

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ГАЛОФИЛЬНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Ж.Б. Пирматова, А.И. Кулонов

Студент, 2 курс магистратуры

Ташкентский международный университет Кимё, Ташкент, Узбекистан

E-mail: jamolaxon95@gmail.com, 7_kulonov2012@mail.ru

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17066979>

Аннотация: Данная статья основана на литературных источниках, в которых представлена информация о биотехнологическом потенциале галофильных микроорганизмов, а также об их уникальных физиологических и метаболических адаптациях, позволяющих им выживать в экстремальных условиях.

Ключевые слова: галофиль, экстремофиль, эукариотов, бактериородопсин, экзополисахариды, полигидроксикарбоксилаты.

BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL OF HALOPHILIC MICROORGANISMS

Abstract: This article is based on literary sources that provide information on the biotechnological potential of halophilic microorganisms, as well as their unique physiological and metabolic adaptations that allow them to survive in extreme conditions.

Keywords: halophile, extremophile, eukaryotes, bacteriorhodopsin, exopolysaccharides, polyhydroxyalkanoates.

ВВЕДЕНИЕ

Галофильные микроорганизмы и продуцируемые ими соединения являются объектом живого интереса. Уникальные физиологические и метаболические адаптации этих экстремофильных микроорганизмов делают их многофункциональными, способными производить широкий спектр соединений пищевого, медицинского и технического назначения, находящихся применение в пищевой и сельскохозяйственной промышленности, медицине, фармакологии, полимерной, текстильной, бумажной, горнодобывающей и других промышленности.

Микробиологические и молекулярно-биологические исследования соленых ферментированных пищевых продуктов демонстрируют огромное разнообразие культивируемых и некультивируемых микроорганизмов – бактерий, архей и эукариотов, играющих ключевую роль в их производственном процессе. Производство таких продуктов подразумевает создание ферментационной среды с высокой концентрацией поваренной соли и содержанием больших количеств пищевых субстратов белковой природы. Ввиду высокой солености галофильные археи и бактерии являются неотъемлемой частью «экосистем» данных пищевых производств. В условиях традиционного (домашнего) мелкомасштабного производства соленых ферментированных продуктов обсеменение производственных емкостей осуществляется естественным образом при внесении основного продукта – различных морепродуктов, и при добавлении пищевой соли.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Бактериородопсин является трансмембранным светочувствительным белком, обнаруженным впервые у экстремально галофильной археи *Halobacterium salinarum*. Уникальные свойства бактериородопсин как высокоэффективной протонной помпы, поглощающей видимый свет в диапазоне 380-640 нм, стабильной в условиях высокой

солености, в широком диапазоне pH и при высоких температурах, а также тот факт, что *Halobacterium salinarum* является перспективным промышленным продуцентом, способным синтезировать бактериородопсин в больших количествах, делает данный белок перспективной основой для создания широкого спектра биоэлектронных и оптических устройств. Важной особенностью бактериородопсина для применения в биоэлектронике и оптике является фотоцикл бактериородопсина - последовательный переход между устойчивыми конформациями-интермедиатами, иницируемый и сопряженный с процессом фотоизомеризации ретиналя – кофактора бактериородопсина каротиноидной природы, ковалентно связанного с белком посредством кетиминной связи. Результатом фотоцикла бактериородопсина является перенос протона через клеточную мембрану, приводящий к созданию трансмембранного электрохимического потенциала, тем самым конвертируя световую энергию в химическую.

В основе большинства технологий, основанных на применении бактериородопсина, лежит создание пленок с его правильной пространственной ориентацией, которая необходима оптимального функционирования и стабильности белка. В цитоплазматической мембране живых клеток молекулы бактериородопсина образуют пурпурные мембраны – псевдокристаллические образования, состоящие из тримеров молекул бактериородопсина. Пурпурные мембраны являются устойчивыми образованиями и сохраняются в процессе выделения бактериородопсина из клеток продуцента.

Галофильные микроорганизмы являются перспективными продуцентами таких биополимеров, как экзополисахариды (ЭПС) и полигидроксиалканоаты (ПГА).

Преимущество полисахаридов микроорганизмов состоит в том, что их продукция и качество не зависят от условий внешней среды. Отсюда следует, что получение полисахаридов микроорганизмов является перспективным и экономически выгодным процессом по сравнению с получением растительных и синтетических полимеров [43]. В зависимости от условий культивирования бактерий есть возможность управлять свойствами получаемых ЭПС и культивировать их на питательных средах на основе недорогих субстратов, таких как промышленных отходов. Также большой интерес вызывают ЭПС бактерий в связи с их структурным и функциональным разнообразием.

В различных отраслях промышленности требуются полисахариды со специфическими свойствами. Широкий спектр продуцентов биополимеров и разнообразие их свойств создает спрос на эти вещества. Поэтому мировые ученые продолжают поиск ЭПС-продуцирующих микроорганизмов и изучение их свойств. ЭПС микроорганизмов обладают различными физико-химическими свойствами, что позволяет использовать их в различных сферах деятельности человека. ЭПС применяются в различных отраслях промышленности в виде волокон, высоковязких растворов, гранул, порошков и т. д.

На Земле много месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти, важно и перспективно внедрить в эти места экзополисахариды, облегчающие добычу нефти [42]. Бактериальные полисахариды обладают специфическими свойствами: сгущают водные растворы даже при высокой концентрации солей, придают им необходимые реологические свойства, стабилизируют суспензии, при взаимодействии глюко-, галактоманнанов с ионами металлов наблюдается образование гелей [43].

Экзополисахариды морских бактерий. Для получения экзополисахаридов из морских бактерий используют морские бактерии родов: *Bacillus*, *Holomonas*, *Planococcus*, *Enterobacter*, *Alteromonas*, *Pseudoalteromonas*, *Vibrio*, *Rhodococcus* и др [52]. За прошедший

период исследований в данном аспекте лучше изучены виды родов *Pseudoalteromonas*, *Alteromonas* и *Vibrio* [53]. Экзополисахариды перечисленных бактерий относятся к капсульным полисахаридам в случае образования ковалентной связи с поверхностью микробной клетки. Также могут иметь вид совсем несвязанных или слабосвязанных с клеточной оболочкой слизи. Либо свободно выделяются в окружающую среду [54]. Преимущества экзополисахаридов морских бактерий по отношению полисахаридов других наземных бактерий, растений, водорослей заключаются в том, что для их получения можно создавать заданные и воспроизводимые условия производства с минимальным воздействием на окружающую среду. В результате на выходе получается ЭПС высокого качества [55]. Такие ЭПС используют в пищевой, бумажной, текстильной, нефтеперерабатывающей отрасли промышленности, сфере экологии и прочих прикладных областях [8].

ЭПС «Seafill» – синтезируемый морскими планктонными микроорганизмами с молекулярной массой больше 1.4 миллионов дальтон, состоящий из галактозы, галактуроновой кислоты, глюкозы, глюкуроновой кислоты и маннозы. Он стимулирует синтез коллагена, гиалуроновой кислоты и эластина, синтез белков дермально-эпидермальной связи, обладает антивозрастным эффектом, что применительно в косметологии.

Бактериальная целлюлоза имеет ряд преимуществ перед целлюлозой, полученной из растений [46]. Этот гликополимер может быть синтезирован представителями родов *Alcaligenes*, *Achromobacter*, *Aerobacter*, *Agrobacterium*, *Enterobacter*, *Rhizobium*, *Sarcina*, *Pseudomonas*, *Salmonella* и *Mycoderma*. Но классическим продуцентом этого биополимера является бактерия *Gluconoacetobacter xylinum* [47].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Бактериальная целлюлоза представляет собой полисахарид, образуемый бактериями рода *Acetobacter xylinum*, в состав которого, в основном, входят микрофибриллы целлюлозы – D-гликан, связанный β -(1,4)-связями. Эти микрофибриллы составлены из смежных цепочек молекул полисахарида, создавая первичную структуру. Результаты средних значений молекулярной масс варьируются в диапазоне 350 – 975 кДа, что соизмеримо с длиной цепочки, вмещающей в себя примерно от 2000 до 6000 остатков глюкозы. Кроме того, эти бактерии могут продуцировать иные полисахариды [48]. Некоторые из полимеров также содержат β - D-глюкозу. К ним принадлежат β - (1,2)-D-гликаны и гетерополисахариды. Например, ацетан, складывающийся из центральной цепи β -(1,4)-D-гликана с ответвлениями D-глюкозы, D-маннозы, D-глюкуроновой кислоты, и L-рамнозы. Следует заметить, что *A. xylinum* являлся одной из основополагающих форм при рассмотрении биопроизводства бактериальных полисахаридов. Бактериальная целлюлоза, синтезируемая *Acetobacter xylinum*, идентична растительной целлюлозе клеточной оболочки. Установлено, что при выделении целлюлозы из бактериальной биомассы, она сразу же образует микрофибриллы. Чистота этого полисахарида, который не имеет в своем составе лигнин и другие посторонние вещества, делает возможным применение целлюлозы в медицинской практике. На матрице этого полисахарида выпускается препарат "BioFill", который используется для лечения ожогов, хронических язвенных заболеваний кожи, или кожных трансплантатов. Искусственная кожа на основе бактериальных экзополисахаридов является проницаемой для кислорода воздуха, что содействует процессу заживания раневых поверхностей при снижении риска проникновения инфекций.

Литература

1. DasSarma P., Coker J. A., Huse V., DasSarma S. Halophiles, industrial applications // In: Flickinge M. C. (eds). Encyclopedia of industrial biotechnology: bioprocess, bioseparation, and cell technology. John Wiley & Sons, Inc. 2009. P. 1-43. Zhang X., Lin Y., Chen G. Q. Halophiles as chassis for bioproduction // Advanced Biosystems. 2018. № 2(11). P. 1-12.
2. Jiang S., Ma C., Peng Q., Huo D., Li W., Zhang J. Microbial profile and genetic polymorphism of predominant species in some traditional fermented seafoods of the Hainan area in China // Frontiers in Microbiology. 2019. № 10. P. 1-12.
3. Ashwini R., Vijayanand S., Hemapriya J. Photonic potential of haloarchaeal pigment bacteriorhodopsin for future electronics: A review // Current microbiology. 2017. № 74(8). P. 996-1002. Li Y. T., Tian Y., Tian H., Tu T., Gou G. Y., Wang Q., Qiao Y. C., Yang Y., Ren T. L. A review on bacteriorhodopsin-based bioelectronic devices // Sensors. 2018. № 18(5). P.1-21.
4. Poli A., Di Donato P., Abbamondi G. R., Nicolaus B. Synthesis, production, and biotechnological applications of exopolysaccharides and polyhydroxyalkanoates by archaea // Archaea. 2011. № 2011. P. 1-13. Biswas J., Paul A. K. Diversity and production of extracellular polysaccharide by halophilic microorganisms // Biodiversity Int. J. 2017. № 1(2). P. 32-39.