

ИНОКУЛЯЦИЯ РЫБНОГО СЫРЬЯ БАКТЕРИАЛЬНЫМИ ЗАКВАСОЧНЫМИ КУЛЬТУРАМИ С ЦЕЛЬЮ ЕГО БИОТРАНСФОРМАЦИИ

Е.В. Лаврухина, Н.Ю. Зарубин, О.В. Бредихина

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», Москва, Россия

Немаловажным аспектом технологии глубокой переработки рыбного сырья является разработка функциональных пищевых продуктов различной направленности с использованием современных методов биотехнологической обработки, в частности ферментами и микроорганизмами. В настоящее время в пищевой биотехнологии особое внимание уделяется использованию перспективных штаммов бактериальных заквасочных культур (БЗК) для получения пищевой продукции с улучшенными качественными характеристиками и функциональной направленностью. Основными свойствами при подборе БЗК, применимых для технологии пищевой продукции, являются: высокая антагонистическая активность за счет ингибирования патогенных и условно-патогенных микроорганизмов в процессе конкуренции за питательные вещества [1]; антиоксидантная активность за счет активного продуцирования молочной, пропионовой и уксусной кислот [2]; бактерицидные свойства за счет продуцирования в зависимости от штамма специфических бактериоцинов (низин, лактококцин, пропионицин, колецин, бифидин) [1, 3, 4]; биохимическая активность за счет протеолитических и каталазаобразующих процессов [2]. В связи с этим БЗК в технологиях рыбной продукции, возможно, применять в качестве защитных культур для ингибирования роста бактериальных и грибковых колоний или индигирования гибели патогенных микроорганизмов и тем самым продления сроков годности [5]. 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 [6], что способствует стимулированию иммунной системы и поддержанию здорового образа жизни [7]. 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 [8]. Поэтому необходимо создание условий обработки рыбной пищевой продукции, содержащих БЗК (температура и продолжительность процесса), позволяющих сохранить жизнеспособность клеток и получить продукцию безопасную и готовую к употреблению. Оптимум температурных режимов для развития БЗК варьируется от 15 до 50 °С в зависимости от штамма, в редких случаях до 70 °С в течение 40 минут. Так же при введении БЗК особое внимание следует обращать на показатели активности воды (в пределах 0,90–0,94) и рН (в пределах 3,0–8,5), влияющих на их скорость роста и выживаемость [8–13]. 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 [14].

В связи с вышесказанным, для биотрансформации рыбного сырья, были выбраны следующие БЗК: *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgarius*, *Streptococcus thermophilus*, *Propionibacterium freudenreichii*, *Bifidobacterium bifidum*. Данные БЗК наиболее распространены при производстве пищевой продукции, являются живыми формами пробиотиков, выделяют в процессе жизнедеятельности метаболиты (молочная, уксусная, пропионовая кислоты, бактериоцины), необходимые для процесса биотрансформации и способны выдерживать температуры ≥ 40 °С. 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 [15, 16].

По этой причине, при подборе объектов для биотрансформации, приоритетными являлись рыбы нежирной группы традиционно промысловых и потенциально-промысловых: минтаю (*Theragra chalcogramma*), треске (*Gadus macrocephalus*), макрурсу малоглазому (*Albatrossia pectoralis*); потенциально промысловым: получешуйник Гилберта «бычок» (*Hemilepidotus gilberti*), которые составляют существенный резерв рыболовства, что способствует поиску решений по их переработке [17]. 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 [18, 19]. Метиламины являются легколетучими и при взаимодействии с кислотами образуют нелетучие растворимые соли замещенного аммония, в дальнейшем уже не влияющих на формирования рыбного запаха [20]. 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 [21, 22].

Таким образом, биотрансформация подобранного рыбного сырья с использованием БЗК позволит решить проблемы специфического запаха и вкуса и положительно повлияет на его органолептические свойства в целом, за счёт мягкой деструкции (за счет кислотообразования) белковых компонентов и структурных свойств мышечной ткани рыб. Подобранные штаммы, как защитные культуры, будут способствовать продлению сроков годности пищевой рыбной продукции за счет эффекта «биоконсервирования» [8, 23], а сохранение живых клеток БЗК при технологической обработке, имеет особое значение для производства пробиотических пищевых продуктов.

Литература

1. Hasan, Suzan & Al-hadedee, Lamees & Awda, Jasim. (2019). Isolation, identification and evaluation of lactic acid bacteria as antibacterial activity. 19. 1339–1342
2. Синбиотики в технологии продуктов питания / И.А. Рогов [и др.]. Москва: МГУПБ, 2006. – 217 с.
3. Sidhu, Parveen & Nehra, Kiran. (2021). Bacteriocins of Lactic Acid Bacteria as Potent Antimicrobial Peptides against Food Pathogens. 10.5772/intechopen.95747.
4. Deegan LH et al. Bacteriocins: Biological tools for biopreservation and shelf-life extension. Int Dairy J 2006; 16: 1058–1071.
5. Beaufort A, Rudelle S, Gnanou-Besse N, Toquin MT, Kerouanton A, Bergis H (2007). Prevalence and growth of *Listeria monocytogenes* in naturally contaminated cold-smoked salmon. Lett. Appl. Microbiol. 44: 406–411.
6. Ардатская, М.Д. Пробиотики, пребиотики и метабиотики в коррекции микробиологических нарушений кишечника // Медицинский совет. – 2015. – № 13. – С. 94–99.
7. Ghanbari M., Jami M., Domig K.J., Kneifel W. 2013. Seafood biopreservation by lactic acid bacteria – A review. Journal of LWT – Food Science and Technology. № 54. P. 315–32. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.05.039.
8. Charalampopoulos D., Rastall R.A. 2009. Prebiotics and Probiotics Science and Technology. New York: Springer. 1273 p.
9. Определитель бактерий Берджи: в 2 томах. ред. Хоулт, Дж.; Криг, Н.; Снит, П. и др.; Изд-во: М.: Мир, 1997 г.
10. Рябцева, С.А. Микробиология молока и молочных продуктов: Учебное пособие / С.А. Рябцева, Н.М. Панова. – Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2017. – 220 с.
11. Воробьева, Л.И. Пропионовокислые бактерии [Текст] / Л.И. Воробьева. – М.: Изд-во МГУ, 1995. Gerald Zirnstein, Robert Hutkins, in Encyclopedia of Food Microbiology, 1999
12. Функ И.А. и др. Биотехнологический потенциал бифидобактерий // Acta Biologica Sibirica. 2016. Т. 2. – № 4. С. 67–79.
13. Микробиологическая порча пищевых продуктов / Под ред. К. де В. Блекберна. Пер. с англ. СПб.: Профессия, 2008. 784 с.
14. Рябцева С.А. и др. Пробиотики, пребиотики, синбиотики, постбиотики: проблемы и перспективы // Биоразнообразие, биоресурсы, вопросы биотехнологии и здоровье населения Северо-Кавказского региона: Сборник научных трудов Северо-Кавказского федерального университета. – Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2020. – С. 119–123.
15. Китаевская, С.В. Изучение способности молочнокислых бактерий продуцировать липолитические ферменты / С.В. Китаевская // Вестник Технологического университета. – 2015. – Т. 18. – № 18. – С. 256–258.
16. Хамагаева И.С. и др. Сравнительная оценка бифидогенных свойств жиров животного происхождения // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. 2012. № 4–1. С. 224–227.
17. Макоедов, А.Н. Основы рыбохозяйственной политики России / А.Н. Макоедов, О.Н. Кожемяко; А.Н. Макоедов, О.Н. Кожемяко. – Москва: Нац. рыбные ресурсы, 2007. – 477 с. – ISBN 5–94793–012–9.
18. Мегеда, Е.В. Биохимические аспекты формирования запаха сырых гидробионтов / Е.В. Мегеда, И.Н. Ким // Известия ТИПРО. – 2008. – Т. 154. – С. 345–371.
19. Кизветтер И.В. Исследование способов улучшения вкусовых свойств минтая/ И.В. Кизветтер, В.Г. Дмитрикова, Л.Б. Гусева // Рыбное хозяйство. 1980. № 4.
20. Вайзман Ф.Л. Основы органической химии: Учебное пособие для вузов: Пер. с англ. / Под ред. А.А. Потехина. – СПб: Химия, 1995. – 464 с.
21. Антипова Л.В. и др. Биохимический механизм автолитических процессов мышечной ткани рыб // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2015. – № 2(64). – С. 92–97.
22. Ярцева Н.В. и др. Влияние промывочного раствора на органолептические свойства пищевого рыбного фарша // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2009. – № 1. – С. 151–155.
23. Paari A. et al. (2011). Biopreservation of *Sardinellalongiceps Penaeusmonodon* using protective culture *Streptococcusphocae* PI 80 isolated from marine shrimp *Penaeusindicus*. Probiotics Antimicrob. Protein 3:103–111