УДК 664.7:612.67:579.61

ЗЕРНОВЫЕ ПРОДУКТЫ КАК ИНСТРУМЕНТ МОДУЛЯЦИИ МИКРОБИОТЫ КИШЕЧНИКА У ЛИЦ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА: БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ГЕРОДИЕТИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ

Музафарова Холида Мухсиновна
Бухарского государственного технического университета
Республики Узбекистана г. Бухара
E-mail: muzafarova.kholida.1985@gmail.com

Аннотация. В статье проанализированы современные научные данные о возрастных изменениях микробиоты кишечника и о роли зерновых продуктов в её коррекции у лиц пожилого возраста. Показано, что старение сопровождается снижением разнообразия микробного сообщества, уменьшением доли бактерий – продуцентов короткоцепочечных жирных кислот и развитием хронического низкоуровневого воспаления. Рассмотрены механизмы действия основных зерновых компонентов с пребиотическими свойствами – β-глюканов, арабиноксиланов, резистентного крахмала, фруктанов и полифенолов. Обоснованы биотехнологические подходы к созданию геродиетических зерновых продуктов: проращивание, ферментация закваскими молочнокислых бактерий, ферментативная модификация сырья и синбиотический подход. Сформулированы требования к геродиетическим зерновым продуктам с учётом физиологических особенностей пожилого организма и возможностей использования местного сырья Республики Узбекистан.

Ключевые слова: геродиетика, пожилой возраст, микробиота кишечника, пищевые волокна, пребиотики, цельное зерно, ферментация, короткоцепочечные жирные кислоты, функциональные продукты.

Annotation. The article reviews current scientific data on age-related changes in the gut microbiota and on the role of cereal products in modulating it in older adults. The mechanisms of action of the main prebiotic cereal components – β-glucans, arabinoxylans, resistant starch, fructans and polyphenols – are considered. Biotechnological approaches to developing gerodietetic cereal products are substantiated, including germination, sourdough fermentation with lactic acid bacteria, enzymatic modification of raw materials and a synbiotic approach. Requirements for gerodietetic cereal products are formulated with regard to the physiology of the ageing body and the use of local raw materials of Uzbekistan.

Keywords: gerodietetics, elderly, gut microbiota, dietary fibre, prebiotics, whole grain, fermentation, short-chain fatty acids, functional foods.

Annotatsiya. Maqolada ichak mikrobiotasining yoshga bog‘liq o‘zgarishlari va keksa yoshdagi odamlarda uni tuzatishda don mahsulotlarining roli haqidagi zamonaviy ilmiy ma’lumotlar tahlil qilingan. Qarish jarayoni mikroblar jamoasining xilma-xilligining pasayishi, qisqa zanjirli yog‘ kislotalari ishlab chiqaruvchi bakteriyalar ulushining kamayishi va surunkali past darajadagi yallig‘lanish rivojlanishi bilan kechishi ko‘rsatilgan. Prebiyotik xususiyatlarga ega bo‘lgan asosiy don komponentlari - b-glyukanlar, arabinoksilanlar, chidamli kraxmal, fruktanlar va polifenollarning ta’sir mexanizmlari ko‘rib chiqilgan. Gerodietik don mahsulotlarini yaratishda biotexnologik yondashuvlar asoslab berildi: unib chiqish, sut kislotasi bakteriyalari achitqilari bilan fermentatsiya qilish, xomashyoni fermentativ modifikatsiya qilish va sinbiotik yondashuv. Keksa organizmning fiziologik xususiyatlarini va O‘zbekiston Respublikasining mahalliy xomashyosidan foydalanish imkoniyatlarini hisobga olgan holda gerodietik don mahsulotlariga qo‘yiladigan talablar shakllantirildi.

Kalit so‘zlar: gerodietika, keksalik yoshi, ichak mikrobiotasi, oziq-ovqat tolalari, prebiyotiklar, butun don, fermentatsiya, qisqa zanjirli yog‘ kislotalari, funksional mahsulotlar.

ВВЕДЕНИЕ.

Увеличение доли лиц пожилого и старческого возраста в структуре населения является общемировой тенденцией, характерной и для Республики Узбекистан. В этих условиях сохранение здоровья, функциональной независимости и качества жизни пожилых людей становится одной из приоритетных задач здравоохранения и пищевой индустрии. Питание относится к ключевым модифицируемым факторам, определяющим скорость и характер возрастных изменений организма.

В последние десятилетия особое внимание исследователей привлекает кишечная микробиота – сложное сообщество микроорганизмов, которое рассматривается как самостоятельный «метаболический орган». Микробиота участвует в переваривании неперевариваемых компонентов пищи, синтезе витаминов, поддержании барьерной функции кишечника, регуляции иммунного ответа и обмена веществ, а также во взаимодействии кишечника и центральной нервной системы.

Исследования показали, что состав микробиоты у пожилых людей тесно связан с типом питания, местом проживания и показателями здоровья, в том числе со старческой астенией [1]. С возрастом снижается разнообразие микробного сообщества, уменьшается численность ряда комменсальных бактерий, в частности представителей семейств Lachnospiraceae и

ISSN 3030-3907

Ruminococcaceae и рода Bifidobacterium, и возрастает доля условно-патогенных микроорганизмов [2, 3]. Эти изменения сопряжены с хроническим низкоуровневым воспалением, получившим название inflammaging [4].

Зерновые продукты составляют основу рациона населения Узбекистана и являются главным источником пищевых волокон. Это делает их удобной технологической «платформой» для создания геродиетических продуктов с направленным действием на микробиоту кишечника. Вместе с тем большинство традиционных зерновых изделий вырабатывается из рафинированной муки и не учитывает физиологических особенностей пожилого организма.

Цель настоящей работы – обобщить современные данные о механизмах влияния зерновых компонентов на кишечную микробиоту пожилых людей и обосновать биотехнологические подходы к созданию геродиетических зерновых продуктов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Целью работы является изучение основных показателей пищевой ценности и лечебно-профилактических свойств зерновых продуктов для геродиетического питания.

Объекты исследования: зерновые продукты.

Объект сравнения – мука пшеничная высшего сорта хлебопекарного помола (O′z DSt 1115:2017).

Образцы зерновых продуктов измельчали (диспергировали) в лабораторной микромельнице ЛЗМ-1 до крупности диетической муки (сход с сита № 27 не более 2,0 %, проход сита № 38 – не менее 60,0 %).

Качество сырья анализировали по содержанию в нём основных нутриентов по современным общепринятым методикам.

Влажность – базовым ускоренным методом по ГОСТ 29144-91 «Зерно и зернопродукты. Определение влажности»; массовую долю белка – по ГОСТ Р 54390-2011 / ISO/TS 16634-2:2009; жиров – по ГОСТ 8756.21-89; углеводов – перманганатным методом по ГОСТ 8756.13; клетчатки (целлюлозы) – по методу Кюршнера и Ганека; пектиновых веществ – титриметрическим методом по ГОСТ 29059-91; общей золы – по ГОСТ 10847-2019 и O′zDSt ISO 763:2011. Минерально-витаминный состав и наличие антиоксидантов получены из соответствующих источников литературы.

Энергетическую ценность рассчитывали по методике, описанной в руководстве [17, с. 196–203].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.

ISSN 3030-3907

1. Возрастные изменения микробиоты кишечника. У пожилых людей микробиота становится менее стабильной и более индивидуально вариабельной, чем у лиц молодого и среднего возраста [3]. Причинами этого служат как собственно процессы старения, так и сопутствующие факторы: снижение потребления растительной пищи, ухудшение жевательной функции, изменение моторики кишечника, полипрагмазия, в том числе частый приём антибиотиков, снижение физической активности, а также проживание в учреждениях долговременного ухода [1, 5].

Наиболее значимым последствием этих изменений является уменьшение численности бактерий – продуцентов бутирата. Это ослабляет барьерную функцию кишечного эпителия, способствует повышению проницаемости кишечной стенки и проникновению бактериальных компонентов в кровоток, что поддерживает системное воспаление [4]. Хроническое воспаление, в свою очередь, рассматривается как общий патогенетический фактор многих возраст-ассоциированных заболеваний – атеросклероза, сахарного диабета 2 типа, саркопении и нейродегенеративных расстройств.

Принципиально важно, что микробиота пожилых людей сохраняет пластичность и способна изменяться под влиянием питания. В годичном интервенционном исследовании NU-AGE, проведённом в пяти европейских странах, средиземноморская диета, богатая растительными волокнами, повышала численность бактериальных таксонов, ассоциированных с меньшей выраженностью астении, лучшими когнитивными показателями и сниженным уровнем маркеров воспаления [6]. Эти данные подтверждают целесообразность диетической коррекции микробиоты в пожилом возрасте.

2. Механизмы действия зерновых компонентов на микробиоту. Основным механизмом влияния зерновых продуктов на микробиоту является ферментация неперевариваемых углеводов в толстой кишке. В ходе этого процесса образуются короткоцепочечные жирные кислоты (КЦЖК) – ацетат, пропионат и бутират [7]. Бутират служит основным источником энергии для колоноцитов, укрепляет плотные контакты кишечного эпителия и оказывает противовоспалительное действие. Пропионат участвует в регуляции глюконеогенеза в печени и чувства насыщения, а ацетат используется периферическими тканями как энергетический субстрат [7, 8].

Согласно консенсусу Международной научной ассоциации по пробиотикам и пребиотикам (ISAPP), пребиотиком считается субстрат, избирательно используемый микроорганизмами хозяина и приносящий пользу его здоровью [9]. Зерно содержит ряд компонентов, соответствующих этому определению или близких к нему.

ISSN 3030-3907

β-Глюканы овса и ячменя относятся к растворимым пищевым волокнам. Они образуют в кишечнике вязкие растворы, замедляют всасывание глюкозы и связывают желчные кислоты, что способствует снижению уровня холестерина и постпрандиальной гликемии. В толстой кишке β-глюканы ферментируются относительно быстро, стимулируя рост бифидобактерий и образование пропионата.

Арабиноксиланы являются основным некрахмальным полисахаридом оболочек пшеницы и ржи. Благодаря сложной разветвлённой структуре они ферментируются медленно и достигают дистальных отделов толстой кишки, где служат субстратом для бутират-продуцирующих бактерий. Продукты их частичного гидролиза – арабиноксилан-олигосахариды – обладают выраженным бифидогенным действием.

Резистентный крахмал не переваривается в тонкой кишке и ферментируется в толстой кишке с преимущественным образованием бутирата. Его содержание зависит от вида сырья и способа технологической обработки, в частности от режимов нагревания и охлаждения.

Фруктаны (инулин и фруктоолигосахариды), содержащиеся в пшенице и ячмене, обладают хорошо изученным бифидогенным эффектом [10]. Однако у чувствительных лиц они могут вызывать метеоризм, что необходимо учитывать при дозировании.

Полифенолы оболочек зерна, прежде всего феруловая кислота, находятся в связанной с волокнами форме и высвобождаются под действием ферментов микробиоты в толстой кишке, проявляя антиоксидантные и противовоспалительные свойства.

Клинические исследования подтверждают пребиотический эффект цельнозерновых продуктов. В двойном слепом плацебо-контролируемом перекрёстном исследовании завтрак на основе цельнозерновой пшеницы повышал численность бифидобактерий и лактобацилл по сравнению с продуктом из рафинированного зерна [11]. Потребление цельнозернового ячменя и коричневого риса сопровождалось увеличением микробного разнообразия и улучшением ряда иммунологических показателей [12]. Систематический обзор подтвердил, что интактные волокна зерна, включая пшеничные отруби, влияют на состав кишечной микробиоты здоровых взрослых [13].

3. Особенности пожилого организма, определяющие требования к продукту. Разработка геродиетического зернового продукта должна учитывать комплекс физиологических особенностей пожилого возраста:

1) снижение жевательной функции – необходима мягкая, легко пережёвываемая и легко глотаемая консистенция;

ISSN 3030-3907

2) замедление моторики кишечника и склонность к запорам – требуется достаточное содержание пищевых волокон при хорошей переносимости;

3) снижение толерантности к глюкозе – предпочтителен низкий гликемический индекс продукта;

4) риск саркопении – желательно повышенное содержание полноценного белка;

5) частый дефицит витаминов группы B, витамина D, кальция, железа и цинка – необходимо обогащение продукта или повышение биодоступности этих нутриентов;

6) риск метеоризма и дискомфорта при резком увеличении потребления волокон – необходим подбор оптимальной дозы и смеси волокон с разной скоростью ферментации.

Оптимальным решением является сочетание быстро ферментируемых волокон (β-глюканы, фруктаны), стимулирующих бифидобактерии в проксимальных отделах толстой кишки, и медленно ферментируемых (арабиноксиланы, резистентный крахмал), обеспечивающих образование бутирата в дистальных отделах. Такое сочетание расширяет спектр стимулируемых бактерий и снижает риск газообразования.

4. Биотехнологические подходы к созданию геродиетических зерновых продуктов.

Проращивание зерна. При проращивании активируются собственные ферменты зерна – амилазы, протеазы, фитазы, ксиланазы. В результате частично гидролизуются крахмал и белки, разрушаются фитаты, возрастает содержание свободных аминокислот, витаминов и доступных минеральных веществ. Пророщенное зерно легче усваивается и обладает более выраженным вкусом, что важно для пожилых людей со сниженной вкусовой чувствительностью.

Ферментация заквасками. Спонтанные и направленные закваски на основе молочнокислых бактерий и дрожжей снижают содержание фитиновой кислоты, повышают биодоступность минеральных веществ, снижают гликемический ответ, частично гидролизуют глютен и ферментируемые олигосахариды, а также образуют экзополисахариды с пребиотическими свойствами [14, 15]. Подбор штаммов, например Lactiplantibacillus plantarum, Limosilactobacillus fermentum, Levilactobacillus brevis, позволяет направленно формировать технологические и функциональные свойства продукта. Ферментация также улучшает органолептические показатели и продлевает срок хранения изделий.

Ферментативная модификация. Применение ферментных препаратов – ксиланаз, β-глюканаз и целлюлаз – позволяет перевести часть

ISSN 3030-3907

нерастворимых волокон отрубей в растворимые олигосахариды с пребиотической активностью. Одновременно смягчается текстура продукта и снижается ощущение «грубости» отрубей, что повышает приемлемость продукта для пожилых людей.

Синбиотический подход. Внесение пробиотических штаммов с доказанной эффективностью [16] в сочетании с зерновыми пребиотиками позволяет получать синбиотические продукты. Этот подход перспективен для продуктов, не подвергающихся высокотемпературной обработке после внесения пробиотиков: каш быстрого приготовления, хлопьев, зерновых напитков и десертов. Для продуктов с термической обработкой перспективно использование инактивированных клеток и метаболитов бактерий (постбиотиков).

Использование местного сырья. Для Узбекистана перспективными видами сырья являются ячмень и овёс как источники β-глюканов, сорго (жўхори) как источник полифенолов и медленно усваиваемого крахмала, цельнозерновая пшеничная мука и отруби как источники арабиноксиланов, а также бобовые – маш и нут – как источники белка и резистентного крахмала. Сочетание зерновых и бобовых улучшает аминокислотный состав продукта, восполняя недостаток лизина в зерновых. Использование местного сырья снижает себестоимость продукции и зависимость от импорта.

5. Оценка эффективности геродиетических продуктов. Для обоснования функциональных свойств разработанных продуктов рекомендуется комплексный подход. На первом этапе определяют химический состав продукта, в том числе содержание общих, растворимых и нерастворимых пищевых волокон, β-глюканов, белка и фитиновой кислоты. На втором этапе проводят исследования in vitro: оценивают рост пробиотических штаммов на субстрате продукта и проводят ферментацию продукта с фекальной микробиотой пожилых доноров с определением КЦЖК методом газовой хроматографии и изменений состава микробиоты методом секвенирования гена 16S рРНК. На заключительном этапе проводится клинико-диетологическая апробация с оценкой частоты и характера стула, показателей гликемии и липидного профиля, маркеров воспаления и качества жизни.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Возрастные изменения микробиоты кишечника – снижение разнообразия, уменьшение численности бутират-продуцирующих бактерий и бифидобактерий – вносят существенный вклад в развитие хронического воспаления и возраст-ассоциированных заболеваний. Вместе с тем

ISSN 3030-3907

микробиота пожилых людей сохраняет способность к диетической коррекции.

Зерновые продукты, содержащие β-глюканы, арабиноксиланы, резистентный крахмал, фруктаны и полифенолы, являются перспективной основой геродиетического питания. Сочетание волокон с разной скоростью ферментации позволяет поддерживать полезные бактерии на всём протяжении толстой кишки и улучшает переносимость продукта.

Проращивание, ферментация заквасками молочнокислых бактерий, ферментативная модификация и синбиотический подход позволяют повысить пребиотический потенциал зернового сырья, биодоступность нутриентов и адаптировать продукт к физиологии пожилого организма. Дальнейшие исследования будут направлены на разработку рецептур геродиетических зерновых продуктов из местного сырья и оценку их влияния на микробиоту кишечника в условиях in vitro и in vivo.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Claesson M.J., Jeffery I.B., Conde S. et al. Gut microbiota composition correlates with diet and health in the elderly // Nature. – 2012. – Vol. 488, № 7410. – P. 178–184.
2. Biagi E., Nylund L., Candela M. et al. Through ageing, and beyond: gut microbiota and inflammatory status in seniors and centenarians // PLoS ONE. – 2010. – Vol. 5, № 5. – e10667.
3. O'Toole P.W., Jeffery I.B. Gut microbiota and aging // Science. – 2015. – Vol. 350, № 6265. – P. 1214–1215.
4. Franceschi C., Garagnani P., Parini P. et al. Inflammaging: a new immune–metabolic viewpoint for age-related diseases // Nature Reviews Endocrinology. – 2018. – Vol. 14, № 10. – P. 576–590.
5. Salazar N., Valdés-Varela L., González S. et al. Nutrition and the gut microbiome in the elderly // Gut Microbes. – 2017. – Vol. 8, № 2. – P. 82–97.
6. Ghosh T.S., Rampelli S., Jeffery I.B. et al. Mediterranean diet intervention alters the gut microbiome in older people reducing frailty and improving health status: the NU-AGE 1-year dietary intervention across five European countries // Gut. – 2020. – Vol. 69, № 7. – P. 1218–1228.
7. Koh A., De Vadder F., Kovatcheva-Datchary P., Bäckhed F. From dietary fiber to host physiology: short-chain fatty acids as key bacterial metabolites // Cell. – 2016. – Vol. 165, № 6. – P. 1332–1345.
8. Makki K., Deehan E.C., Walter J., Bäckhed F. The impact of dietary fiber on gut microbiota in host health and disease // Cell Host & Microbe. – 2018. – Vol. 23, № 6. – P. 705–715.

ISSN 3030-3907

9. Gibson G.R., Hutkins R., Sanders M.E. et al. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics // Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology. – 2017. – Vol. 14, № 8. – P. 491–502.
10. Wilson B., Whelan K. Prebiotic inulin-type fructans and galacto-oligosaccharides: definition, specificity, function, and application in gastrointestinal disorders // Journal of Gastroenterology and Hepatology. – 2017. – Vol. 32, Suppl. 1. – P. 64–68.
11. Costabile A., Klinder A., Fava F. et al. Whole-grain wheat breakfast cereal has a prebiotic effect on the human gut microbiota: a double-blind, placebo-controlled, crossover study // British Journal of Nutrition. – 2008. – Vol. 99, № 1. – P. 110–120.
12. Martínez I., Lattimer J.M., Hubach K.L. et al. Gut microbiome composition is linked to whole grain-induced immunological improvements // The ISME Journal. – 2013. – Vol. 7, № 2. – P. 269–280.
13. Jefferson A., Adolphus K. The effects of intact cereal grain fibers, including wheat bran on the gut microbiota composition of healthy adults: a systematic review // Frontiers in Nutrition. – 2019. – Vol. 6. – P. 33.
14. Poutanen K., Flander L., Katina K. Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective // Food Microbiology. – 2009. – Vol. 26, № 7. – P. 693–699.
15. Gänzle M.G. Enzymatic and bacterial conversions during sourdough fermentation // Food Microbiology. – 2014. – Vol. 37. – P. 2–10.
16. Hill C., Guarner F., Reid G. et al. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic // Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology. – 2014. – Vol. 11, № 8. – P. 506–514.
17. Пашук З.Н., Апет Т.К., Апет И.И. Технология производства хлебобулочных изделий. – СПб.: ГИОРД, 2009. – 400 с.

ISSN 3030-3907