

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ЭКЗОПОЛИСАХАРИДОВ БАКТЕРИЙ РОДА *LACTOBACILLUS*

Курбонова М.К.

Научный руководитель – доцент, кандидат технических наук Бараненко Д.А.
Национальный исследовательский университет ИТМО, г. Санкт-Петербург

Экзополисахариды (ЭПС), а также другие биоактивные вещества молочнокислых бактерий (МКБ) привлекают все больше внимания из-за своей специфической структуры и функций, например толерантности к стресс-повреждениям желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), адгезии к слизистой оболочке кишечника, ингибирования патогенов и модуляции иммунной системы. В данной работе обобщены недавние достижения по исследованию состава, антиоксидантной активности, колонизации и влиянию на иммунитет ЭПС *Lactobacillus spp.*, с целью выявления тенденций в развитии ЭПС МКБ.

За последнее время отмечается прогресс в раскрытии полезного влияния МКБ (*Lactobacillus plantarum*, *L. rhamnosus*, *Bifidobacterium spp.* и др.) в отношении некоторых метаболитических веществ (ЭПС, бактериоцинов, биоактивных пептидов и т.д.). Традиционно это было продление срока годности пищевых продуктов, улучшение вкуса и положительное влияние на здоровье человека, это приписывалось выделению органической кислоты, например уксусной, молочной, пропионовой, масляной кислоты и других, а также изменение рН или окислительно-восстановительного потенциала, а также антагонистического эффекта МКБ против патогенных микроорганизмов. Как один из популярных видов МКБ в ферментированных молочных продуктах, закваске, соленьях и ферментированных колбасах, *Lactobacillus spp.* было доказано, что они улучшают баланс флоры человека и животных, укрепляют иммунитет и уменьшают симптомы гипертонии. Недавно накопленные данные о воздействии на здоровье *Lactobacillus spp.* были связаны с ЭПС, бактериоцинами и биоактивными пептидами.

Пробиотическая функция *Lactobacillus spp.* имеет непосредственное отношение к составу и структуре этих ЭПС. Разные штаммы *Lactobacillus spp.* имеют свой уникальный путь синтеза ЭПС из-за условий выживания, связанных с использованием различных углеводов, например глюкозы, сахарозы, галактозы, лактозы и т. д. Различные штаммы даже у одного и того же вида имели разный состав и структуру ЭПС. К примеру, ЭПС *L. plantarum* YW32 в одном исследовании состоял из маннозы, фруктозы, галактозы и глюкозы в приблизительном молярном соотношении 8.2: 1: 4.1: 4.2, тогда как у *L. plantarum* ZDY2013 состоял только из ксилозы и галактозы, причем галактоза составляла 98.3%. Некоторые виды *Lactobacillus spp.* могут произвести два и более ЭПС. Например, ЭПС фракции S1 из *L. rhamnosus* KF5 состоял из глюкозы, арабинозы, глюкозамина, галактозамина и галактозы в приблизительном молярном соотношении 2.03: 1.29: 1.25: 0.72: 0.61, а другая фракция S2 содержала рамнозу, глюкозу и галактозу в молярное соотношение примерно 1.73: 1.47: 1.00. Есть некоторые разногласия о формировании ЭПС в разных средах. Обычно считалось, что условия культивирования или некоторые другие факторы (рН, температура, время инкубации, состав среды и т. д.) значительно влияют на выход и состав ЭПС *Lactobacillus spp.* Однако, в нескольких работах были получены данные, что выход ЭПС *Lactobacillus* редко зависит от этих факторов.

Антиоксидантная активность ЭПС *Lactobacillus spp.* in vitro в основном оценивали по улавливанию радикалов 1,1-дифенил-2-пикрилгидразида (DPPH), улавливанию гидроксильных радикалов и улавливанию супероксидных радикалов ЭПС. Состав ЭПС определялся по разнице антиоксидантной активности. Например, ЭПС *L. plantarum* YW32 в дозе 5 мг/мл продемонстрировал сильную способность улавливать гидроксильные (77.5%) и супероксидные радикалы (66.5%), но низкую скорость улавливания радикалов DPPH (30%). В параллельном исследовании ЭПС из *L. plantarum* ZDY2013 в дозе 2 мг/мл показал более

низкую скорость удаления DPPH (менее 5.06%) и супероксидных радикалов (47.95%). Однако модифицированный сульфированием ЭПС увеличивал его антиоксидантную активность почти в четыре раза. Сульфирование ЭПС усиливало антиоксидантную активность не только *in vitro*, но и на модели клеток Caco-2. Сообщалось, что модификация карбоксиметилированием может также увеличивать потенциал полисахарида как ингибитора окисления *in vitro*.

Помимо антиоксидантной способности, ЭПС МКБ могут играть важную роль в улучшении выживаемости клеток в ЖКТ. Обнаружено, что глюканы из *Pediococcus parvulus* улучшают стрессоустойчивость и колонизацию *L. plantarum* WCFS1 в эпителиальных клетках кишечника человека; в другой работе ученые предположили, что ЭПС *Lactobacillus spp.* может препятствовать специфическим факторам адгезии на поверхности бактериальных клеток, уменьшая адгезию к эпителиальным клеткам кишечника. В нескольких работах получены данные о том, что ЭПС в качестве пребиотических веществ помогают колонизации *Lactobacillus spp.* как в аборигенной флоре. Что касается воздействия ЭПС на иммунитет, некоторые исследования показали, что ЭПС обладает иммуномодулирующими свойствами *in vitro* и *in vivo*. В модели клеток Caco-2 четыре связанных с иммунитетом гена, интерлейкин-1 α (IL-1 α), хемокин (CC мотив) лиганд 2 (CCL2), фактор некроза опухоли α (TNF α) и пентраксин-3 (PTX3), стимулировались ЭПС (*L. acidophilus* NCFM).

Кластер генов, управляющий синтезом ЭПС вместе с внешними факторами, определяет структуру и состав ЭПС МКБ и имеет решающее значение антиоксидантной активности. ЭПС могут помочь МКБ или другим пробиотикам колонизировать в ЖКТ, защищая клетки или используя в качестве субстратов для других полезных микроорганизмов, и, следовательно, влияя на иммунитет.

Курбонова М.К. (автор)

Подпись

Бараненко Д.А. (научный руководитель)

Подпись