

Growth and Residence Time // Appl. Env. Microbiol. 2004. V. 70. № 3. p. 1494–1505.

9. Shurigin V, Hakobyan A, Panosyan H, Egamberdieva D, Davranov K, Birkeland N-K. A glimpse of the prokaryotic diversity of the Large Aral Sea reveals novel extremophilic bacterial and archaeal groups // MicrobiologyOpen. 2019, e850. <https://doi.org/10.1002/mbo3.850>

10. Stulina G., Verkhovtseva N., Gorbacheva M. Composition of the microorganism community found in the soil cover of the dry seabed of the Aral Sea // J. Geosci. Environ. Prot. 2019. №7. P.1–23.

11. Egamberdieva D., Panosyan H., Birkeland N.K., Zhu Z., Li W. Onshore soil microbes and endophytes respond differently to geochemical and mineralogical changes in the Aral Sea // Sci Total Environ. 2021. V. 765. № 15. P.142675-142679.

УДК: 579.68:579.844:663

Э. О. Ергашева, А. И. Кулонов

(Ташкентский международный университет Кимё, Ташкент, Узбекистан)

ВЫДЕЛЕНИЕ КАРОТИНОИДОВ ИЗ БАКТЕРИЙ И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Аннотация. В данной научной статье освещаются биологические основы, технологические этапы и практическое значение выделения каротиноидных пигментов из бактерий. Каротиноиды являются природными пигментами, обладающими выраженными антиоксидантными свойствами, и широко применяются в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности. В последние годы возрастает интерес к получению каротиноидов из бактериальных источников как экологически безопасного и экономически эффективного метода по сравнению с химическим синтезом. В статье проанализированы виды каротиноидпродуцирующих бактерий, методы их экстракции и перспективы практического применения.

Каротиноиды относятся к классу природных пигментов и формируют жёлтую, оранжевую и красную окраску. Они выполняют важные биологические функции в живых организмах, в частности участвуют в защите клеток от окислительного стресса. Традиционно каротиноиды получают из растений и водорослей, однако данные методы ограничены сезонностью и низкой продуктивностью. В связи с этим изучение бактерий как источника каротиноидов является одним из актуальных направлений современной биотехнологии.

В настоящее время большинство каротиноидов на рынке получают методом химического синтеза, однако данный способ сопровож-

дается образованием экологически вредных отходов и в ряде случаев может представлять опасность для здоровья человека. Поэтому получение каротиноидов из микроорганизмов (бактерий, дрожжей, микроводорослей) рассматривается как перспективная, безопасная и устойчиво развивающаяся альтернатива.

Бактерии считаются перспективными продуцентами каротиноидов в промышленном масштабе. Многие бактериальные виды способны биосинтезировать различные каротиноиды, такие как кантаксантин, β -каротин, зеаксантин и другие, которые имеют высокую ценность для рыбоводства, косметической, фармацевтической и пищевой промышленности [5]. Данные пигменты являются биологически активными соединениями и обладают антиоксидантными и иммуномодулирующими свойствами.

Глобальный спрос на природные каротиноиды постоянно растёт, поскольку потребители всё чаще отказываются от синтетических пигментов. Пищевая, косметическая и фармацевтическая отрасли демонстрируют повышенный интерес к данным соединениям. Основной причиной является то, что каротиноиды бактериального происхождения характеризуются низкой токсичностью, высокой биологической активностью и стабильностью, а также рассматриваются как полезные для здоровья компоненты [1].

Каротиноидсинтезирующие бактерии. К бактериям, способным синтезировать каротиноиды, относятся представители родов *Serratia*, *Micrococcus*, *Rhodobacter*, *Flavobacterium*, *Paracoccus* и *Bacillus*. Эти микроорганизмы используют пигменты для защиты от ультрафиолетового излучения, высоких температур и окислительного стресса. Бактериальные каротиноиды отличаются структурной устойчивостью и выраженной биологической активностью [2].

Процесс выделения каротиноидов из бактерий включает несколько этапов:

Ферментация – выращивание бактерий в специальных питательных средах при оптимальных значениях температуры и pH;

Отделение биомассы – получение клеточной массы путём центрифугирования или фильтрации;

Экстракция – выделение каротиноидов из клеток с использованием органических растворителей (ацетон, этанол, метанол);

Очистка и концентрирование – проводится методами хроматографии или вакуумного выпаривания.

Каротиноиды, полученные из бактерий, широко применяются в следующих областях:

в пищевой промышленности – в качестве натуральных красите-

лей и биологически активных добавок;

в фармацевтике – при производстве антиоксидантных, иммуномодулирующих и противовоспалительных препаратов;

в косметологии – как компоненты, защищающие кожу от старения;

в биотехнологии – как экологически чистый и устойчивый источник пигментов.

Микробиологическое производство каротиноидов может осуществляться с использованием низкокзатратных субстратов (например, отходов агропромышленного комплекса), контролируется биотехнологическими процессами и характеризуется минимальным загрязнением окружающей среды [3, 4].

В настоящее время активно проводятся исследования по адаптации бактерий к повышенному синтезу каротиноидов с применением методов генной инженерии и оптимизации метаболических путей, что позволяет значительно повысить эффективность производства.

Каротиноиды исследуются не только как красители, но и как биологически активные соединения с антиоксидантным, противовоспалительным и даже противоопухолевым действием. Бактериальные каротиноиды обладают данными свойствами и могут использоваться в здравоохранении и нутрицевтике (в качестве функциональных пищевых добавок) [5].

Заключение. Таким образом, выделение каротиноидов из бактерий является одним из перспективных направлений современной биотехнологии. Данный метод обеспечивает получение экологически безопасной, экономически эффективной и биологически активной продукции. В перспективе совершенствование методов генной инженерии и ферментационных технологий позволит увеличить объёмы производства бактериальных каротиноидов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Raita, S.; Feldmane, L.; Kusnere, Z.; Spalvins, K.; Kuzmika, I.; Berzina, I.; Mika, T. Microbial carotenoids production: Strains, conditions, and yield affecting factors. *Environ. Clim. Technol.* 2023, 27, 1027–1048.

2. Mussagy, C.U.; Winterburn, J.; Santos-Ebinuma, V.C.; Pereira, J.F.B. Production and extraction of carotenoids produced by microorganisms. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2019, 103, 1095–1114.

3. Britton G. *Carotenoids: Natural Functions.* – Springer, 2008.

4. Vargas-Sinisterra, A.F.; Ramírez-Castrillón, M. Yeast carotenoids: Production and activity as antimicrobial biomolecule. *Arch. Microbiol.* 2021, 203, 873–888.

5. Rao A.V., Rao L.G. Carotenoids and human health. // *Pharmacological Research*, 2007.