

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕНОГРАФИИ



X международная научно-практическая конференция
молодых учёных специалистов

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

10-11 ноября 2022 года

г. Москва

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Всероссийский научно-исследовательский институт

рыбного хозяйства и океанографии»

(ФГБНУ «ВНИРО»)

X международная научно-практическая конференция молодых учёных

и специалистов

**СОВРЕМЕННЫЕ
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА**

10-11 ноября 2022 года, г. Москва

Москва

Издательство ВНИРО

2022

Рецензенты:

Буяновский А.И., д.б.н., главный научный сотрудник отдела гидробионтов прибрежных экосистем ФГБНУ «ВНИРО»;

Микодина Е.В., д.б.н., профессор МГУТУ им. К.Г. Разумовского;

Симдянов Т.Г., к.б.н., доцент кафедры зоологии беспозвоночных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

С56 **Современные** проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса: материалы X международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов / Под ред. И.И. Гордеева, А.С. Сафронова, А.А. Смирнова, К.К. Киввы, О.В. Воробьевой, Л.О. Архипова, О.А. Мазниковой, Е.В. Лаврухиной, А.А. Сумкиной – М.: Изд-во ВНИРО, 2022. – 416 с.

Логотип конференции – Мария Норкина. Оформление обложки – И.И. Гордеев.

Бактериальные заквасочные культуры – основа для разработки пробиотических рыбных продуктов

Е.В. Лаврухина, Н.Ю. Зарубин, О.В. Бредихина, А.И. Гриневич

ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва

E-mail: zar.nickita@yandex.ru

Аннотация. В пищевой биотехнологии особое внимание уделяется биотрансформации перспективными штаммами бактериальных заквасочных культур для получения пищевой продукции с улучшенными качественными характеристиками и функциональной направленностью. Биотрансформация с использованием бактериальных заквасочных культур может быть способом повышения сроков годности рыбной продукции, улучшения ее органолептических свойств и повышения питательной ценности за счет образования метаболитов их жизнедеятельности, являющихся основным фактором биоконсервирования и синтеза витаминов и других биологически активных веществ. Пробиотические свойства бактериальных заквасочных культур оказывают существенное влияние на оптимизацию микробиологического статуса пищеварительного тракта человека, что способствует стимулированию иммунной системы и поддержанию здорового образа жизни. Использование промышленно ценных штаммов биозащитных пробиотических микроорганизмов является перспективным биотехнологическим направлением. Эта тенденция связана с интересом населения РФ к продукции с пробиотической направленностью.

Ключевые слова: бактериальные заквасочные культуры, микроорганизмы, биотрансформация, рыба, пробиотики, биоконсервирование, пищевая биотехнология

Немаловажным аспектом технологии переработки рыбного сырья является разработка функциональных пищевых продуктов различной направленности с использованием современных методов биотехнологической обработки, в частности ферментов и микроорганизмов. Наиболее мягким способом деструкции белковых структур рыбного сырья является его биотрансформация с помощью промышленно ценных штаммов биозащитных пробиотических микроорганизмов, к которым относятся бактериальные заквасочные культуры (БЗК) (Журавлева и др., 2018). Биотрансформация с использованием БЗК имеет много преимуществ и может выступать в качестве способа повышения сроков годности рыбной продукции, улучшения ее органолептических свойств и повышения питательной ценности за счет образования метаболитов (молочная, уксусная, пропионовая кислоты), являющихся основным фактором биоконсервирования. При этом механизм биоконсервирования состоит в инокуляции пищевых продуктов БЗК или их метаболитами, отобранными по их бактерицидным, антиоксидантным, антагонистическим свойствам, и может быть эффективным способом индуцирования гибели патогенных бактериальных и грибковых колоний, вызывающих порчу продукта, без ухудшения питательных качеств сырья и пищевой продукции (Рогов, 2006; Hasan, 2019; Sidhu, 2021). В связи с этим БЗК в технологиях рыбной продукции, возможно применять в качестве защитных культур.

Следует отметить, что активные формы бактериальных заквасочных культур способствуют снижению содержания токсичных элементов, а также биохимическим изменениям свойств сырья, что приводит к накоплению белковых и эссенциальных веществ, способных поддерживать функциональную активность органов и тканей человека, корректировать состав внутренней индигенной микрофлоры кишечной микробиоты и, как следствие, повышать иммунную защиту организма. Кроме этого, они принимают участие в синтезе витаминов группы В, витамина К и других биологически активных веществ (Усенко, Горелов, 2004; Маркова, Шевелева, 2014).

Рассматривая БЗК, необходимо учитывать их пробиотические свойства из-за роста интереса населения к продукции пробиотической направленности, употребление которой оказывает существенное влияние на оптимизацию микробиологического статуса пищеварительного тракта человека, что способствует стимулированию иммунной системы и поддержанию здорового образа жизни (Ардатская, 2015).

Большинство технологий пищевых продуктов, содержащих БЗК с пробиотическими свойствами, исключает воздействие критичных для клеток высоких температур с целью их сохранения. Однако, при получении продуктов с живыми клетками БЗК, в случае возникновения теплового воздействия на них, особенно важными являются их жизнеспособность и метаболическая активность (Charalampopoulos, Rastall, 2009). Поэтому необходимо создание условий обработки рыбной пищевой продукции, содержащей БЗК (температура и продолжительность процесса), позволяющих сохранить жизнеспособность клеток и получить продукцию безопасную и готовую к употреблению.

Были исследованы перспективные для биотрансформации БЗК: *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Propionibacterium freudenreichii*, *Bifidobacterium bifidum* (Таблица 1).

Таблица 1. Характеристика штаммов БЗК для биотрансформации рыбного сырья (Воробьева, 1995; Степаненко, 2006; Рыбальченко, 2013; Вальшев, 2016; Функ, Иркитова, 2016; Бегунова и др., 2019)

| Характеристика | Вид бактериальных заквасочных культур | | | | | |
|---------------------------------|--|--|---|--|---|---|
| | <i>L. casei</i> | <i>L. acidophilus</i> , | <i>L. bulgaricus</i> | <i>St. thermophilus</i> | <i>Propionibacterium shermanii</i> | <i>Bifidobacterium bifidum</i> |
| Предел кислотообразования, °Т | 80–180 | 200-250 | 200-300 | 110-115 | 160-170 | 120-130 |
| Рост в присутствии 2% NaCl | + | + | + | + | + | + |
| Рост в присутствии 4% NaCl | - | - | - | - | + | - |
| Рост в присутствии 6,5% NaCl | - | - | - | - | - | - |
| pH, ед. | 4,6-6,4 | 3,0-8,3 | 4,6-8,0 | 3,4-5,8 | 4,5-8,0 | 4,5-8,5 |
| a_w , ед. | Min 0,90-0,94 | | | | | |
| $T_{оп}$, °С | 30-45 (до 70°С - 40 мин) | 30-40 | 40-45 | 38-55 | 15-40 | 30-50 |
| антагонистическая активность, % | 13,5-66,3 | 11,4-63,0 | 13,05-83,54 | 12,03-49,21 | 15,20-73,01 | 10,4-86,2 |
| Антиоксидантная активность | Перехват гидроксил-радикала OH, синтез антиоксидантных ферментов (Mn-СОД, Mn-каталаза) | Перехват гидроксил-радикала OH, образование антиоксидантных ферментов (Mn-СОД, Mn-каталаза, ускорение гликолитического расщепления | Перехват гидроксил-радикала OH, образование антиоксидантных ферментов (Mn-СОД, Mn-каталаза), ускорение гликолитического расщепления | Способность к образованию хелатных комплексов с Fe ⁺² | Образование антиоксидантных ферментов (Mn-каталаза) | Способность к образованию хелатных комплексов с Cu ⁺² Способность перехватывать пероксид водорода |
| Продуцирование бактериоцинов | Казеинин | Лантацин, ацидоцин, лактоцин | Низин, булгарацин | Термофилин | Пропиоцин | Бифидоцин |

| | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|
| Возможность проявления протеолитической активности | + | + | + | + | + | - |
| Возможность проявления липолитической активности | + | - | - | - | + | + |

Исучаемые БЗК наиболее распространены при производстве пищевой продукции, являются живыми формами пробиотиков, выделяют в процессе жизнедеятельности метаболиты (молочная, уксусная, пропионовая, муравьиная, янтарная кислоты, бактериоцины), необходимые для процесса биотрансформации, и способны выдерживать температуры ≥ 40 °С (в редких случаях до 70 °С в течение 40 минут), развиваться в пределах рН – 3,0–8,5 и в пределах активности воды (a_w) – 0,90–0,94, обладают антагонистической, антимикробной и антиоксидантной активностью за счёт перехват гидроксил-радикала ОН, образования антиоксидантных ферментов (Mn-СОД, Mn-каталаза) и хелатных комплексов (Fe^{+2} Cu^{+2}), а также синтеза бактериоцинов. Большинство БЗК способны проявлять протеолитическую активность, что будет оказывать дополнительное воздействие на структуру мышечной ткани рыбы (Степаненко, 2006; Рыбальченко, 2013; Вальшев, 2016; Бегунова, Рожкова, Зверева, 2019). БЗК способны расти в присутствии 2 % NaCl, *Propionibacterium freudenreichii* способен развиваться и при 4 % NaCl. При 6,5 % NaCl культуры прекращают свой рост, что необходимо учитывать при составлении системы для биотрансформации рыбного сырья, а также при моделировании рецептур пищевой рыбной продукции, в которых содержание соли (NaCl) рекомендуется не более 2 %, чтобы не подавлять их развитие и рост (Журавлева, 2018).

В случае гибели БЗК под действием тепловой обработки, потенциально могут использоваться продукты их метаболизма, а также инактивированные и разрушенные клетки пробиотиков. Данные компоненты известны как метабиотики и постбиотики. Они начинают действовать сразу при попадании в организм, способны положительно влиять на резидентные микроорганизмы желудочно-кишечного тракта, физиологические, иммунологические и нейрогормональные метаболические реакции организма (Рябцева, 2020).

Следует отметить, что БЗК с пробиотическими свойствами способны продуцировать липолитические ферменты, способствующие расщеплению липидов и последующему их быстрому окислению с образованием карбоксильных соединений, приводящих к формированию специфических и нежелательных вкуса и аромата. Согласно этому, при внесении БЗК уровень содержания жира в рыбном сырье рекомендован не более 1,5 %. Более высокое содержание жира может привести к ухудшению органолептических показателей и, соответственно, качества пищевой рыбной продукции (Хамагаева, 2012; Китаевская, 2015).

По этой причине, при подборе объектов для биотрансформации, приоритетными являются рыбы нежирной группы.

Известно, что в результате автолитических процессов в рыбе проявляется характерный рыбный запах за счет накопления триметиламинооксида, с последующим его распадом под действием ферментов (редуктаз) до диметиламина и триметиламина (Кизветтер, 1980; Мегеда, 2008). Метиламины являются легколетучими и при взаимодействии с кислотами образуют нелетучие растворимые соли замещённого аммония, в дальнейшем уже не влияющих на формирования рыбного запаха (Вайзман, 1995). Использование кислотообразующих БЗК будет способствовать снижению уровня образования азотистых летучих оснований, за счет продуцирования метаболитов – молочной, пропионовой и уксусных кислот, тем самым снижая интенсивность рыбного запаха и повышая потребительские свойства продукции (Ярцева, Долганова 2009; Антипова и др., 2015).

Таким образом, биотрансформация рыбного сырья с использованием БЗК позволит решить проблемы специфического запаха и вкуса и положительно повлияет на его органолептические и структурные свойства в целом, за счёт мягкой деструкции (за счёт кислотообразования) белковых компонентов мышечной ткани рыб.

БЗК, как защитные культуры, будут способствовать продлению сроков годности пищевой рыбной продукции за счёт эффекта «биоконсервирования» (Charalampopoulos, Rastall, 2009), а сохранение живых клеток БЗК при технологической обработке имеет особое значение для производства пробиотических пищевых продуктов, которые играют немаловажную роль в поддержании здорового образа жизни человека.

Список литературы

Антипова Л.В., Дворянинова О.П., Черкесов А.З. 2015. Биохимический механизм автолитических процессов мышечной ткани рыб. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий № 2(64): 92–97.

Ардатская М. Д. 2015. Пробиотики, пребиотики и метабиотики в коррекции микробиологических нарушений кишечника. Медицинский совет №. 13: С. 94–99.

Бегунова А.В., Рожкова И.В., Зверева Е.А. [и др.]. 2019. Молочнокислые и пропионовокислые бактерии: формирование сообщества для получения функциональных продуктов с бифидогенными и гипотензивными свойствами. Прикладная биохимия и микробиология Т. 55., № 6: 566–577.

Вайзман Ф.Л. 1995. Основы органической химии. СПб: изд-во Химия, 464 с.

Вальшев А.В., Вальшева Н.А. 2016. Комбинация антибиотиков и бактериоцинов – эффективный способ борьбы с резистентными микроорганизмами. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН № 4: 2.

Воробьева Л.И. 1999. Пропионовокислые бактерии. М.: изд-во МГУ, 288 с.

Журавлева С.В., Бойцова Т.М., Прокопец Ж.Г., Журавлева А.В. 2018. Влияние биомодификации на органолептические показатели мышечной ткани рыб. Вестник КамчатГТУ №45: 37–42. DOI: 10.17217/2079-0333-2018-45-37-42

Кизеветтер И.В., Дмитрикова В.Г., Гусева Л.Б. 1980. Исследование способов улучшения вкусовых свойств минтая. Рыбное хозяйство №4.

Китаевская С.В. 2015. Изучение способности молочнокислых бактерий продуцировать липолитические ферменты. Вестник Технологического университета Т. 18, № 18: 256–258.

Маркова Ю.М., Шевелёва С.А. 2014. Пробиотики как функциональные пищевые продукты: производство и подходы к оценке эффективности. Вопросы питания. Т. 83, № 4: 5–14.

Мегада Е.В., Ким И.Н. 2008. Биохимические аспекты формирования запаха сырых гидробионтов. Известия ТИНРО Т. 154: 345–371.

Рогов И. А. [и др.] 2006. Синбиотики в технологии продуктов питания. М.: изд-во МГУПБ, 217 с.

Рыбальченко О.В., Орлова О.Г., Бондаренко В.М. 2013. Антимикробные пептиды лактобацилл. Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии № 4: 89–100.

Рябцева С.А., Храмов А.Г. 2020. Пробиотики, пребиотики, синбиотики, постбиотики: проблемы и перспективы. Сборник научных трудов Северо-Кавказского федерального университета: Биоразнообразие, биоресурсы, вопросы биотехнологии и здоровье населения Северо-Кавказского региона. Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, 119–123.

Степаненко П.П. 2006. Микробиология молока и молочных продуктов. М.: изд-во Лира, 413 с.

Усенко Д.В., Горелов А.В. 2004. Пробиотики и пробиотические продукты: возможности и перспективы применения. Вопросы современной педиатрии Т.3, № 2: 50–54.

Функ И.А., Иркитова А.Н. 2016. Биотехнологический потенциал бифидобактерий. Acta Biologica Sibirica Т. 2., № 4: 67–79.

Хамагаева, И.С., Хребтовский А.М. 2012. Сравнительная оценка бифидогенных свойств жиров животного происхождения. Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук № 4-1(86): 224–227.

Ярцева Н.В., Долганова Н.В. 2009. Влияние промывочного раствора на органолептические свойства пищевого рыбного фарша. Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. № 1: 151–155.

Charalampopoulos D., Rastall R.A. 2009. Prebiotics and probiotics science and technology. New York: Springer, 1273 p.

Hasan S.K. et al. 2019. Isolation, identification and evaluation of lactic acid bacteria as antibacterial activity. Biochemical and Cellular Archives. Т. 19, №. 1: 1339-1342.

Sidhu P.K., Nehra K. 2021. Bacteriocins of Lactic Acid Bacteria as Potent Antimicrobial Peptides against Food Pathogens. Biomimetics, 10.5772/intechopen.95747.