

ЛЕКЦИЯ № 2

БИООБЪЕКТЫ КАК СРЕДСТВО ПРОИЗВОДСТВА ЛЕКАРСТВЕННЫХ, ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ И ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Биология»
(профиль «Биохимия») при изучении дисциплины «Введение в биотехнологию»

ПЛАН ЛЕКЦИИ

1. Понятие о биологическом объекте
2. Микроорганизмы как объекты биотехнологии
3. Биообъекты растительного происхождения
4. Биообъекты животного происхождения
5. Ферменты как объекты биотехнологии

1. ПОНЯТИЕ О БИОЛОГИЧЕСКОМ ОБЪЕКТЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ – это:

1. центральный и обязательный элемент биотехнологического производства, обуславливающий его специфику;
2. активное начало в биотехнологических процессах.

Объектами биотехнологии являются разнообразные биологические системы:

- ✓ микроорганизмы;
- ✓ клеточные линии насекомых, растений, млекопитающих;
- ✓ вирусы насекомых, растений и млекопитающих;
- ✓ многоклеточные организмы (растения, мыши, домашние животные и т.п.).

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОБЪЕКТЫ БИОТЕХНОЛОГИИ:

- ✓ рекомбинанты (организмы, полученные методами генетической инженерии);
- ✓ растительные и животные клетки и ткани;
- ✓ термофильные микроорганизмы и ферменты;
- ✓ анаэробные микроорганизмы;
- ✓ ассоциации микроорганизмов;
- ✓ иммобилизованные биообъекты (ферменты, клетки).

1. ПОНЯТИЕ О БИОЛОГИЧЕСКОМ ОБЪЕКТЕ

«РАБОЧИЕ ЛОШАДКИ» БИОТЕХНОЛОГИИ:

✓ Бактерия *E. coli* – грамотрицательная непатогенная подвижная палочка длиной менее 1 мкм; традиционная среда обитания – кишечник человека. Кроме того, ее высевают из почвы и воды. *E. coli* можно культивировать в аэробных и анаэробных условиях. Однако для оптимальной продукции рекомбинантных белков ее обычно выращивают в аэробных условиях, т.к. рост клеточной биомассы и продукция белка лимитируется содержанием в питательной среде растворенного кислорода.

✓ Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* – непатогенные одноклеточные организмы с диаметром клетки около 5 мкм. Во многих отношениях является эукариотическим аналогом *E. coli*; размножаются почкованием, их способность к превращению сахара в этанол и углекислый газ издавна используется для приготовления напитков и хлеба. Клетки дрожжей делятся каждые 1,5–2 ч. *S. cerevisiae* – удобная модель для изучения других эукариот, в т.ч. и человека, т.к. у них многие гены ответственные за регуляцию клеточного деления, сходны с таковыми у человека. Все это способствовало идентификации и характеристике генов человека, отвечающих за развитие новообразований. Генетическая система дрожжей является неременным участником всех исследований по изучению ДНК человека.

✓ Клеточные линии животного и растительного происхождения.

1. ПОНЯТИЕ О БИОЛОГИЧЕСКОМ ОБЪЕКТЕ

ФУНКЦИИ БИООБЪЕКТА – полный биосинтез целевого продукта, включающий ряд последовательных ферментативных реакций или катализ лишь одной ферментативной реакции, имеющей ключевое значение для получения целевого продукта.

Биообъект, осуществляющий полный биосинтез целевого продукта, называется **ПРОДУЦЕНТОМ**.

Биообъект, являющийся индивидуальным ферментом или выполняющий функцию одной ферментативной реакции, называется **ПРОМЫШЛЕННЫМ БИОКАТАЛИЗАТОРОМ**.

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К БИООБЪЕКТАМ:

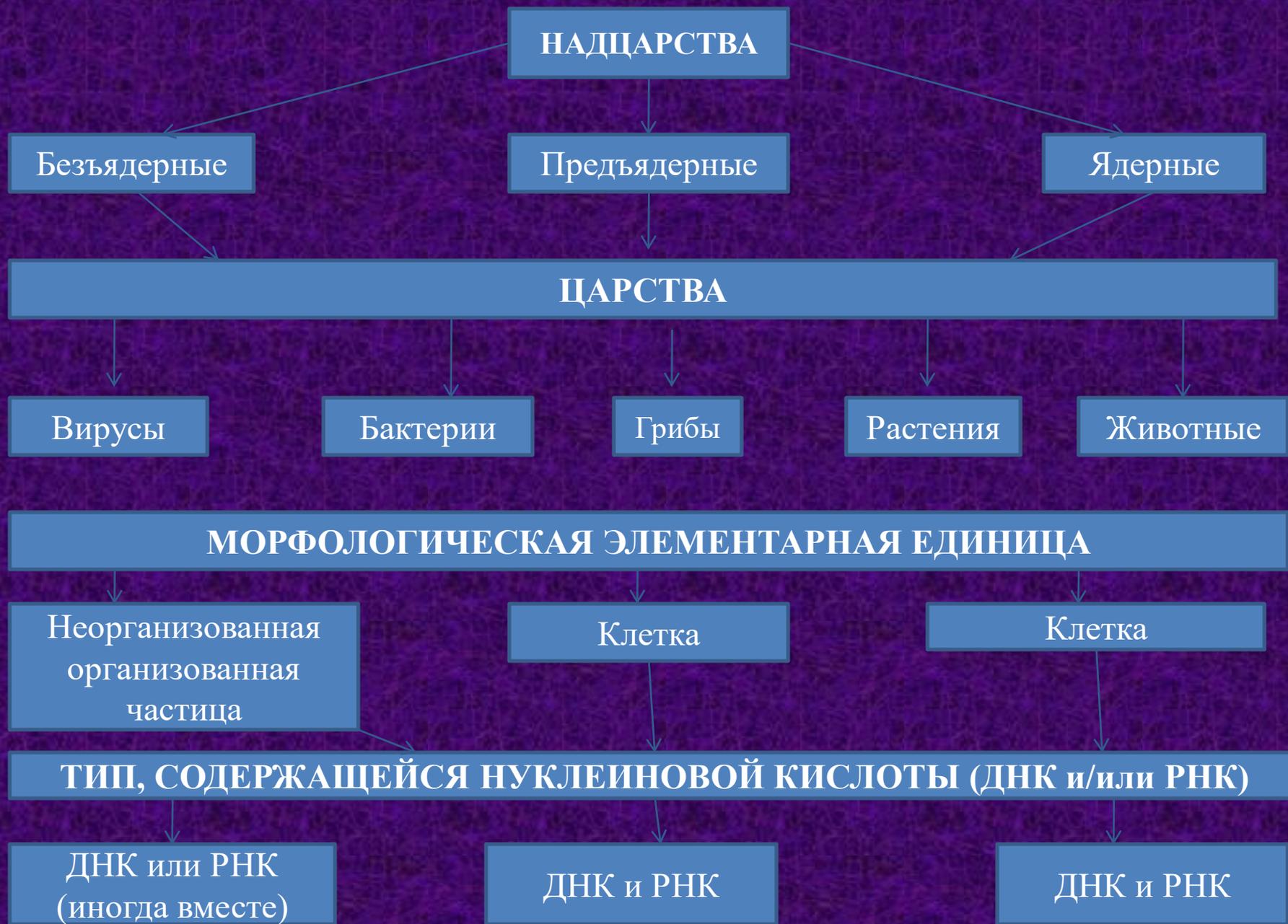
- ✓ способность к росту на доступных и экономичных питательных средах, в том числе на отходах различного происхождения;
- ✓ высокая скорость роста и образования целевого продукта;
- ✓ минимальное образование побочных продуктов;
- ✓ стабильность продуцента в отношении технологических свойств;
- ✓ безвредность для человека и окружающей среды;
- ✓ устойчивость к инфекции, что важно для поддержания стерильности;
- ✓ фагоустойчивость.

1. ПОНЯТИЕ О БИОЛОГИЧЕСКОМ ОБЪЕКТЕ

КЛАССИФИКАЦИЯ БИООБЪЕКТОВ ПО УРОВНЮ ОРГАНИЗАЦИИ:

- а) субклеточные структуры: вирусы, плазмиды, ДНК митохондрий, хлоропластов, ядер ДНК;
- б) бактерии и цианобактерии;
- в) грибы;
- г) водоросли;
- д) простейшие;
- е) культуры клеток растений и животных;
- ж) растения – низшие (анабена-азолла) и высшие – рясковые.

1. ПОНЯТИЕ О БИОЛОГИЧЕСКОМ ОБЪЕКТЕ



1. ПОНЯТИЕ О БИОЛОГИЧЕСКОМ ОБЪЕКТЕ

ОТЛИЧИЯ ПРОКАРИОТИЧЕСКИХ И ЭУКАРИОТИЧЕСКИХ ОРГАНИЗМОВ

ПРИЗНАК	ПРОКАРИОТИЧЕСКАЯ КЛЕТКА	ЭУКАРИОТИЧЕСКАЯ КЛЕТКА
Организация генетического материала	Нуклеоид, состоящий из одной замкнутой в кольцо или линейной хромосомы, расположен непосредственно в цитоплазме; имеются гистоноподобные белки	Ядро, содержащее обычно более одной хромосомы, окружено двухслойной ядерной мембраной; имеются белки гистоны
Локализация ДНК	В нуклеоиде и плаزمиде	В ядре, некоторых органеллах
Цитоплазматические органеллы	Отсутствуют (кроме рибосом)	Имеются
Рибосомы	70 (S-типа)	80 (S-типа)
Движение цитоплазмы	Отсутствует	Часто обнаруживается
Жгутики	Состоят из одной фибриллы	Состоят из собранных в группы микротрубочек
Компартментализация клеток	Слабо выражена	Клетка разделена мембранами на отдельные отсеки
Клеточная стенка	Содержит пептидогликан муреин	Пептидогликан муреин отсутствует
Цитоплазматические органеллы	Отсутствуют (кроме рибосом)	Имеются

1. ПОНЯТИЕ О БИОЛОГИЧЕСКОМ ОБЪЕКТЕ

ПРИЗНАК	ПРОКАРИОТИЧЕСКАЯ КЛЕТКА	ЭУКАРИОТИЧЕСКАЯ КЛЕТКА
Размножение клеток	Размножаются бинарным делением	Различные формы бесполого и полового размножения
Форма и размеры клеток	Одиночные клетки или простые ассоциации сходных клеток, имеющие сферическую, цилиндрическую или изогнутую форму и средние размеры 0,2–10,0 мкм	Клетки имеют диаметр до 40 мкм; являются одноклеточными, нитчатыми или истинно многоклеточными организмами
Дыхание и фотосинтез	Процессы дыхания и фотосинтеза связаны с цитоплазматической мембраной или ее производными. Кроме того, большая группа прокариот способна жить без доступа молекулярного кислорода, получать энергию в процессе анаэробного дыхания или брожения	У эукариот аэробное дыхание происходит в митохондриях, а фотосинтез в хлоропластах, содержащих специальные мембраны, организованные в ламеллы или граны
Отношение к источникам энергии	Некоторые прокариоты (хемолитотрофы) могут получать энергию путем окисления различных неорганических соединений в процессе аэробного дыхания	Это не характерно для эукариот
Способность к фиксации молекулярного азота	Некоторые прокариоты обладают способностью к фиксации азота	Эукариоты не способны фиксировать молекулярный азот

1. ПОНЯТИЕ О БИОЛОГИЧЕСКОМ ОБЪЕКТЕ

КЛАССИФИКАЦИЯ БИООБЪЕКТОВ ПО ПРИНЦИПУ ИХ СОРАЗМЕРНОСТИ

№ п/п	Размер биологического объекта	Вид биологического объекта
1.	от 10 м до 1 см	Человек, животные, растения-бионакопители сапонинов, алкалоидов и т.п.
2.	от 1 см до 1 мм	Гигантские водоросли, каллусные культуры меристемы, культуры тканей, культуры клеток
3.	от 1 мм до 1 мкм	Клетки эукариот и прокариот в культуре, биопродуценты и биотрансформаторы
4.	от 1 мкм до 1 нм	Бактериофаги, вирусы, липосомы
5.	менее 1 нм	ДНК, ферменты, макромолекулы-носители

2. МАКРООРГАНИЗМЫ КАК ОБЪЕКТЫ БИОТЕХНОЛОГИИ

КЛАССИФИКАЦИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ ПО ИСТОЧНИКАМ ЭНЕРГИИ, УГЛЕРОДА И ДОНОРОВ ЭЛЕКТРОНОВ

Группа	Источник			Название подгруппы
	энергии	углерода	доноров электронов (водорода)	
Фототрофные бактерии	Свет	Неорганический	Неорганические вещества	Фотоавтолитотрофы
		Органический	Органические вещества	Фотогетероорганотрофы
Хемотрофные бактерии	Химические реакции	Неорганический	Неорганические вещества	Хемоавтолитотрофы
		Органический	Неорганические вещества	Хемогетеролитотрофы
			Органические вещества	Хемогетероорганотрофы

2. МАКРООРГАНИЗМЫ КАК ОБЪЕКТЫ БИОТЕХНОЛОГИИ

КЛАССИФИКАЦИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ ПО ТЕМПЕРАТУРНОМУ ОПТИМУМУ РАЗВИТИЯ

ОСНОВНЫЕ ПОДГРУППЫ:

1. **ТЕРМОФИЛЫ:** 45 – 90 °С и выше
2. **МЕЗОФИЛЫ:** 10 – 47 °С
3. **ПСИХРОФИЛЫ:** -5 – 35 °С

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПОДГРУППЫ:

1. **ОБЛИГАТНЫЕ ПСИХРОФИЛЫ:** не растут при температуре выше 20 °С
2. **ФАКУЛЬТАТИВНЫЕ ПСИХРОФИЛЫ:** верхний температурный предел превышает 4–20 °С
3. **СТЕНОТЕРМОФИЛЫ:** не растут при температуре ниже 37 °С
4. **ЭВРИТЕРМОФИЛЫ:** растут при температуре ниже 37 °С
5. **СУПЕРТЕРМОФИЛЫ:** температурный оптимум 105 °С и выше

2. МАКРООРГАНИЗМЫ КАК ОБЪЕКТЫ БИОТЕХНОЛОГИИ

ПРЕИМУЩЕСТВА МИКРООРГАНИЗМОВ КАК БИООБЪЕКТОВ

1. «Простота» организации генома

2. Относительно легкая приспособляемость (лабильность) к среде обитания в естественных и искусственных условиях

3. Выраженные скорости протекания ферментативных реакций и нарастания клеточной массы в единицу времени

2. МАКРООРГАНИЗМЫ КАК ОБЪЕКТЫ БИОТЕХНОЛОГИИ

ПРИЧИНЫ ВЫБОРА МИКРООРГАНИЗМОВ КАК ОБЪЕКТОВ БИОТЕХНОЛОГИИ

1. Клетки – это своего рода «биофабрики», вырабатывающие в процессе жизнедеятельности разнообразные ценные продукты (белки, жиры, углеводы, витамины, аминокислоты, антибиотики, гормоны, антитела, антигены, ферменты, спирты и др.), которые необходимы для человека, но пока недоступны для получения «небиотехнологическими» способами из-за сложности технологии или экономической нецелесообразности их производства.

2. Клетки очень быстро воспроизводятся, что позволяет за короткое время искусственно нарастить в промышленных масштабах на сравнительно экономичных, недефицитных, воспроизводимых питательных средах значительное количества биомассы.

3. Биосинтез многих сложных веществ (белков, антибиотиков, антигенов, антител и др.) значительно экономичнее и технологически доступнее в сравнении с их химическим синтезом.

4. Возможность проведения биотехнологического процесса в промышленных масштабах.

2. МАКРООРГАНИЗМЫ КАК ОБЪЕКТЫ БИОТЕХНОЛОГИИ

ОСОБЕННОСТИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

- 1. применение специальных биореакторов, в которых возможно поддержание асептических условий в течение продолжительного времени**
- 2. видовые различия биообъектов, с которыми связаны специфические характеристики питательных сред, кардинальные точки температуры и значений pH**
- 3. невозможность поддержания постоянства критериев химического, теплового, диффузионного и гидродинамического подобия, обуславливающие проблемы масштабирования биотехнологических процессов**
- 4. различия в массообменных процессах у аэробов и анаэробов: культивирование аэробов осуществляют в трехфазных системах ("твердое тело (клетки) – жидкость – газ"), а анаэробов – в двухфазных системах ("твердое тело (клетки) – жидкость")**
- 5. обязательное перемешивание культуральных жидкостей (для улучшения массообмена), и связанная с ним проблема пеногашения**
- 6. микроорганизмы чувствительны к воздействию механических, физических и химических факторов**
- 7. при микробном синтезе имеют место индукция, активация, ингибирование и другие регуляторные процессы, усложняющие регуляцию размножения продуцента и биосинтез конечного продукта**
- 8. отдельные виды микроорганизмов являются болезнетворными, поэтому работа с ними должна проводиться с соблюдением правил техники безопасности**
- 9. некоторые представители микробного мира должны культивироваться только на (в) живых тканях/клетках**

2. МАКРООРГАНИЗМЫ КАК ОБЪЕКТЫ БИОТЕХНОЛОГИИ

ВИДЫ БИОХИМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ

1. Нарращивание клеточной биомассы в качестве целевого продукта (пекарские и кормовые дрожжи, вакцины и т.п.)

2. Биосинтез в процессе роста и развития клеток ценных биохимических продуктов: некоторые из них выделяются в культуральную среду (внеклеточные продукты), а некоторые накапливаются в клеточной биомассе (внутриклеточные продукты)

3. Биотрансформация – процесс, в результате которого под действием биохимической деятельности микроорганизмов или ферментов происходит изменение химической структуры исходного химического вещества (превращение глюкозы во фруктозу под действием глюкоизомеразы, глицерина в диоксиацетон – глюконобактерий)

4. Потребление микроорганизмами из жидких сред различных веществ, являющихся нежелательными примесями (очистка сточных вод), т.е. биомасса служит промежуточным агентом и по окончании процесса утрачивает свою потребительскую ценность

5. Выщелачивание с помощью микроорганизмов из ценных металлов из руд

6. Использование биохимической деятельности микроорганизмов с целью образования газов и за счет этого создание пористых материалов (приготовление хлеба с применением дрожжей)

2. МАКРООРГАНИЗМЫ КАК ОБЪЕКТЫ БИОТЕХНОЛОГИИ

ПРИМЕРЫ МИКРООРГАНИЗМОВ, ПРИМЕНЯЮЩИХСЯ В БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Микроорганизм	Тип	Целевой продукт
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Дрожжи	Пекарские дрожжи, вино, эль, саке
<i>Streptococcus thermophilus</i>	Бактерии	Йогурт
<i>Propionibacterium shermanii</i>	Бактерии	Швейцарский сыр
<i>Gluconobacterium suboxidans</i>	Бактерии	Уксус
<i>Penicillium roquefortii</i>	Плесень	Сыры типа рокфор
<i>Aspergillus oryzae</i>	Плесень	Саке
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Дрожжи	Этанол
<i>Clostridium acetobutylicum</i>	Бактерии	Ацетон
<i>Xanthomonas campestris</i>	Бактерии	Полисахариды
<i>Corynebacterium glutamicum</i>	Бактерии	L-лизин
<i>Candida utilis</i>	Дрожжи	Микробный белок
<i>Propionibacterium</i>	Бактерии	Витамин В ₁₂
<i>Aspergillus oryzae</i>	Плесень	Амилаза
<i>Kluyveromyces fragilis</i>	Дрожжи	Лактаза
<i>Saccharomycopsis lipolytica</i>	Дрожжи	Липаза
<i>Bacillus</i>	Бактерии	Протеазы
<i>Endothia parasitica</i>	Плесень	Сычужный фермент
<i>Leocanostoc mesenteroides</i>	Бактерии	Декстран
<i>Xanthomonas campestris</i>	Бактерии	Ксантан

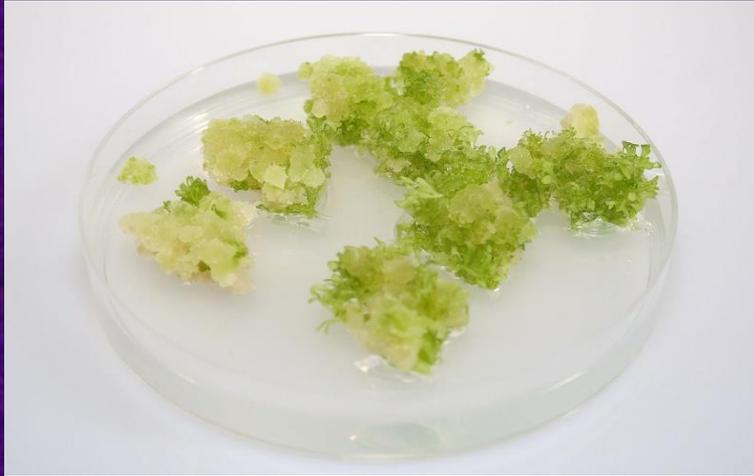
3. БИООБЪЕКТЫ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

ХАРАКТЕРНЫЕ ПРИЗНАКИ РАСТЕНИЙ

- способность к фотосинтезу
- наличие четкого чередования поколений в цикле развития
- полное отсутствие активного перемещения
- растения являются продуцентами, т.е. синтезируют органические вещества из неорганических, используя энергию солнечного света
- клетки растений содержат хлорофилл
- клетки растений запасают органические вещества в виде жидких растительных жиров и крахмала
- растительные клетки имеют оболочку
- большинство растений прикреплено к субстрату
- для растений характерно вегетативное, бесполое и половое размножение

3. БИООБЪЕКТЫ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

КУЛЬТУРА РАСТИТЕЛЬНЫХ КЛЕТОК – искусственно созданная биологическая система, функционирующая *in vitro* и сохраняющая многие черты, свойственные интактному растению.

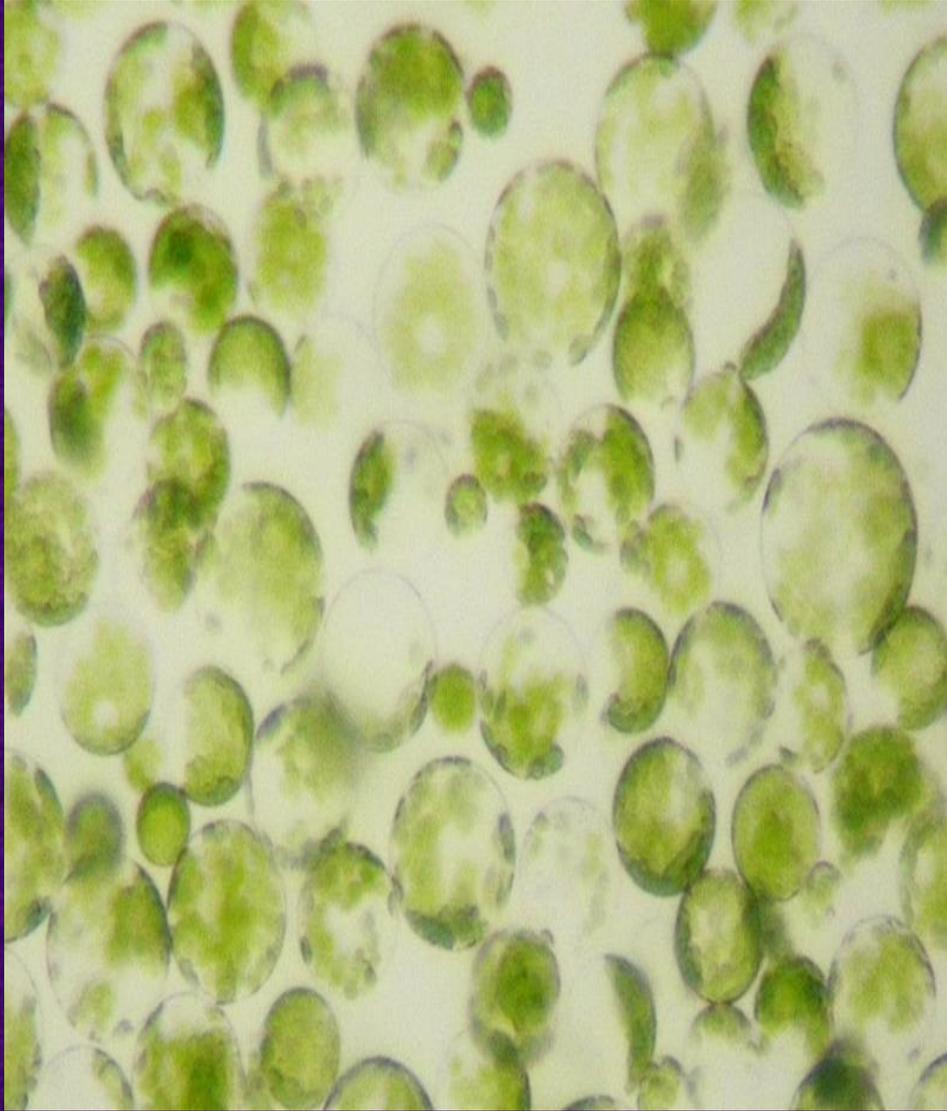


КАЛЛУСНАЯ КУЛЬТУРА – длительно выращиваемая пересадочная культура тканей, возникших путем пролиферации клеток изолированных сегментов разных органов или самих органов (пыльники, семяпочки и т.д.) растений



СУСПЕНЗИОННАЯ КУЛЬТУРА – отдельные клетки или группы клеток, выращиваемые во взвешенном состоянии в жидкой среде; Представляют собой относительно гомогенную популяцию клеток, которую легко подвергнуть воздействию химических веществ

3. БИООБЪЕКТЫ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ



Протопласты клеток листа петунии, полученные обработкой клеток целлюлазами и пектиназами

ПРОТОПЛАСТ (от др.-греч. *πρῶτος* — «первый» + *πλαστός* — образованный, вылепленный и др.) — содержимое растительной или бактериальной клетки, за исключением внешней клеточной оболочки (клеточной стенки), однако вместе с клеточной (плазматической) мембраной.

Протопласт включает:

- ✓ цитоплазму
- ✓ ядро
- ✓ все органеллы
- ✓ клеточную мембрану

Термин «протопласт» введен А. Ганштейном в 1880 году.

3. БИООБЪЕКТЫ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

ПРОДУКТЫ БИОСИНТЕЗА РАСТИТЕЛЬНЫХ КЛЕТОК И ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Растение	Соединение	Область применения
<i>Rauwolfia serp.</i>	Индольные алкалоиды	ФАРМАЦИЯ
<i>Panax ginseng</i>	Панаксазиды	
<i>Dioscorea deltoidea</i>	Стероидные сапонины	
<i>Lithospermum erythrorhizon</i>	Шиконин	ПИЩЕВОЕ ПРОИЗВОДСТВО
<i>Nicotiana tabacum</i>	Аминокислоты, ферменты, витамины	СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО ПИЩЕВОЕ ПРОИЗВОДСТВО

4. БИООБЪЕКТЫ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

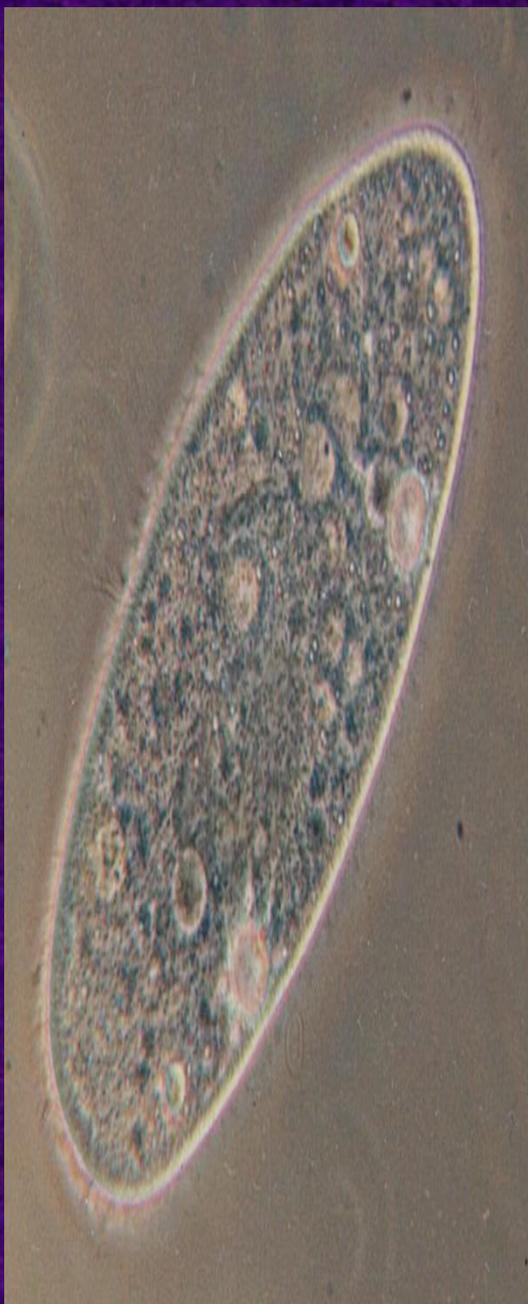
ХАРАКТЕРНЫЕ ПРИЗНАКИ ЖИВОТНЫХ

- принадлежат к царству *Animalia*, надцарству – эукариоты
- гетеротрофы, для них характерно хищничество и паразитизм
- экологическая роль – консументы, часть из них – редуценты
- запасают жиры и гликоген
- клетки животных ограничены мембраной или клеточной оболочкой, упроченной хитином или жироподобными веществами, находящимися в комплексе с белковыми соединениями
- способны к активному перемещению
- имеют нервную систему и развитые органы чувств
- для большинства животных характерно половое размножение

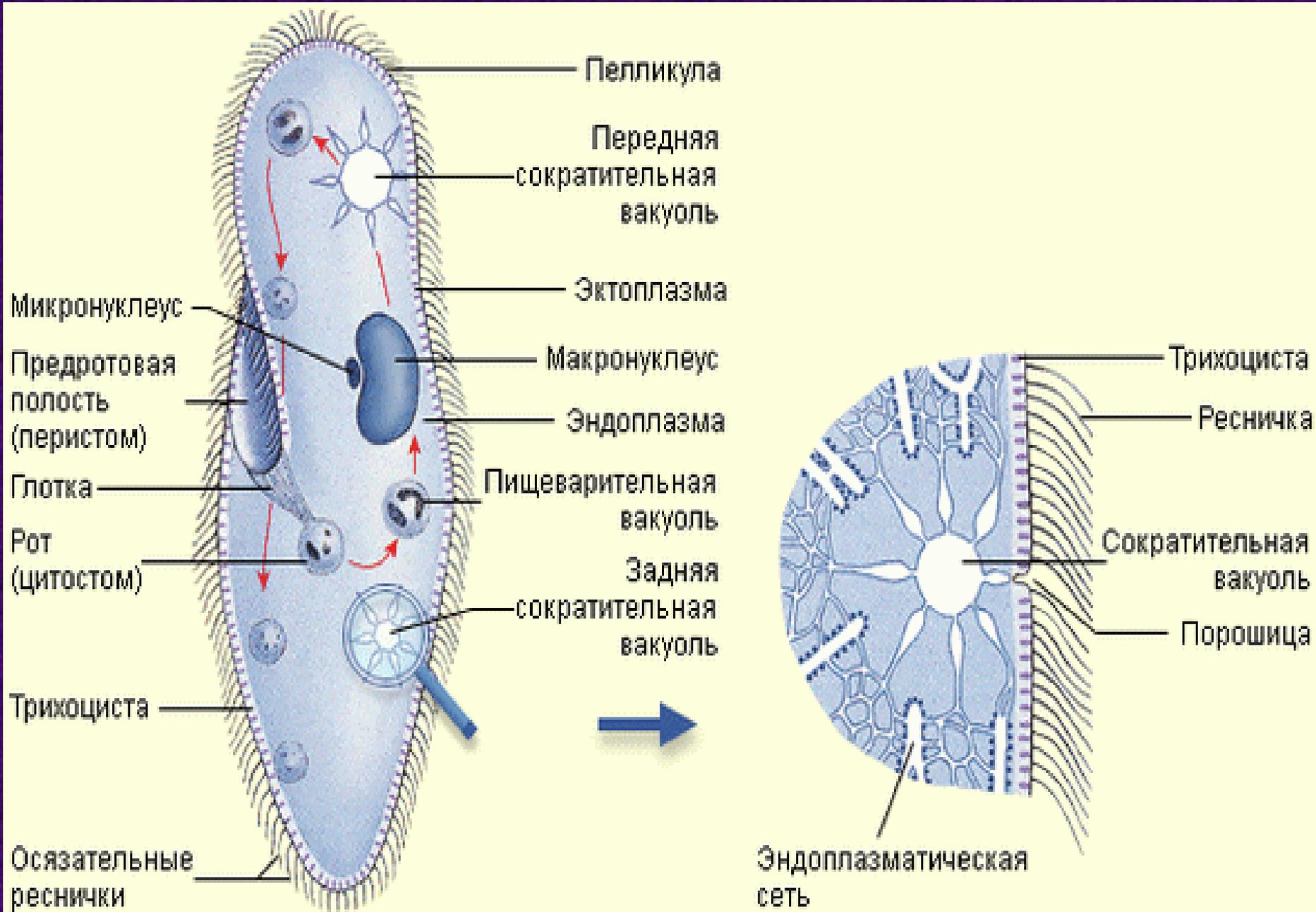
4. БИООБЪЕКТЫ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

ПРОСТЕЙШИЕ (*Protozoa*) — эукариотические одноклеточные микроскопические животные, составляющие подцарство *Protozoa* царства животных *Animalia*.

Простейшие широко распространены в природе, некоторые из них обитают в теле человека.



4. БИООБЪЕКТЫ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ



4. БИООБЪЕКТЫ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОСТЕЙШИХ

ИСТОЧНИК ФЕРМЕНТОВ (целлюлазы)

ПРОТИВООПУХОЛЕВЫЕ ПРЕПАРАТЫ (круцин (трипаноза), астазилид и др.)

ПОЛИСАХАРИДЫ (парамилон, глюканы и др.)

ИСТОЧНИК БЕЛКА

5. ФЕРМЕНТЫ КАК ОБЪЕКТЫ БИОТЕХНОЛОГИИ

ФЕРМЕНТЫ – специфические белки, входящие в состав всех клеток и тканей живых организмов, выполняющие роль биологических катализаторов.

СВОЙСТВА ФЕРМЕНТОВ

- Специфичность действия
- Высокая каталитическая активность
- Высокая лабильность

КЛАССИФИКАЦИЯ ФЕРМЕНТОВ

1. Оксиредуктазы
2. Трансферазы
3. Гидролазы
4. Лиазы
5. Изомеразы
6. Лигазы (синтетазы)

5. ФЕРМЕНТЫ КАК ОБЪЕКТЫ БИОТЕХНОЛОГИИ ПРЕИМУЩЕСТВА БИОКАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

1. Каталитическая активность ферментов высокоспецифична и ограничивается одним типом реакций, так что не происходит побочных реакций.

2. Ферменты могут сразу атаковать исходную молекулу и осуществлять превращение, для которого потребовалось бы несколько вспомогательных многоступенчатых химических синтезов.

3. Химические преобразования вещества упрощаются – одна или две ступени вместо многоступенчатого синтеза.

4. Ферментативные реакции могут протекать с большой скоростью в мягких условиях.

НЕДОСТАТКИ БИОКАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

1. Для получения чистого продукта нужен чистый фермент, а его выделение очень дорого.

2. В выходящем из реактора целевом продукте сохраняется фермент, который продолжает действовать.

3. Дорогостоящий фермент используется только однократно.

4. Свободный фермент быстро инактивируется (разрушается).

5. В отличие от биомассы, которая самовоспроизводится в процессе непрерывной ферментации, фермент в непрерывном процессе нужно все время вводить, так как он вымывается с продуктом реакции.

5. ФЕРМЕНТЫ КАК ОБЪЕКТЫ БИОТЕХНОЛОГИИ

СФЕРЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

№ п/п	Сферы применения	Примеры
1.	Органический синтез	Аминокислоты (аспарагиновая кислота, тирозин, диоксифенилтирозин, триптофан и др.), аспартам, акриламид, яблочная кислота, β -лактамные антибиотики, простогландины
2.	Аналитическая практика	1. Ферментативный анализ метаболитов: ✓ кинетический метод (зависимость скорости ферментативной реакции, в которой исходное соединение выступает в качестве субстрата, от его концентрации) ✓ метод титрования субстрата ферментом (биохимическое определение глюкозы, мочевины) 2. Анализ с применением биосенсоров (ферментные электроды и биосенсоры на основе клеток) 3. Иммуноферментный анализ 4. Анализ с помощью полимеразной цепной реакции 5. Билюминесцентный анализ
3.	Пищевое производство	Глюкозо-фруктозный сироп, переработка молочной сыворотки, этанол, пиво, творог, сыр, вино, соки
4.	Медицина	Антибиотики, стероидные соединения, ферменты коррекции пищеварения, ферменты наружного применения, тромболитические ферменты, ферменты противоопухолевой терапии
5.	Охрана окружающей среды	1. Создание новых технологических процессов с минимальным уровнем отходов-ксенобиотиков 2. Разработка высокоэффективных процессов деструкции ксенобиотиков с образованием продуктов, нетоксичных для окружающей среды