfarlane // *J. Appl. Bacteriol.* 1991, no 70, P. 443–459.
5. *Gordon J.I., Ley R.E., Wilson R., Mardis E., Xu J., Fraser C.M., Relman D.A.* Extending our view of self: The Human Gut Microbiome Initiative (HGMI). Available online: <http://www.genome.gov/Pages/Research/Sequencing/SeqProposals/HGMISeq.pdf> (accessed on 8 October 2011).

6. *Lupton, J.R.* Microbial degradation products influence colon cancer risk: The butyrate controversy. *J. Nutr.* 2004, no 134, P. 479–482.
7. *DeFillippo, F.C.* Impact of diet in shaping gut microbiota revealed by a comparative study in children from Europe and rural Africa. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2010, no 107, pp. 14691–14696. *Nutrients* 2013, no 5, 1432 p.
8. *Meyer, K.A.* Carbohydrates, dietary fiber, and incident type 2 diabetes in older women. *Am. J. Clin. Nutr.* 2000, no 71, P. 921–830.
9. *Biorklund, M.* Changes in serum lipids and postprandial glucose and insulin concentrations after consumption of beverages with beta-glucans from oats or barley: A randomized dose controlled trial. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2005, no 59, P. 1272–1281.
10. *Nazare, J.A.* Impact of a resistant dextrin with a prolonged oxidation pattern on day-long ghrelin profile. *J. Am. Coll. Nutr.* 2011, no 30, P. 63–72.
11. *Mathern, J.R.* Effect of fennugreek fiber on satiety, blood glucose and insulin response and energy intake in obese subjects. *Phytother. Res.* 2009, no 23, P. 1543–1548.
12. *Calame, W.* Gum arabic establishes prebiotic functionality in healthy human volunteers in a dose-dependent manner. *Br. J. Nutr.* 2008, no 100, P. 1269–1275.
13. *Jie, Z.* Studies on the effects of polydextrose intake on physiologic functions in Chinese people. *Am. J. Clin. Nutr.* 2000, no 72, P. 1503–1509.
14. *Hengst, C.* Effects of polydextrose supplementation on different faecal parameters in healthy volunteers. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 2009, no 60, P. 96–105.
15. *Lefranc-Millot, C.* Impact of a resistant dextrin on intestinal ecology: How altering the digestive ecosystem with NUTRIOSE, a soluble fiber with prebiotic properties, may be beneficial for health. *J. Int. Med. Res.* 2012, no 40, P. 211–224.
16. *Eli, M.* Evaluation of prebiotic potential of refined psyllium (*Plantago ovata*) fiber in healthy women. *J. Clin. Gastroenterol.* 2008, no 42, pp. 174–176. *Nutrients* 2013, no 5, 1434 p.
17. *Watson, D.* Selective carbohydrate utilization by lactobacilli and bifidobacteria. *J. Appl. Microbiol.* 2012, doi:10.1111/jam.12105.
18. *Saavedra, J.M.* Human studies with probiotics and prebiotics: Clinical implications / J.M. Saavedra, A. Tschernia // *Br. J. Nutr.* 2002, no 87, P. 241–246.
19. *Parisi, G.C.* High-fiber diet supplementation in patients with irritable bowel syndrome (IBS): A multicenter, randomized, open trial comparison between wheat bran diet and partially hydrolyzed guar gum (PHGG). *Dig. Dis. Sci.* 2002, no 47, P. 1697–1704.
20. *Chuang, S.C.* Fiber intake and total and cause-specific mortality in the European prospective investigation into Cancer and Nutrition cohort. *Am. J. Clin. Nutr.* 2012, no 96, P. 164–174.
21. *Cummings, J.H.* A study of fructo oligosaccharides in the prevention of travellers' diarrhoea. *Aliment. Pharmacol. Ther.* 2001, no 15, P. 1139–1145.
22. *Drakoularakou, A.* A double-blind, placebo-controlled, randomized human study assessing the capacity of a novel galacto-oligosaccharide mixture in reducing travellers' diarrhoea. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2010, no 64, P. 146–152.
23. *Konikoff, M.R.* Role of fecal calprotectin as a biomarker of intestinal inflammation in inflammatory bowel disease / M.R. Konikoff, L.A. Denson // *Inflamm. Bowel. Dis.* 2006, no 12, P. 524–534.
24. *Silk, D.B.* Clinical trial: The effects of a trans-galactooligosaccharide prebiotic on faecal microbiota and symptoms in irritable bowel syndrome. *Aliment. Pharmacol. Ther.* 2009, no 29, P. 508–518.
25. *Abrams, S.A.* A combination of prebiotic short- and long-chain inulin-type fructans enhances calcium absorption and bone mineralization in young adolescents. *Am. J. Clin. Nutr.* 2005, no 82, P. 471–476.
26. *Martin, B.R.* Fructo-oligosaccharides and calcium absorption and retention in adolescent girls. *J. Am. Coll. Nutr.* 2010, no 29, P. 382–386.
27. Institute of Medicine. *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids*; National Academies Press: Washington, DC, USA, 2002.

28. *Forcheron, F.* Long-term administration of inulin-type fructans has no significant lipid-lowering effect in normolipidemic humans / F. Forcheron, M. Beylot // *Metabolism* 2007, no 56, P. 1093–1098.
29. *Ley, R.E.* Obesity alters gut microbial ecology. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2005, 102, P. 11070–11075.
30. *Turnbaugh, P.J.* A core gut microbiome in obese and lean twins / P.J. Turnbaugh, J.P. Affourtit et al. // *Nature* 2009, no 457, P. 480–484.
31. *Parnell, J.A.* Weight loss during oligofructose supplementation is associated with decreased ghrelin and increased peptide YY in overweight and obese adults / J.A. Parnell, R.A. Reimer // *Am. J. Clin. Nutr.* 2009, no 89, P. 1751–1759.
32. *Cani, P.D.* Gut microbiota fermentation of prebiotics increases satietogenic and incretin gut peptide production with consequences for appetite sensation and glucose response after a meal. *Am. J. Clin. Nutr.* 2009, no 90, P. 1236–1243.
33. *Hess, J.R.* Effects of short-chain fructooligosaccharides on satiety responses in healthy men and women. *Appetite* 2011, no 56, P. 128–134.

References

1. Slavin J.L. Dietary fiber: Classification, chemical analyses, and food sources. *Journal American Diet. Assoc.*, 1987, no 87, pp. 1164–1171.
2. Gibson G.R., Roberfroid M.B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *Journal Nutrition*, 1995, no 125, pp. 1401–1412.
3. Gibson G.R., Scott K.P., Rastall R.A., Tuohy K.M., Hotchkiss A., Dubert-Ferrandon A., Gareau M., Murphy E.F., Saulnier D., Loh, G. et al. Dietary prebiotics: Current status and new definition. *Journal Food Sci. Technol. Bull. Funct. Foods*, 2010, no 7, pp. 1–19.
4. Cummings J.H., Macfarlane G.T. The control and consequences of bacterial fermentation in the human colon. *Journal Appl. Bacteriol.*, 1991, no 70, pp. 443–459.
5. Gordon J.I., Ley R.E., Wilson R., Mardis E, Xu J., Fraser C.M., Relman D.A. Extending our view of self: The Human Gut Microbiome Initiative (HGMI). Available online: <http://www.genome.gov/Pages/Research/Sequencing/SeqProposals/HGMISeq.pdf> (accessed on 8 October 2011).
6. Lupton J.R. Microbial degradation products influence colon cancer risk: The butyrate controversy. *Journal Nutrition*, 2004, no 134, pp. 479–482.
7. DeFillippo F.C., Cavallieri D., Di P.M., Ramazzotti M., Poulie J.B., Massart S., Collini S., Pieraccini G., Lionetti P. Impact of diet in shaping gut microbiota revealed by a comparative study in children from Europe and rural Africa. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2010, no 107, pp. 14691–14696. *Nutrients* 2013, no 5, 1432 p.
8. Meyer K.A., Kushi L.H., Jackobs D.R., Slavin J., Sellers A.A, Folsom A.R. Carbohydrates, dietary fiber, and incident type 2 diabetes in older women. *Journal Am. J. Clin. Nutr.*, 2000, no 71, pp. 921–830.
9. Björklund M., Rees A., van Mensink, R.P., Onning, G. Changes in serum lipids and postprandial glucose and insulin concentrations after consumption of beverages with beta-glucans from oats or barley: A randomized dose controlled trial. *Eur. Journal Clin. Nutr.*, 2005, no 59, pp. 1272–1281.
10. Nazare J.A., Sauvinet V, Normand S., Guerin-Deremaux L, Gabert L., Desige M., Wils D., Laville M. Impact of a resistant dextrin with a prolonged oxidation pattern on day-long ghrelin profile. *Journal Am. Coll. Nutr.*, 2011, no 30, pp. 63–72.
11. Mathern J.R., Raatz S.K., Thomas W, Slavin J.L. Effect of fennugreek fiber on satiety, blood glucose and insulin response and energy intake in obese subjects. *Phytother. Res.*, 2009, no 23, pp. 1543–1548.
12. Calame W., Weseler A.R., Viebke C., Flynn C., Siemensma A.D. Gum arabic establishes prebiotic functionality in healthy human volunteers in a dose-dependent manner. *Br. Journal Nutrition*, 2008, no 100, pp. 1269–1275.
13. Jie Z., Bang-Yao J., Ming-Jie X., Hai-wei L, Zu-kang Z., Ting-song W., Craig S.A.S. Studies on the effects of polydextrose intake on physiologic functions in Chinese people. *Journal Am. J. Clin. Nutr.*, 2000, no 72, pp. 1503–1509.

14. Hengst C., Ptok S., Roessler A., Fechner A., Jahreis G. Effects of polydextrose supplementation on different faecal parameters in healthy volunteers. *Int. Journal Food Sci., Nutr.* 2009, no 60, pp. 96–105.
15. Lefranc-Millot C., Gruerin-Deremaux L., Wils D., Neut C., Miller L.E., Saniez-Degrave M.H. Impact of a resistant dextrin on intestinal ecology: How altering the digestive ecosystem with NUTRIOSE, a soluble fiber with prebiotic properties, may be beneficial for health. *Journal Int. Med. Res.*, 2012, no 40, pp. 211–224.
16. Eli M., Cattivelli D., Soldi S., Bonatti M., Morelli L. Evaluation of prebiotic potential of refined psyllium (*Plantago ovata*) fiber in healthy women. *Journal Clin. Gastroenterol.*, 2008, no 42, pp. 174–176. *Nutrients* 2013, no 5, 1434 p.
17. Watson D., O'Connell Moterway M., Schoterman M.H.C., Joost van Neerven R.J., Nauta A., van Sinderen D. Selective carbohydrate utilization by lactobacilli and bifidobacteria. *Journal Appl. Microbiol.*, 2012, doi:10.1111/jam.12105.
18. Saavedra J.M., Tschernia A. Human studies with probiotics and prebiotics: Clinical implications. *Br. Journal Nutrition*, 2002, no 87, pp. 241–246.
19. Parisi G.C., Zilli M., Miani M.P., Carrara M., Verdianelli G., Battaglia G., Desidera S., Faedo A., Malzolino C., Tonon A.; et al. High-fiber diet supplementation in patients with irritable bowel syndrome (IBS): A multicenter, randomized, open trial comparison between wheat bran diet and partially hydrolyzed guar gum (PHGG). *Dig. Dis. Sci.* 2002, no 47, pp. 1697–1704.
20. Chuang S.C., Norat T., Murphy N., Olsen A., Tjonneland A., Overvad K., Boulton-Ruell M.C., Perquier F., Dartois L., Kaaks R.; et al. Fiber intake and total and cause-specific mortality in the European prospective investigation into Cancer and Nutrition cohort. *Am. Journal Clinical Nutrition*, 2012, no 96, pp. 164–174.
21. Cummings J.H., Christie S., Cole T.J. A study of fructo oligosaccharides in the prevention of travellers' diarrhoea. *Aliment. Pharmacol. Ther.* 2001, no 15, pp. 1139–1145.
22. Drakoularakou A., Tzortzis G., Rastall R.A., Gibson G.R. A double-blind, placebo-controlled, randomized human study assessing the capacity of a novel galacto-oligosaccharide mixture in reducing travellers' diarrhoea. *Eur. Journal Clinical Nutrition*, 2010, no 64, pp. 146–152.
23. Konikoff M.R., Denson L.A. Role of fecal calprotectin as a biomarker of intestinal inflammation in inflammatory bowel disease. *Inflamm. Bowel. Dis.* 2006, no 12, pp. 524–534.
24. Silk D.B., Davis A., Vulevic J., Tzortzis G., Gibson G.R. Clinical trial: The effects of a trans-galactooligosaccharide prebiotic on faecal microbiota and symptoms in irritable bowel syndrome. *Aliment. Pharmacol. Ther.* 2009, no 29, pp. 508–518.
25. Abrams S.A., Griffin I.J., Hawthorne K.M., Liang L., Gunn S.K., Darlington G., Ellis K.J. A combination of prebiotic short- and long-chain inulin-type fructans enhances calcium absorption and bone mineralization in young adolescents. *Am. Journal Clinical Nutrition*, 2005, no 82, pp. 471–476.
26. Martin B.R., Braan M.D., Wigertz K., Bryant R., Zhao Y., Lee W., Kempa-Steczko S., Weaver C.M. Fructo-oligosaccharides and calcium absorption and retention in adolescent girls *Journal Clinical Nutrition*, 2010, 29, 382–386.
27. Institute of Medicine. *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids*; National Academies Press: Washington, DC, USA, 2002.
28. Forcheron F., Beylot M. Long-term administration of inulin-type fructans has no significant lipid-lowering effect in normolipidemic humans. *Metabolism*, 2007, no 56, pp. 1093–1098.
29. Ley R.E., Backhed F., Turnbaugh P., Lozupone C.A., Knight R.D., Gordon J.I. Obesity alters gut microbial ecology. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2005, no 102, pp. 11070–11075.
30. Turnbaugh P.J., Hamady M., Yatsunencko T., Cantarel B.L., Duncan A., Ley R.E., Sogin M.L., Jones W.J., Roe B.A., Affourtit J.P., et al. A core gut microbiome in obese and lean twins. *Nature*, 2009, no 457, pp. 480–484.
31. Parnell J.A., Reimer R.A. Weight loss during oligofructose supplementation is associated with decreased ghrelin and increased peptide YY in overweight and obese adults. *Am. Journal Clinical Nutrition*, 2009, no 89, pp. 1751–1759.

32. Cani P.D., Lecourt E, Dewulf E.M., Sohet F.M., Pachikian B.D., Naslain D., De B.F., Neyrinck A.M., Delzenne N.M. Gut microbiota fermentation of prebiotics increases satietogenic and incretin gut peptide production with consequences for appetite sensation and glucose response after a meal. *Am. Journal Clinical Nutrition*, 2009, no 90, pp. 1236–1243.
33. Hess J.R., Birkett A.M., Thomas W., Slavin J.L. Effects of short-chain fructooligosaccharides on satiety responses in healthy men and women. *Appetite*, 2011, no 56, pp. 128–134.

Информация об авторах

Толчикова Анастасия Игоревна — аспирант отдела питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: otpit@tut.by

Журня Анна Александровна — научный сотрудник отдела питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: otpit@tut.by

Шилов Валерий Викентьевич — кандидат биологических наук, начальник отдела питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: valery.shilov@gmail.com

Information about authors

Tolchikova Anastasia Igorevna — PhD student of the nutrition department of RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., Minsk 220037, Belarus). E-mail: otpit@tut.by

Zhurnia Hanna Alexandrovna — research fellow of the nutrition department of RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., Minsk 220037, Belarus). E-mail: otpit@tut.by

Shylau Valery Vikentievich — Ph.D. (Biological), head of the nutrition department of RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., Minsk 220037, Belarus). E-mail: valery.shilov@gmail.com