

БИОХИМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ ПСИХРОФИЛЬНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Аносова Оксана Ивановна

магистрант, Кубанский Государственный университет, РФ, г. Краснодар

Хаблюк Виктор Викторович

канд. биол. наук, доцент, Кубанский Государственный университет, РФ, г. Краснодар

Введение

Значительная часть биосферы Земли подвергается воздействию температур в течение всего года. Холодные экосистемы разнообразны и варьируются от высоких гор до глубоких океанов, полярного региона и подземных пещер. К ним относятся водные и наземные экосистемы [7, с. 51].

Большинство психрофильных и психротолерантных бактерий и грибов показывают способность к росту в интервале температур от плюс 3°C до плюс 20°C и от плюс 3°C до плюс 28°C соответственно. Многие психрофильные представители бактерий, водорослей и грибов часто встречаются в водах холодных морей и океанов, а также в поверхностных слоях прибрежных полос [8, с. 49].

В настоящее время значительная часть психрофильных микроорганизмов еще мало изучена, однако они представляют интерес для получения низкотемпературных ферментов, создания биопрепаратов для производства лекарств и повышения сроков хранения пищевых продуктов [5, с. 248].

Обзор посвящен структурно-функциональным особенностям психрофильных организмов. Описаны основные пути биохимической адаптации необходимые для выживания в условиях влияния низких температур.

Модификация клеточной мембраны

В процессе адаптации психрофильные организмы выработали уникальных биохимических модификаций. Одним из наиболее существенных механизмов предотвращения замерзания является изменение текучести мембраны [2, с. 52].

Повышенный синтез и модификация липидных компонентов с низким переходом геле-жидкокристаллической фазы, позволяют поддержать текучесть мембраны. Основные адаптационные особенности: увеличение количества ненасыщенных и метильных групп, уменьшение длины цепи и увеличение скорости химических разветвлений – гомеовязкая адаптация [3, с 46].

Влияние низких температур значительно снижают транспортную функцию мембраны, существенно замедлив или полностью скомпрометировав диффузию. Полиненасыщенные жирные кислоты имеют температуру плавления ниже, чем мононенасыщенные, тем самым они способствуют поддержанию текучести мембраны и поддерживают активность мембранных носителей.

И.Ю. Ошкиным было высказано предположение о том, что образование цист, экзоспор или

дополнительных гликопротеиновых поверхностных слоев (S-слоев) способствовало выживаемости организмов-метанотрофов даже после долгого пребывания в вечной мерзлоте, так как после этого они все еще были способны окислять и ассимилировать метан [9, с. e01488].

Устойчивость ферментативного аппарата

Ферменты – являются ценным инструментом в процессах связи между стабильностью, динамикой и функцией веществ.

Снижение температуры и длительный анабиоз влекут за собой снижение катаболизма многих реакций клетки, однако психрофильные организмы способны синтезировать специфические холодоактивные ферменты.

Потеря конформационной стабильности позволяет молекулам холодоактивного фермента проявлять большую конформационную гибкость и тем самым сохранять высокую каталитическую активность в условиях низких температурных показателей. Это свойство молекулы получили во многом благодаря модификациям аминокислотного состава молекул.

Изменение состава белка ведет к изменениям качественных характеристик молекулы, например: снижение гидрофобности белкового ядра или уменьшение количества алифатических аминокислот способны привести к усилению катализа на холоде.

При сравнении ферментов психрофильных организмов с подобными ферментами у близких мезофильных форм выяснилось, что многие из них не имеют заряженных, ароматических и гидрофобных остатков на своей поверхности. Так же в составе некоторых веществ наблюдалось снижение содержания пролина. Согласно исследованиям пролин оказывает влияние на гибкость белков за счет жесткости его азот-углеродной связи. Подобная адаптация позволяет не только увеличить гибкость молекулы, но и уменьшает энергию взаимодействия [4, с. 124].

Модификация и аккумуляция веществ

Система выработки пигментов является неотъемлемой частью адаптивной стратегии психрофильных и психротолерантных микроорганизмов. Так пигментные вещества, называемые каротиноидами, часто обнаруживаются у организмов, обитающих в постоянных условиях заморозков. Их повышенная выработка может являться своеобразной приспособительной реакцией на действие низкой температуры (раздражителя).

Отличительной особенностью является то, что продукция полярных каротиноидов у психрофильных и психротолерантных превышает синтез неполярных, в то время как у мезофильных форм их соотношение примерно равно. Подобная приспособительная особенность наблюдалась у *Arthrobacter agilis*, *Sphingobacterium antarcticus* и *Micrococcus roseus*. Каротиноиды защищают свободноживущие бактерии от ультрафиолетового излучения и способствуют устойчивости к окислительному стрессу. Продуцирование меланиноподобных пигментов является характерным для представителей различных таксономических групп микроорганизмов (дрожжей, мицелиальных грибов, актиномицетов, неспорообразующих бактерий), обнаруженных в леднике Антарктиды [1, с. 9].

Для поддержания осмотического баланса клетки и предотвращения потери воды и внутриклеточного образования льда бактериальные клетки накапливают совместимые растворенные вещества в цитоплазме (глюкоза, трегалоза, фруктоза, аланин, бетаин, маннит). Они предотвращают агрегацию белков путем стабилизации цитоплазматических макромолекул. Так же отмечается синтез акклиматизационных белков и каталаз для защиты от активных форм кислорода. Накопление таких криопротекторов как глицерол, препятствует образованию кристаллов льда, что позволяет психрофилам пережить замораживание [3, с. 46].

Некоторые исследования показывают, что психрофильные организмы способны вырабатывать вещества подавляющие гниль [8, с. 49].

Список литературы:

1. Абызов С.С., Мицкевич И.Н., Иванов М.В. Микроорганизмы в антарктическом леднике // Георесурсы, геоэнергетика, геополитика. – 2010. – № 1. – С. 9.
2. Андреева И.С., Соловьянова Н.А., Вечканов В.А., Терновой В.А. Разнообразие психротолерантных микроорганизмов в атмосферных аэрозолях западной Сибири // Международный научно-исследовательский журнал . – 2015. – № 1-1 (32). – С. 52-56.
3. Бакунина М. С., Пономарева А. Л., Дубовчук С. С. [и др.] Особенности психрофильных и термофильных метанотрофных микроорганизмов // Вестник ДВО РАН. – 2020. – № 5. – С. 43-46.
4. Балабанова Л. А., Исаева М, П. Морская биохимия: достижения и перспективы структурно-функционального исследования генов и геномов морских организмов // Молекулярная биология и генетика: Вестник ДВО РАН. – 2019. – № 5. – С. 123-127.
5. Громов Б. В., Павленко Г. В. Экология бактерий: учебное пособие. – Ленинград : Издательство ленинградского университета, 1989. – 248 с.
6. Дышлюк Л. С., Бабич О. О., Остроумов Л. А. [и др.] Выделение психрофильных микроорганизмов из природных источников Кемеровской области и изучение их антимикробных свойств // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – № 4. – С. 25
7. Котляков В.М. Криосфера и климат // Экология и жизнь. – 2010. – №11. – С. 51-59.
8. Хижняк С. В., Ланкина Е. П., Илиенц И. Р. Оценка эффективности психрофильных пещерных микроорганизмов в биологической борьбе с обыкновенной корневой гнилью зерновых // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2009 – № 6. – С. 49-52.
9. Oshkin I.Y., Miroshnikov K.K., Belova S.E. et al. Draft genome sequence of *Methylovulum psychrotolerans* Sph1T, an obligate methanotroph from low-temperature environments // Microbiol. Resour. Announc. – 2018. Vol. 6. № 11 – P. e01488-17.