

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОСТАВКИ ПРОБИОТИЧЕСКИХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Многие исследования подчеркивают критическую важность нормобиоты кишечника для поддержания здоровья и благополучия человека. В частности, количество, тип и взаимодействие различных видов нормобиоты толстого кишечника человека связаны с различными хроническими и острыми заболеваниями [1, 2]. Актуальным вопросом в настоящее время является определение характеристик микробиома кишечника, связанных с определенными состояниями здоровья. Конечная цель - использовать эту информацию для манипулирования составом микробиома человека, чтобы способствовать его здоровью. Многочисленные стратегии были разработаны для манипулирования составом и структурой микробиоты кишечника. Фекальная трансплантация микробиоты - эффективный метод лечения людей с инфекцией *Clostridium difficile*, воспалительным заболеванием кишечника и некоторыми другими желудочно-кишечными заболеваниями [2].

Однако фекальная трансплантация микробиоты не является удобным методом для массового использования, и следовательно актуальным вопросом биотехнологии остаётся поиск альтернативных подходов к управлению микробиотой кишечника, включая пероральную доставку пре-, про-, син-, пара, постбиотиков, а также иммуно- и психобиотиков и т.д., в том числе продуктов функционального питания, обогащенных пробиотическими микроорганизмами [3].

Однако есть некоторые опасения, что многие коммерческие пробиотические продукты неэффективны, поскольку полезные бактерии, входящие в их состав, не выживают при процессинге пищевых продуктов, хранении, и прохождении через верхние отделы желудочно-кишечного тракта (ЖКТ). Более того, даже если они достигают толстой кишки, они не могут закрепиться как часть кишечного микробиома и могут просто транзитно выйти вместе с каловыми массами.

Доказано, что жизнеспособность пробиотиков можно улучшить, заключая их в микрогели или другие типы микрокапсул [4, 5].

Системы доставки пробиотических микроорганизмов для улучшения их жизнеспособности могут быть разработаны разными способами:

1) могут формировать физический барьер, защищающий пробиотики от любых проблемных компонентов окружающей среды (желудочные кислоты, соли желчных кислот, пищеварительные ферменты);

2) могут быть разработаны для совместного капсулирования пробиотиков со специфическими питательными веществами (легкоусвояемые углеводы, пищевые волокна, белки, липиды, минералы), которые помогают пробиотическим микроорганизмам выжить;

3) могут содержать добавки, которые обеспечивают благоприятный местный климат (антациды для контроля местного pH) для пробиотических микроорганизмов.

4) микрочастицы могут содержать помимо пробиотических микроорганизмов также секретлируемые ими продукты, способствующие их выживанию. Например, некоторые пробиотические микроорганизмы выделяют ферменты, гидролизующие соли желчных кислот, которые защищают пробиотики от желчных солей в тонком кишечнике [1-5].

Немаловажен выбор технологии инкапсуляции. Основными методами для совместной инкапсуляции пробиотиков с биоактивными веществами в едином формате доставки являются: спрей сушка, сублимационная сушка, охлаждение распылением, эмульгирование, экструзия, и коацервация.

Микрокапсулирование – это процесс, при котором мельчайшие частицы жидкого или твердого ингредиента «упаковываются» в материал, защищающий их от воздействия окружающей среды. Микрокапсулы – миниатюрный контейнер, защищающий содержимое от испарения, окисления и разрушения до его высвобождения.

Микрокапсулирование имеет ряд преимуществ: позволяет замедлять высвобождение действующего начала, что приводит к пролонгированию действия препарата, его экономии, более

эффективному использованию. Микрокапсулы позволяют осуществлять запрограммированное высвобождение в определенных условиях.

Выводы. Высокий интерес к важности нормобиоты кишечника для обеспечения здоровья человека привел к необходимости разработки систем пероральной доставки для инкапсулирования, защиты и доставки пробиотических микроорганизмов в толстый кишечник. Важной задачей современной биотехнологии является минимизировать затраты на технологию инкапсулирования пробиотических микроорганизмов. Стоимость может сильно различаться в зависимости от используемой технологии и объема продукта. Однако именно у технологии инкапсулирования пробиотических микроорганизмов большой потенциал в будущем для создания функциональных продуктов питания, обогащенных пробиотическими микроорганизмами, а также пребиотиками – как факторами роста нормобиоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yao M., Xie J., Du H., McClements D.J., Xiao H., Li L. Progress in microencapsulation of probiotics: A review// *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 2020, Vol. 19, P. 857–874. DOI: 10.1111/1541-4337.12532.
2. Browne, A. S., Kelly, C. R. Fecal transplant in inflammatory bowel disease. *Gastroenterology Clinics of North America*, 2017, 46(4), P. 825–837. DOI: 10.1016/j.gtc.2017.08.005.
3. Starovoitova S.A. Probiotics as a remedy against stress // *Eurasian Journal of Applied Biotechnology*, 2018, №2, С. 1 - 11. DOI: 10.11134/btp.2.2018.1.
4. Yao, M., Li, B., Ye, H., Huang, W., Luo, Q., Xiao, H., Li, L. Enhanced viability of probiotics (*Pediococcus pentosaceus* Li05) by encapsulation in microgels doped with inorganic nanoparticles // *Food Hydrocolloids*, 2018, 83, P. 246–252. DOI:10.1016/j.foodhyd.2018.05.024.
5. Moreno J.S., Dima P., Chronakis I.S., Mendes A.C. Electrospayed ethyl cellulose core-shell microcapsules for the encapsulation of probiotics // *Pharmaceutics*, 2022, Vol. 14, P. 1-11. DOI:10.3390/pharmaceutics14010007.

Старовойтова С.А.

Современные технологии доставки пробиотических микроорганизмов