



Пребиотические свойства альгинатсодержащих продуктов переработки водорослей

Н.М. Аминина, Е.Л. Конева, Е.В. Якуш

Тихоокеанский научно-исследовательский
рыбохозяйственный центр

Актуальность

Создание и использование пребиотиков на основе альгинатсодержащих продуктов переработки бурых водорослей может стать эффективным направлением в профилактике и лечении широко распространенных дисбактериозов.

Новизна

Установлена пребиотическая активность альгинатсодержащих продуктов из водорослей в отношении *Bifidobacterium bifidum in vitro*. Доказано действие биогеля из водорослей на процессы кисло-молочного брожения. Обнаружено положительное влияние пробиотиков, содержащих биогель из водорослей, на микробный статус желудочно-кишечного тракта.

Практическое применение

Продукты переработки водорослей могут применяться как стимуляторы роста в биотехнологии пробиотиков, а также для производства функциональных продуктов питания.

Ключевые слова

Водоросли, биогель из бурых водорослей, альгинат натрия, пребиотики, пробиотики, бифидогенная активность, дисбактериоз, бифидобактерии, лактобактерии, биотехнология, фукоидан.

По данным РАМН, почти 90% населения РФ в той или иной степени страдает дисбактериозами. Причиной дисбактериоза является целый комплекс неблагоприятных внешних воздействий: прием антибиотиков, различные соматические инфекционные заболевания, стрессовые ситуации, большие физические нагрузки, неблагоприятная экологическая обстановка, социальные факторы, возраст и т.д. [1]. Массовое выявление дисбактериоза делает актуальным поиск и расширение средств восстановительной бактериальной терапии.

Поддержание нормофлоры кишечника в физиологическом состоянии или ее коррекция может осуществляться за счет

пробиотиков – живых микроорганизмов, или ферментированных ими продуктов. В первую очередь это фармацевтические формы биологических препаратов и биологически активные добавки к пище (БАД); во-вторых, натуральные пищевые продукты, полученные биотехнологическим способом с использованием различных микроорганизмов, чаще всего бифидо- и лактобактерий. Бифидобактерии – одни из преобладающих представителей нормальной микрофлоры желудочно-кишечного тракта человека [2]. Они играют важную роль в защите организма человека от колонизации патогенными и условно-патогенными микроорганизмами, в поддержании его нормального иммунного статуса, а также оптимизируют процессы пищеварения [3, 4]. Положительное воздействие бифидобактерий

на пищеварение обусловлено их способностью утилизировать моно- и дисахариды, а также комплексные углеводы, которые обычно не перевариваются в тонком кишечнике [5–7]. На этом основано использование в медицине и биотехнологии пребиотиков – стимуляторов пробиотиков. Под пребиотиками понимают частично или полностью неперевариваемые компоненты пищи, которые избирательно стимулируют рост и/или метаболизм одной или нескольких групп микроорганизмов, обитающих в толстой кишке и обеспечивающих нормальный состав кишечного микробиоценоза [3, 8, 9].

Чаще всего к пребиотикам относят волокноподобные неперевариваемые олигосахариды (НПО) с 2–10 остатками моносахаров в молекуле. В последние годы к пребиотикам относят также полисахариды и пищевые волокна, которые тем не менее не отвечают установленным критериям [9]. В наибольшей степени этим критериям удовлетворяют только фруктоолигосахариды, трансгалактоолигосахариды и лактулоза [9]. Однако следует признать, что такой подход неоправданно сужает спектр пребиотических субстанций и не может в полной мере объяснить широкий диапазон клинических эффектов собственно пребиотической терапии, связанной с применением иных натуральных пребиотических веществ и комплексов. Таким образом, следует признать, что ясности и однозначности в концепции пробиотиков в настоящее время нет.

По мнению большинства исследователей, пребиотическими свойствами обладает довольно широкий спектр веществ: олигосахариды (лактолоза, галакто-, фрукто-, изомальтоолигосахариды), полисахариды (пектины, декстрин, инулин и др.), моносахариды и спирты, пептиды, отдельные витамины и их производные (пантотеновая кислота, β -каротин), растительные и микробные экстракты и т.д. [3, 7, 10].

Большинство исследований, связанных с пребиотиками, были проведены с использованием неперевариваемых волокноподобных олигосахаридов (НПО), в частности инулина, производных фрукто- (ФОС), галактоолигосахаридов (ГОС). Резистентность ФОС и ГОС к действию ферментов верхних отделов ЖКТ позволяет указанным веществам достигать толстой кишки в неизменном виде [11]. Здесь они расщепляются интестинальной микрофлорой, в основном бифидобактериями, и служат для них факторами роста. Патогенные микроорганизмы не вырабатывают ферментов, способных расщеплять НПО. Волокноподобным неперевариваемым олигосахаридам присуще множество полезных свойств: благоприятное влияние на процессы брожения в кишечнике, всасывание минеральных веществ, регуляция жирового обмена, выведение желчных кислот и др. [12]. Несмотря на положительные свойства вышеперечисленных веществ, в научной литературе имеются сведения о недостатках их использования. В частности, отмечено, что чрезмерное употребление ФОС и ГОС может вызывать метеоризм, колики, вздутие живота и боли [10].

Большое внимание уделяется применению пробиотиков растительного происхождения. Показано, что внесение рисовой и овсяной муки увеличивает численность клеток пробиотической микрофлоры, а также их жизнеспособность в процессе хранения [13, 14]. Субстратом, стимулирующим размножение бифидобактерий, является

экстракт сои (соевое молоко). В его состав входят олигосахариды – стахиоза и раффиноза, обладающие выраженными бифидогенными свойствами. По данным некоторых ученых, соевый олигосахарид, по сравнению с другими олигосахаридами, в три раза интенсивнее влияет на пролиферацию бифидобактерий [15].

В научной литературе опубликованы результаты исследований, которые позволяют судить о перспективности использования продуктов переработки водорослей в качестве пребиотиков. Например, имеются подтверждения бифидогенных свойств олигосахаридов альгината натрия (ОА), полученных из бурых водорослей [16]. Показано, что в малых концентрациях (порядка 0,04%) ОА проявляют бифидогенные свойства, сравнимые с действием лактосахарозы и ГОС. Увеличение концентрации ОА до 0,4% приводит к усилению стимулирующего эффекта [17]. Кроме того, использование ОА лишено ряда недостатков, присущих ФОС. Например, ОА не вызывают побочных эффектов, таких как вздутие живота и отрыжки.

Помимо пребиотического действия ОА обладают антимикробной активностью в отношении синегнойной палочки (*Pseudomonas aeruginosa*), применяются при комплексном лечении муковисцидоза, повышают иммунитет [18]. Показано, что ОА стимулируют накопление фитоалексинов – низкомолекулярных антибиотических веществ, которые образуются в результате ответной реакции на контакт с патогеном [19].

Расширяются исследования по использованию продуктов переработки водорослей в производстве кисло-молочных продуктов. По сравнению с использованием синтезированных и очищенных пробиотиков применение продуктов переработки бурых водорослей можно считать наиболее перспективным из-за практически неограниченной сырьевой базы и большого видового разнообразия. Кроме того, требуется меньше затрат для их производства, которое является экологически чистым и безопасным.

В научной литературе встречается информация о применении морской капусты, а также биогеля из бурых водорослей в качестве йодсодержащей добавки для производства пробиотических продуктов на основе молочнокислых бактерий (йогурт, кефир, творог) [20–22]. Однако значительного влияния этих продуктов на рост и размножение микроорганизмов *in vitro* обнаружено не было. С другой стороны, авторы указывают на то, что время образования сгустка в присутствии биогеля из водорослей в среднем на 1–2 ч меньше, чем без него [21]. В работе Ж.П. Павловой показано, что добавление биологически активной добавки «Фуколам», состоящей из фукоидана (70%) и альгината натрия (30%), в кисло-молочный бифидумбактерин не оказывает влияния на рост и выживаемость бифидобактерий [23].

В то же время в научных публикациях имеются сведения о пребиотической активности биогеля из бурых водорослей *in vivo* [24]. Было установлено, что употребление биогеля из морской капусты способствует увеличению количества бифидобактерий в кишечнике человека, тогда как численность факультативных бактерий, таких как стафилококк (*Staphylococcus aureus*), грибы рода *Candida* и других, подав-

ляется [24]. Это послужило основой для дальнейших исследований пребиотических свойств продукции из водорослей *in vitro* и *in vivo* [25]. Специалистами ТИНРО-Центра доказано, что биогель активизирует развитие *Bifidobacterium bifidum in vitro* и увеличивает их ферментативную активность. За 24 ч культивирования количество бактериальных клеток в образце с биогелем превышало контрольное значение (без биогеля) в 100 раз.

Исследования показали, что биогель используется бифидобактериями как дополнительный источник питания. Известно, что углеводы (моно-, олиго- и полисахариды) – наиболее важные компоненты питания бифидобактерий [7, 26]. В биогеле из бурых водорослей основной компонент (альгинат натрия) содержится в количестве не менее 35%. В ходе экспериментов было доказано, что *B. bifidum* может использовать альгинат натрия в качестве единственного источника углерода. Однако для роста бифидобактерий требуются и другие биогены – углерод, азот, фосфор, микроэлементы [26]. В связи с этим очевидно, что биогель – более благоприятный питательный субстрат для бифидобактерий, чем альгинат натрия. Так, через 24 ч культивирования численность бифидобактерий в среде, содержащей биогель, была на порядок выше, чем в среде с альгинатом натрия.

Таким образом, альгинатсодержащие продукты из водорослей могут применяться как стимуляторы роста в биотехнологии пробиотиков. Установленные пребиотические свойства альгинатсодержащей продукции переработки

водорослей позволяют использовать ее для производства функциональных продуктов питания. Было выявлено, что применение биогеля из водорослей в процессе получения молочно-кислых изделий сокращает время сквашивания в 2,5–3 раза, улучшает их структурно-механические свойства, повышает жизнеспособность бифидобактерий. За счет увеличения жизнеспособности бифидобактерий и замедления процессов их гибели удалось сохранить высокий титр бифидобактерий в продукте (10^9 кл./мл) в течение 15 сут.

Доказано, что пробиотики оказывают более сильный эффект на микрофлору кишечника в случае их использования совместно с биогелем из водорослей [25]. Это потенциально улучшает выживаемость и приживаемость пробиотиков в кишечнике, избирательно стимулируя рост и активацию их метаболизма. Исследованные комплексы эффективно влияют на микробиоценоз кишечника за счет более высокой колониеобразующей активности бифидо- и лактобактерий в присутствии биогеля.

Установленные пребиотические свойства альгинатсодержащих продуктов из водорослей стимулируют развитие нового направления в производстве пробиотических продуктов питания, сочетающих полезные свойства морских водорослей и живых микроорганизмов. Кисло-молочные продукты, полученные с использованием альгината или биогеля из водорослей, могут считаться эффективным способом немедикаментозного восстановления микробного статуса и здоровья человека в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреева И.В. Потенциальные возможности применения пробиотиков в клинической практике // Клини. микробиол. антимикроб. химиотер. – 2006. – Т. 8. – № 2. – С. 151–172.
2. Biavati B., Vescovo M., Torriana S., Bottazzi V. Bifidobacteria: history, ecology, physiology and applications // Annals of Microbiology. – 2000. – Vol. 50. – P. 117–131.
3. Шендеров Б.А. Медицинская микробная экология и функциональное питание. Пробиотики и функциональное питание. – М.: Грантъ, 2001. – Т. 3. – 288 с.
4. Reyed M. The role of *Bifidobacteria* in health research // Journal of Medicine and Medical Sciences. – 2007. – Vol. 2. – № 1. – P. 14–24.
5. Biavati B., Matarrelli P. The family Bifidobacteriaceae // Ed. by Dworkin. The prokaryotes. New York. 2006. – Vol. 3. – P. 322–359.
6. Amaretti A., Bernardi T., Tamburini E., Zanoni S., Lomma M., Matteuzzi D., Rossi M. Kinetics and metabolism of *Bifidobacterium adolescentis* MB 239 growing on glucose, galactose, lactose and galactooligosaccharides. // Applied and environmental microbiology. – 2007. – Vol. 73. – № 11. – P. 3637–3644.
7. Goderska K., Nowak J., Czarnecki Z. Comparison of the growth of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium Bifidum* species in media supplement with selected saccharides including prebiotics // Acta. Sci. Pol., Technol. Aliment. – 2008. – Vol. 7 – № 2. – P. 5–20.
8. Gibson G.R., Roberfroid M.B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics // J. Nutr. – 1995. – Vol. 125. – P. 1401–1412.
9. Roberfroid M. Prebiotics: the concept revisited // The Journal of Nutrition. – 2007. – № 137. – P. 830–837.
10. Macfarlane G.T., Steed H., Macfarlane S. Bacterial metabolism and health-related effects of galacto-oligosaccharides and other prebiotics. // Journal of Applied Microbiology. – 2008. – № 104. – P. 305–344.
11. Bakker-Zierikzee Astrid M., Alles Martine S., Knol Jan, Kok Frans J., Tolboom, Jules J.M., Bindels, Jacques G. Effects of infant formula containing a mixture of galacto- and fructo-oligosaccharides or viable *Bifidobacterium animalis* on the intestinal microflora during the first 4 months of life // British Journal of Nutrition. – 2005. – Vol. 94. – № 5. – P. 783–790.
12. Vos A.P., Rabet L.M., Stahl B., Boehm G., Garssen J. Иммуномодулирующие свойства и возможные механизмы действия неперевариваемых углеводов / Под ред. Е.С. Киселевой // Педиатрия. – 2008. – Т. 87. – № 3. – С. 112–127.
13. Ганина В.И., Калинина Л.В., Терешина Е.Н., Перминов С.И. Кисло-молочный синбиотический напиток // Молочная промышленность. – 2008. – № 10. – 85 с.
14. Пасько О.В. Новые пробиотические молокосодержащие продукты // Молочная промышленность. – 2008. – № 10. – С. 81–82.
15. Hayakawa K., Mizutani J., Wada K. Effects of soybean oligosaccharides on human faecal microflora // Microb. Ecol. Health Dis. – 1990. – Vol. 3. – P. 293–303.
16. Wang Y., Han F., Hu B., Li J., Yu W. In vivo prebiotic properties of alginate oligosaccharides prepared through enzymatic hydrolysis of alginate // Nutrition research. – 2006. – Vol. 26. – I. 11. – P. 597–603.
17. Akiyama H., Endo T., Nakakita R., Murata K., Yonemoto Y., Okayama K. Effect of depolymerized alginates on the growth of *Bifidobacteria* // Biosci. Biotechnol. Biochem. – 1992. – Vol. 56. – P. 355–356.
18. Wong T., Preston L., Schiller N. Alginate lyase: Review of major. Sources and enzyme characteristics, structure-function analysis, biological roles and applications // Annu. Rev. Microbiol. – 2000. – № 54. – P. 289–340.
19. An Q.D., Zhang G.L., Wu H.T., Zhang Z.C., Zheng G.S., Luan L., Murata Y., Li X. Alginate-deriving oligosaccharide production by alginase from newly isolated *Flavobacterium* sp. LXA and its potential application in protection against pathogens // J. Appl Microbiol. – 2009. – Vol. 106. – I. 1. – P. 161–170.
20. Коваль П.В., Шульгин Ю.П., Лаженцева Л.Ю., Каленик Т.К. Получение творога, обогащенного йодом // Рыбная промышленность. – 2005. – № 2. – С. 48–49.
21. Коваль П.В., Шульгин Ю.П., Лаженцева Л.Ю. и др. Использование Ламиналя в технологии йодсодержащих кисло-молочных продуктов // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2006. – № 1. – С. 43–44.
22. Загородная Г.И., Шульгин Ю.П., Шмакова С.И. и др. Пробиотический продукт с йодом на основе ламинарии // Рыбная промышленность. – 2005. – № 2. – С. 46–47.
23. Павлова Ж.П., Федянина Л.Н., Каленик Т.К. и др. «Бифидофукус» – кисло-молочный бифидумбактерин // Молочная промышленность. – 2009. – № 3. – 62 с.
24. Аминина Н.М. Лечебно-профилактический продукт «Ламиналь – биогель из морских водорослей». – Владивосток: ТИНРО, 2006. – 34 с.
25. Аминина Н.М., Конева Е.Л., Бузалева Л.С. и др. Действие биогеля из морских водорослей на облигатную микрофлору кишечника // Здоровье. Медицинская экология. Наука. – 2009. – № 4–5 (39–40). – С. 20–23.
26. Bezkorovainy A., Miller-Catchpole R. Biochemistry and physiology of *Bifidobacteria*. Boca-Raton, FL: CRC Press, 1989. – 213 p.