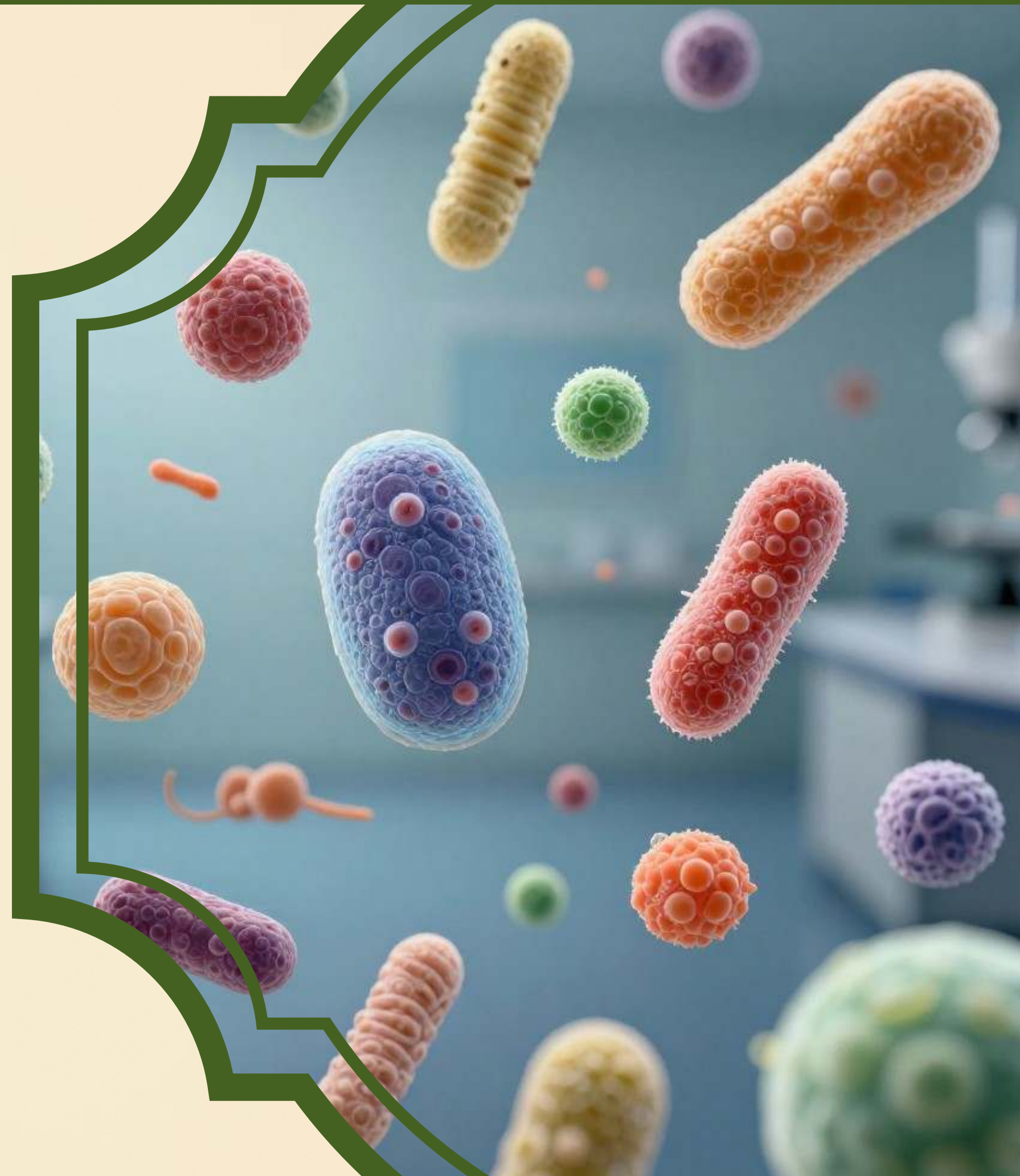


Обзор многообразия прокариот: ключевые темы и актуальность

Прокариоты — древняя группа организмов, важная для биосферы и науки.





Истоки жизни и эволюция прокариот

Прокариоты появились около 3,5 млрд лет назад и стали основой развития жизни. Их простая клеточная структура и адаптивность позволили пережить экстремальные условия, влияя на атмосферу и эволюцию сложных организмов.

Два домена прокариот: бактерии и археи



Структурные различия бактерий и архей

Бактерии имеют пептидогликан в клеточной стенке, чего нет у архей. Эти различия отражают фундаментальные биохимические и физиологические особенности обеих групп.



Генетическая близость архей к эукариотам

Археи ближе к эукариотам по многим генетическим признакам, включая наличие гистонов и особенности транскрипции. Они обитают преимущественно в экстремальных условиях, тогда как бактерии распространены повсеместно.

Сравнение клеточной оболочки бактерий и архей

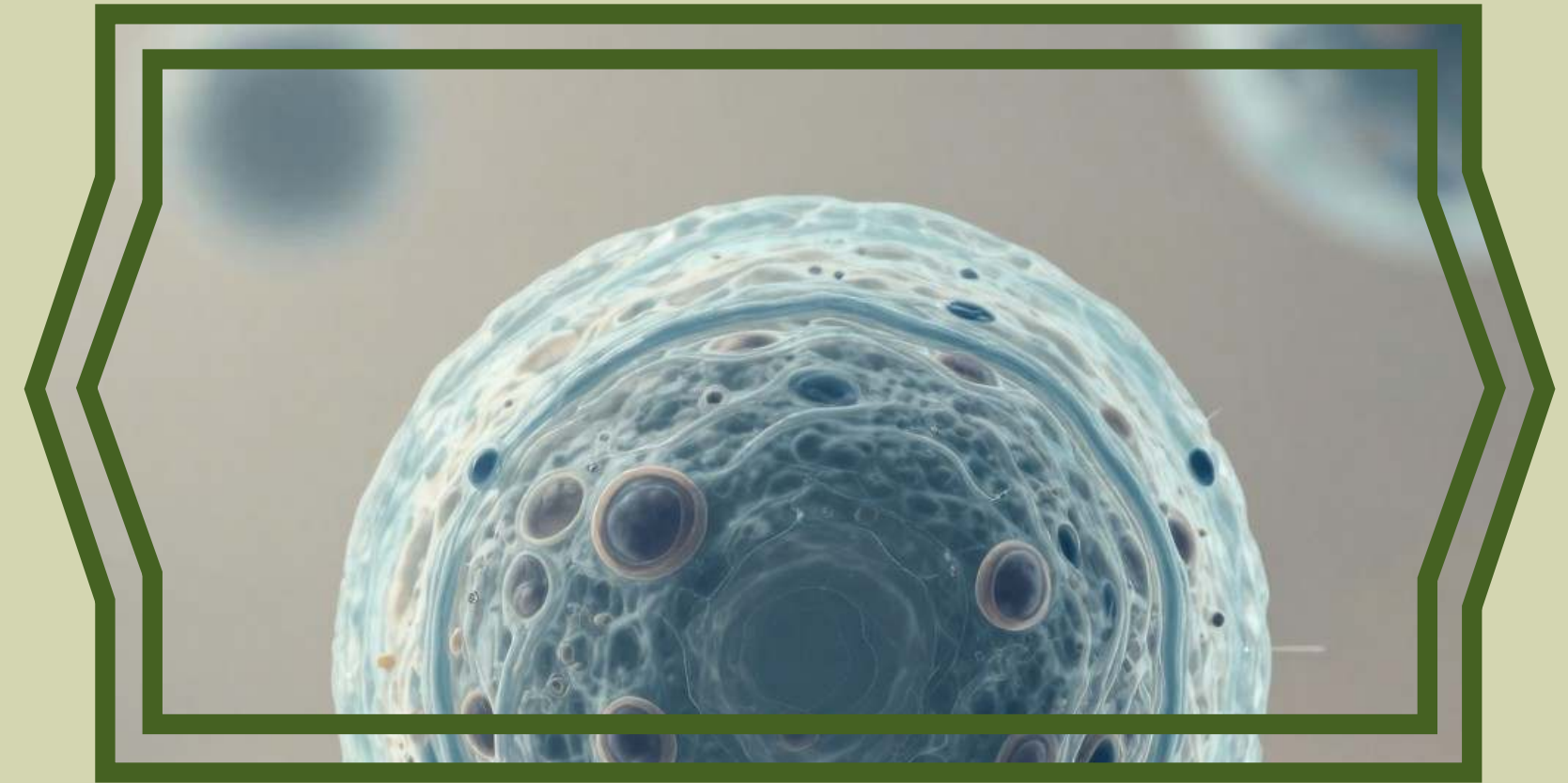
Параметр	Бактерии	Археи
Клеточная стенка	Пептидогликан (муреин)	Псевдомуреин, белковые слои
Тип липидов	Эфирные связи	Спиральные эфирные цепи
Устойчивость	Средняя	Высокая к кислотам, температуре

Основные параметры и адаптации клеточной стенки обеспечивают различия в устойчивости и биохимии двух групп.

Археи адаптированы к экстремальным условиям благодаря уникальному составу оболочки.

Обобщено из биологических учебников по микробиологии

Клеточная организация прокариот: строение и компоненты



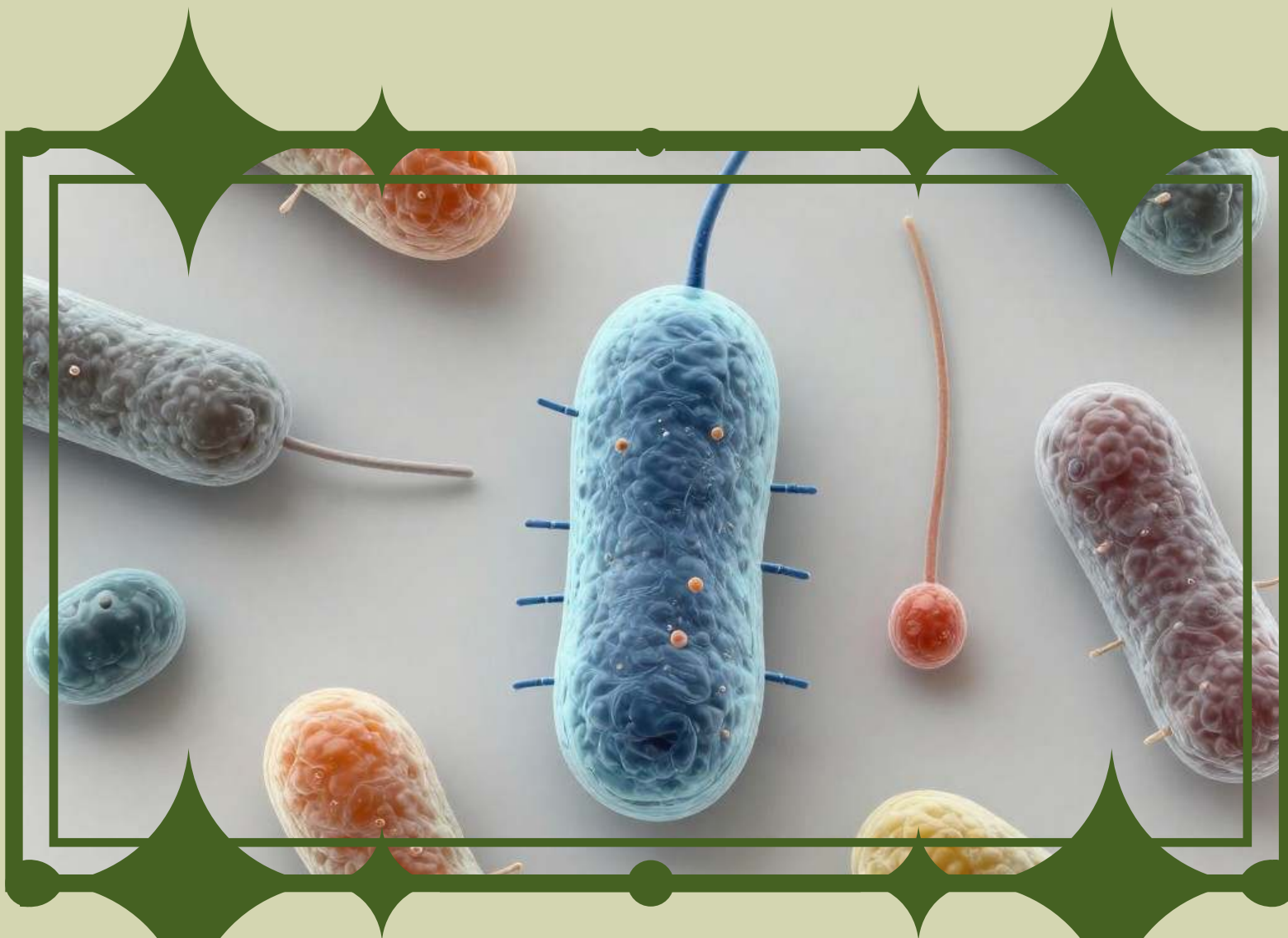
Основные клеточные структуры

Клетка прокариота содержит цитоплазматическую мембрану, клеточную стенку и иногда капсулу, обеспечивая защиту и обмен веществ. Центром генетического материала является нуклеоид с кольцевой ДНК.

Отсутствие оформленных органоидов

В прокариотах отсутствуют сложные органоиды, такие как ядро или митохондрии. Это упрощение способствует быстрому размножению и адаптации к разным условиям.

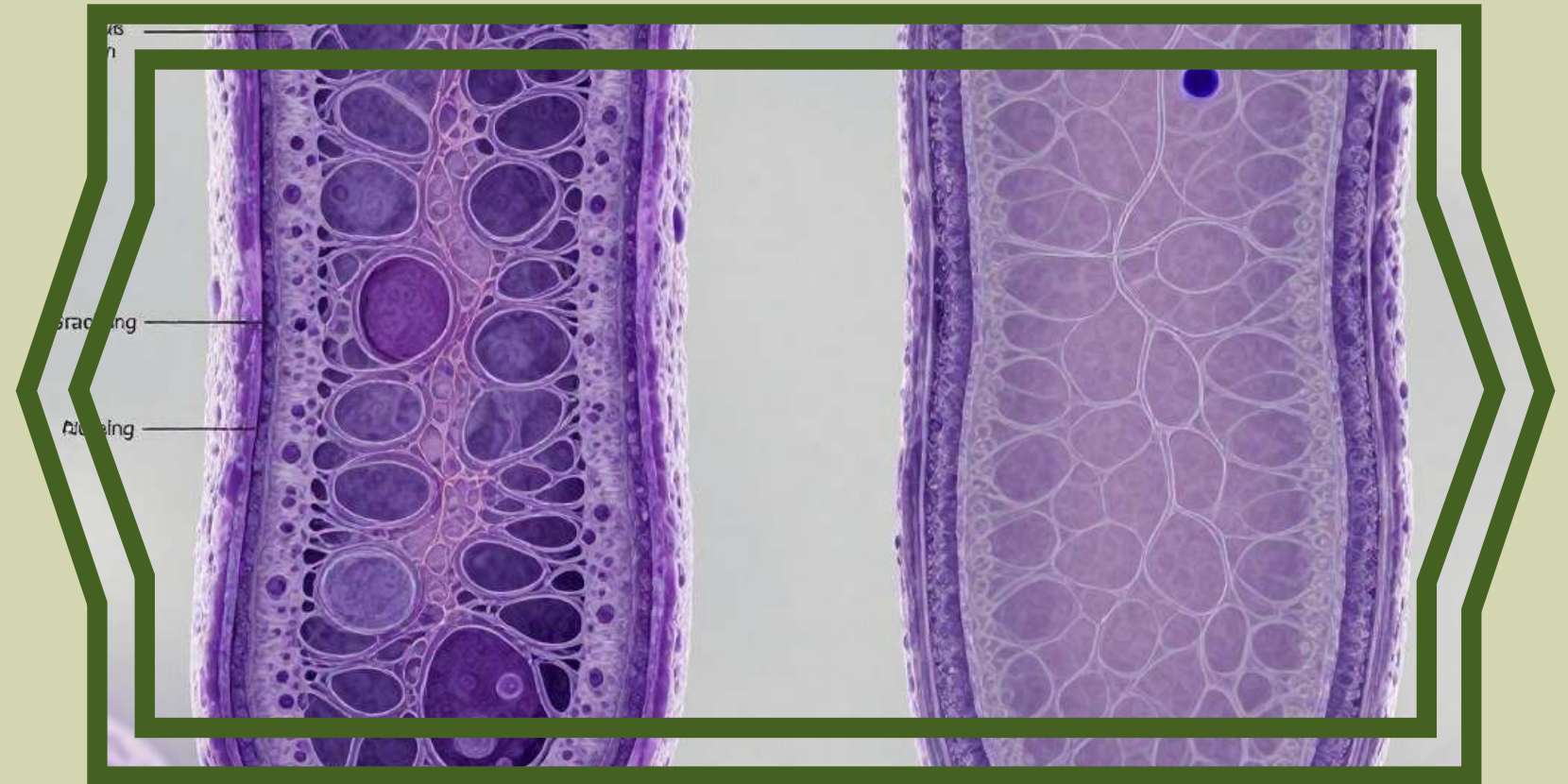
Внеклеточные структуры прокариот: функции и разнообразие



- Жгутики отвечают за движение в жидких средах, их расположение и количество варьируются между видами, обеспечивая эффективную навигацию.
- Пили способствуют прикреплению к поверхностям и генетическому обмену между клетками, а капсула защищает от фагоцитоза и высыхания, усиливая патогенность.

Грамм-окраска и строение стенки бактерий

1. Грамположительные бактерии имеют толстый слой муреина и окрашиваются в фиолетовый цвет, пример – *Staphylococcus aureus*. Они более восприимчивы к некоторым антибиотикам.



2. Грамотрицательные бактерии характеризуются тонким муреиновым слоем и дополнительной внешней мембраной, окрашиваются в розовый. Это обеспечивает повышенную устойчивость, например в *Escherichia coli*.

Типы питания прокариот: разнообразие стратегий



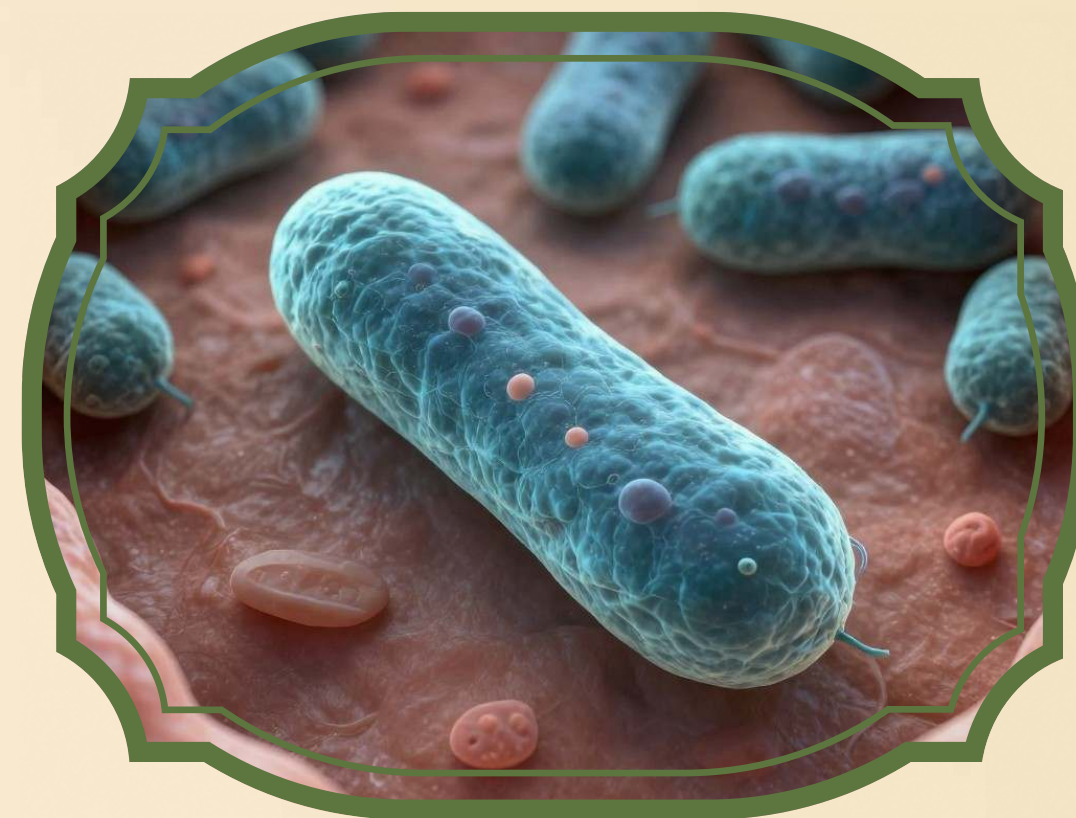
Автотрофные прокариоты и фотосинтез

Цианобактерии и пурпурные бактерии используют свет как источник энергии. Они производят кислород или используют альтернативные механизмы фотосинтеза без выделения кислорода.



Хемосинтетические бактерии

Нитрифицирующие бактерии, такие как *Nitrosomonas*, получают энергию окислением неорганических соединений, играя важную роль в круговороте азота.



Гетеротрофы: разнообразие питания

Гетеротрофные прокариоты разделяются на сапротрофов, паразитов и симбионтов. *Escherichia coli* обитает в кишечнике, участвуя в пищеварении хозяина.



Фотосинтез у прокариот: разнообразие и экология

Основные группы фотосинтетиков

Цианобактерии выделяют кислород и способны создавать масштабные цветения. Хлорофлекс и серобактерии осуществляют анаэробный фотосинтез с уникальными пигментами, расширяющими световой спектр.

Биологическое значение и экосистемные функции

Эти фотосинтетики способствуют глобальному круговороту углерода, поддерживают кислородный баланс и участвуют в формировании первичных пищевых цепей в экосистемах.

Метаболическое разнообразие прокариот

2 Анаэробные виды живут без кислорода, осуществляя ферментацию и другие анаэробные процессы для выработки энергии.

1 1. Аэробные прокариоты используют кислород для эффективного получения энергии, участвуя в биогеохимическом круговороте веществ.

3 3. Хемолитотрофы окисляют неорганические вещества, такие как аммоний или железо, играя роль в минерализации и поддержании экологического равновесия.

Адаптации прокариот к экстремальным условиям обитания



Выживание при экстремальном нагреве

Термофильные бактерии, такие как *Thermus aquaticus*, способны жить в горячих источниках при температурах около 80–90 °С. Их белки и клеточные мембраны устойчивы к термическому разложению, что позволяет им функционировать там, где другие организмы не выживают.



Жизнь в глубинах океана

В глубоководных гидротермальных жерлах обнаружен *Pyrolobus fumarii*, который выживает при температуре свыше 110 °С. Эти археи используют химические реакции с растворёнными газами для получения энергии в условиях отсутствия света.



Адаптации к экстремальной солёности и кислотности

Галофильные археи обитают в соляных озёрах и выдерживают чрезвычайно высокую концентрацию солей, а ацидофильные бактерии живут в кислых горячих источниках. Эти прокариоты обладают уникальными механизмами защиты клеточных структур от повреждений.



Особенности размножения и спорообразования у прокариот

- 1 Большинство прокариот размножаются бинарным делением, при котором одна клетка делится на две. Этот процесс обеспечивает быстрый и эффективный рост популяций при благоприятных условиях.
- 2 Спорообразование характерно для *Bacillus* и *Clostridium*, оно позволяет переносить экстремальные воздействия, такие как высушивание и ультрафиолетовое излучение. Споры могут сохранять жизнеспособность десятилетиями в состоянии покоя.

Генетический обмен и горизонтальный перенос генов

- 1 Конъюгация — передача плазмид между клетками через специальные пили, что способствует быстрому распространению полезных генов между прокариотами.
- 2 Трансформация заключается в захвате свободной ДНК из окружающей среды, позволяя бактериям усваивать новые генетические свойства и адаптироваться к изменяющимся условиям.
- 3 Трансдукция обеспечивается бактериофагами, которые переносят фрагменты ДНК между бактериальными клетками, повышая генетическое разнообразие и устойчивость к стрессам.
- 4 Горизонтальный перенос ускоряет появление устойчивости к антибиотикам и помогает прокариотам быстро приспосабливаться к новым экологическим нишам и факторам окружающей среды.

Около 70%

вся биомасса Земли приходится на прокариоты, что подчёркивает их чрезвычайное значение для поддержания экосистем и глобальных биогеохимических процессов. Данные микробиологических исследований и биомассовые оценки, 2023

Несмотря на огромное разнообразие, описано менее 20 000 видов прокариот. Они встречаются повсеместно: в почве, воде, атмосфере и организмах высших животных.



Морфологическое разнообразие прокариот: основные клеточные формы



Основные типы клеточных форм

Прокариоты имеют разнообразные формы: кокки — круглые, бациллы — палочковидные, вибрионы — изогнутые и спираиллы — спиралевидные. Каждая форма оптимизирована для определённых условий среды.

Связь формы с адаптацией

Актиномицеты формируют разветвлённые нити, что способствует колониальному образованию и проникновению в почву. Форма клетки обеспечивает эффективность передвижения, прикрепления и выживания в конкретных биотопах.

Колониальное строение и симбиотические отношения



Образование биоплёнок как стратегия выживания

Прокариоты образуют биоплёнки на различных поверхностях, включая зубной налёт и медицинские устройства. Эти структуры защищают клетки от антибиотиков и физических воздействий, сохраняя стабильность колонии.



Симбиоз с растениями и животными

Клубеньковые бактерии участвуют в азотфиксации, улучшая плодородие почв. В кишечнике человека прокариоты синтезируют витамины группы В и витамин К, поддерживая здоровье хоста и обмениваясь питательными веществами.

Экологическая роль прокариот в биосфере

Фиксация атмосферного азота

Азотфиксирующие бактерии превращают молекулярный азот в доступные формы, обеспечивая питательные вещества для растений и других организмов.

Разложение органических веществ

Сапротрофные бактерии и археи разлагают мёртвую органику, способствуя минерализации и обратному возвращению веществ в почву и воду.

Нитрификация и денитрификация

Прокариоты трансформируют аммиак в нитраты и обратно в азот, поддерживая баланс азотного цикла и предотвращая накопление токсичных соединений.

Участие в фотосинтезе и формировании почвы

Цианобактерии способствуют образованию почвы и выделяют кислород, играя важную роль в круговороте углерода и поддержании жизни на планете.

Прокариоты и микробиом человека: роль и значение



- Микробиом содержит триллионы прокариот, превышающих по численности собственные клетки тела, и обеспечивает синтез необходимых веществ и защиту от патогенов.
- Изменения в составе микробиоты связаны с развитием аутоиммунных и метаболических нарушений, подчёркивая важность баланса микроорганизмов для здоровья человека.

Практическое значение прокариот: биотехнологии и медицина



Антибиотики из прокариот

Streptomyces — источник множества антибиотиков, включая стрептомицин. Эти бактерии стали базой для создания эффективных лекарственных средств, спасающих миллионы жизней.



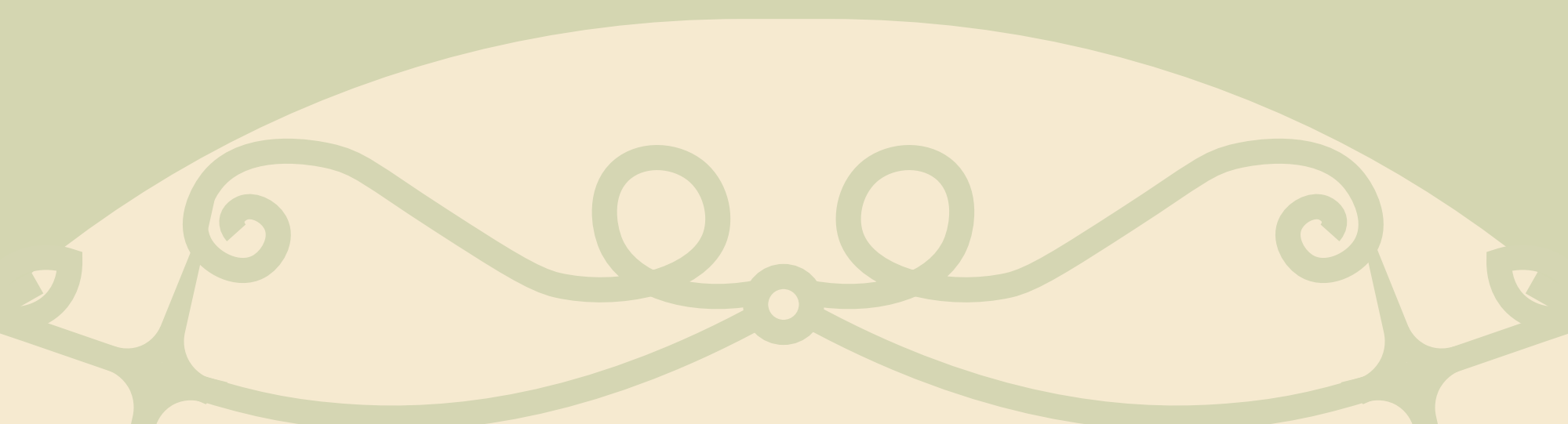
Генная инженерия и производство препаратов

E. coli активно используется для синтеза инсулина и других терапевтических белков. Манипуляции с генами бактерий позволяют создавать важные медицинские и промышленные продукты.



Экологические технологии с прокариотами

Цианобактерии применяют для очистки сточных вод и утилизации токсичных отходов, трансформируя загрязнители в безвредные соединения и способствуя восстановлению экосистем.



Значение прокариот для науки и общества

Прокариоты представляют собой основу биосферы благодаря своему разнообразию и адаптивности. Их изучение открывает перспективы для устойчивого развития, медицины и решения экологических задач будущего.