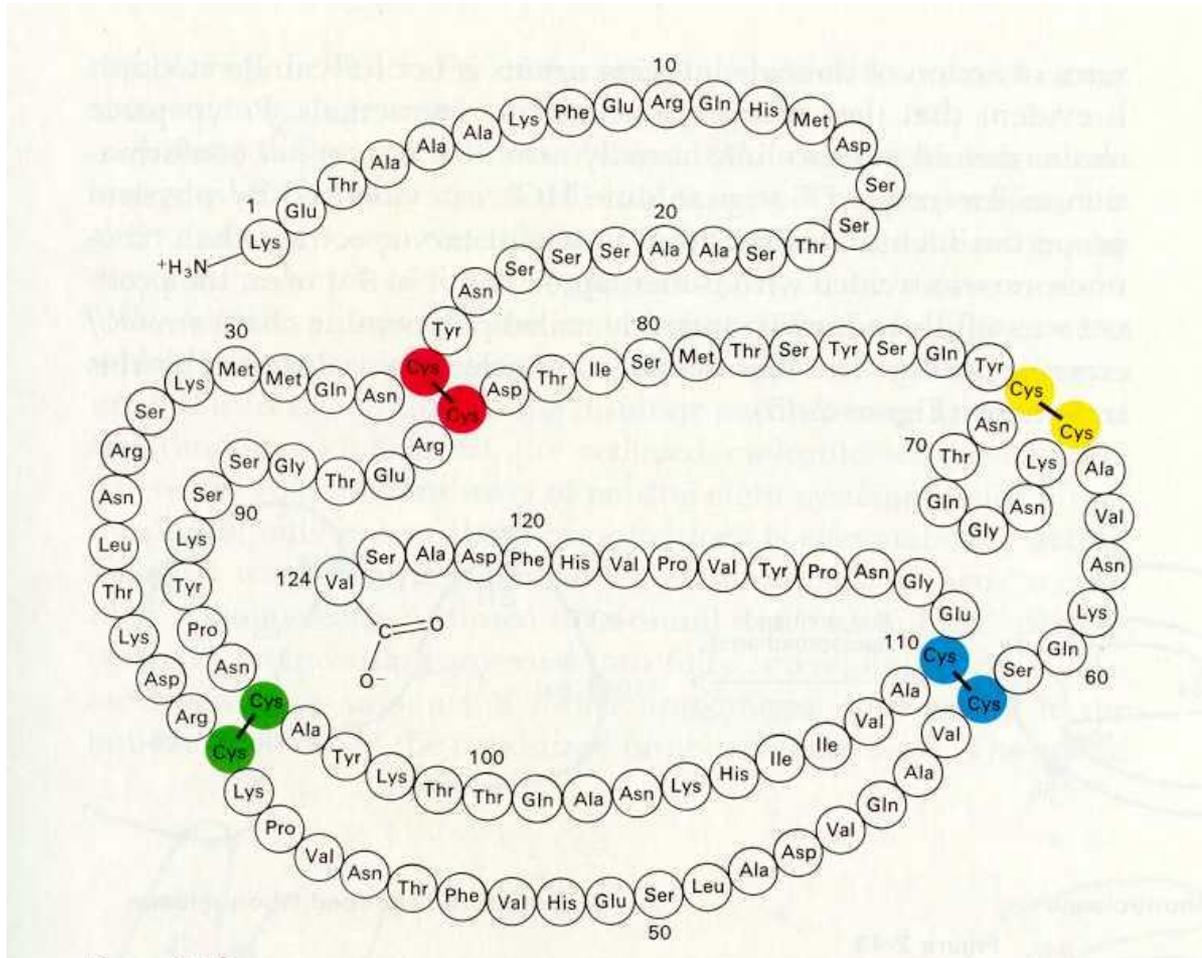


Промышленное получение аминокислот и их применение в медицине и диетологии

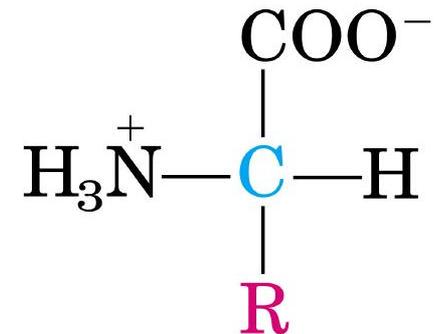
Профессор , доктор биологических наук Лившиц В.А.
Российский университет дружбы народов
2011

Аминокислоты –компоненты белков

Структура белка



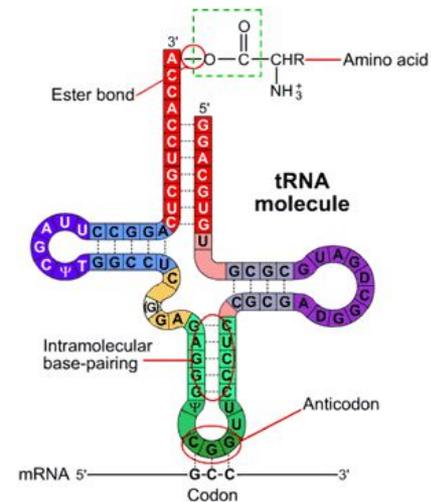
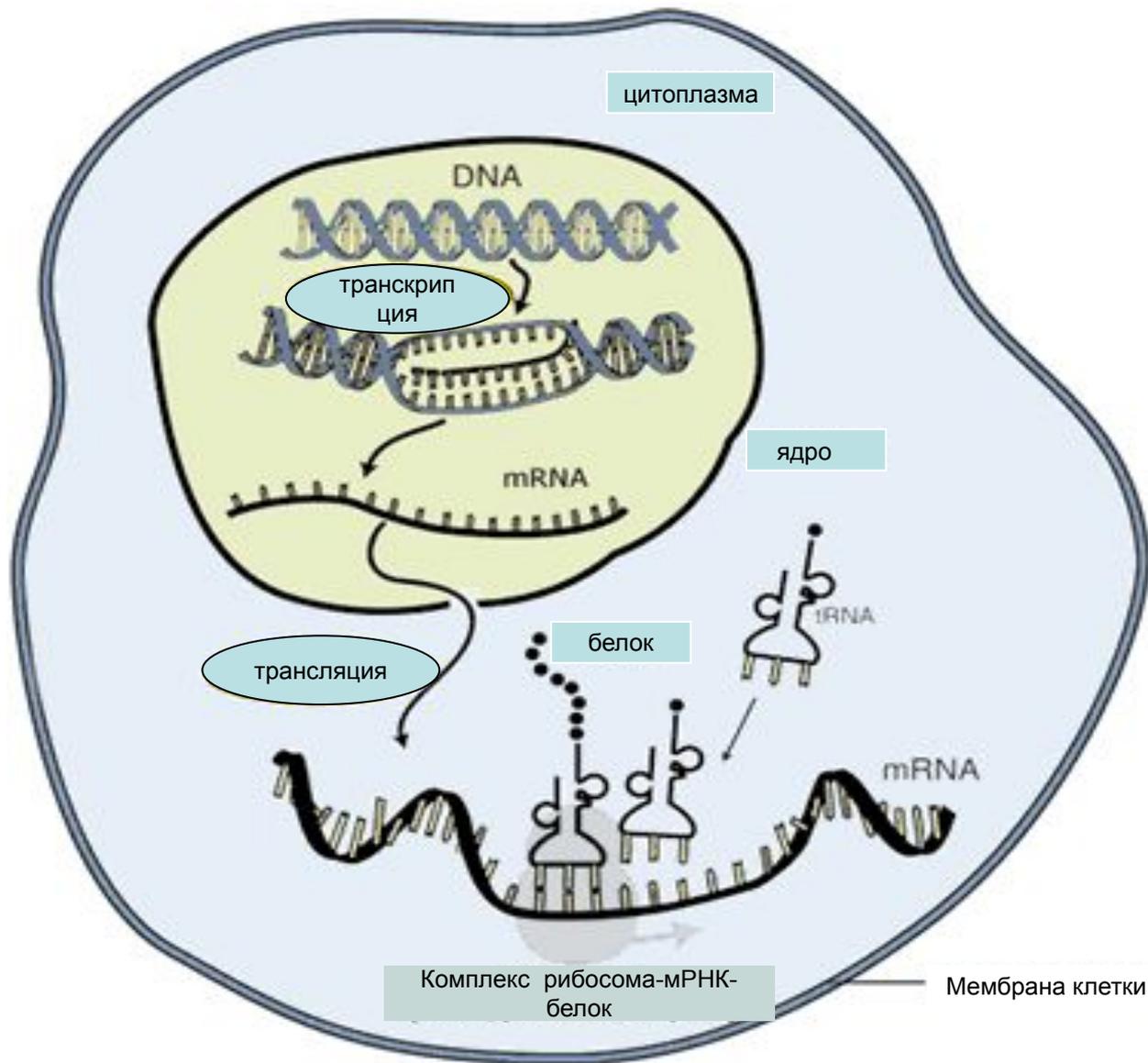
Структура аминокислот



20 аминокислот, входящих в состав белков, и их обозначение

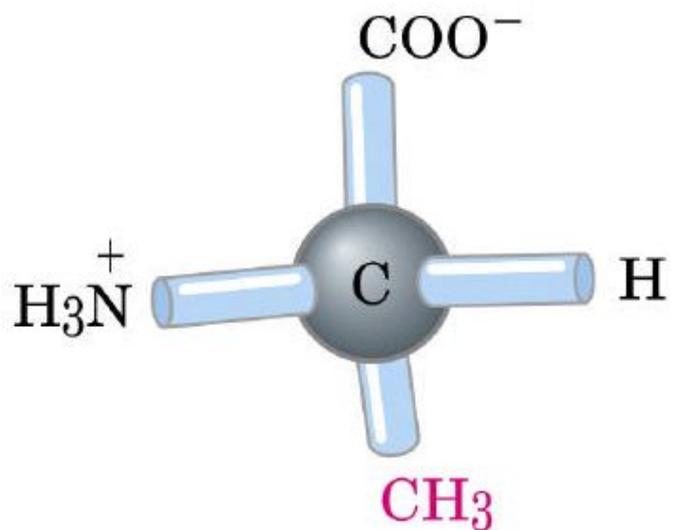
Amino acid	Three-letter abbreviation	One-letter abbreviation	Amino acid	Three-letter abbreviation	One-letter abbreviation
Alanine	Ala	A	Methionine	Met	M
Arginine	Arg	R	Phenylalanine	Phe	F
Asparagine	Asn	N	Proline	Pro	P
Aspartic Acid	Asp	D	Serine	Ser	S
Cysteine	Cys	C	Threonine	Thr	T
Glutamine	Gln	Q	Tryptophan	Trp	W
Glutamic Acid	Glu	E	Tyrosine	Tyr	Y
Glycine	Gly	G	Valine	Val	V
Histidine	His	H	Asparagine or aspartic acid	Asx	B
Isoleucine	Ile	I	Glutamine or glutamic acid	Glx	Z
Leucine	Leu	L			
Lysine	Lys	K			

Синтез белка в клетке

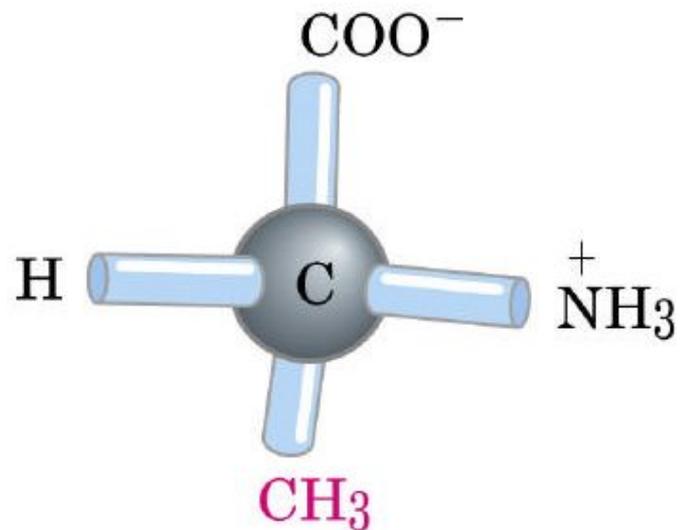


«Заряженная» аминокислотой
тРНК

В состав белков входят L-стереоизомеры аминокислот



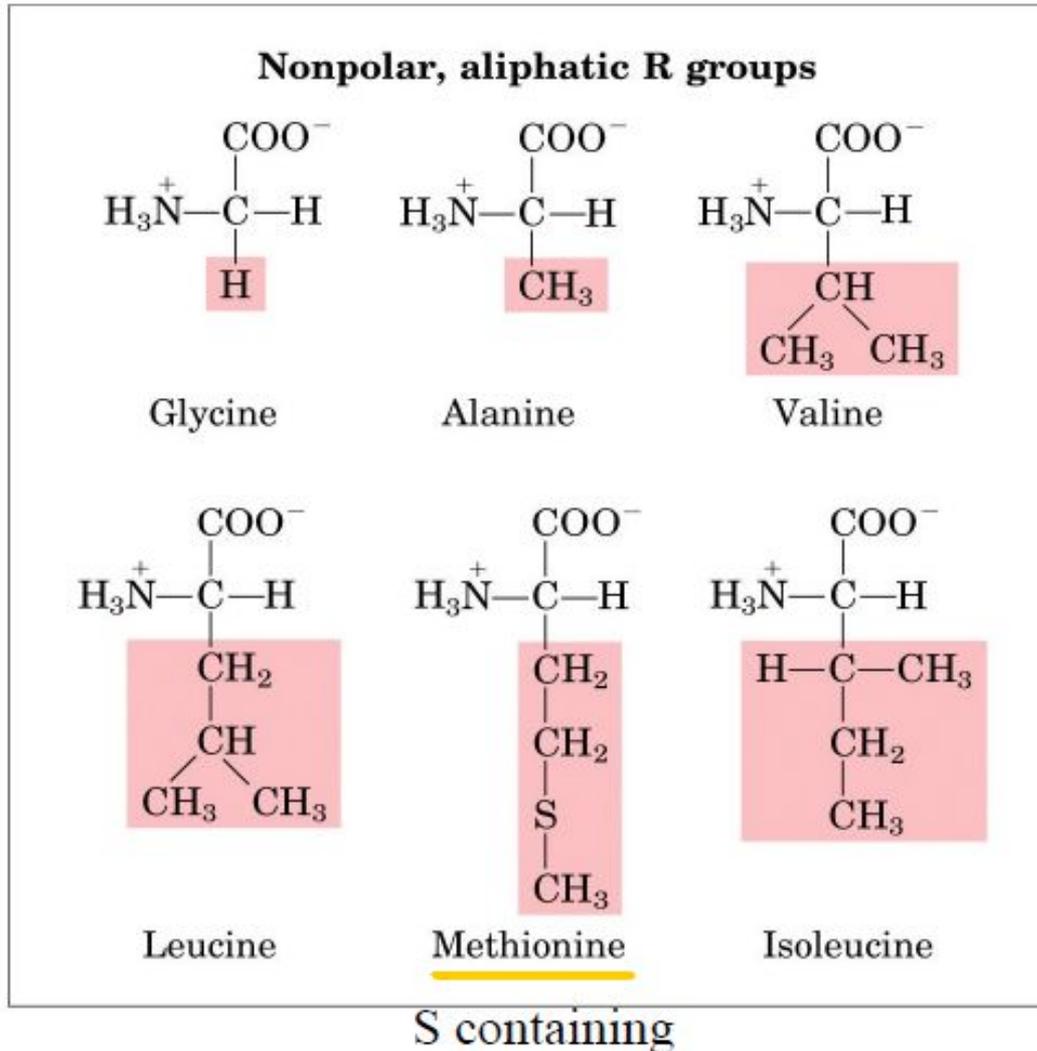
L-Alanine



D-Alanine

Неполярные алифатические аминокислоты

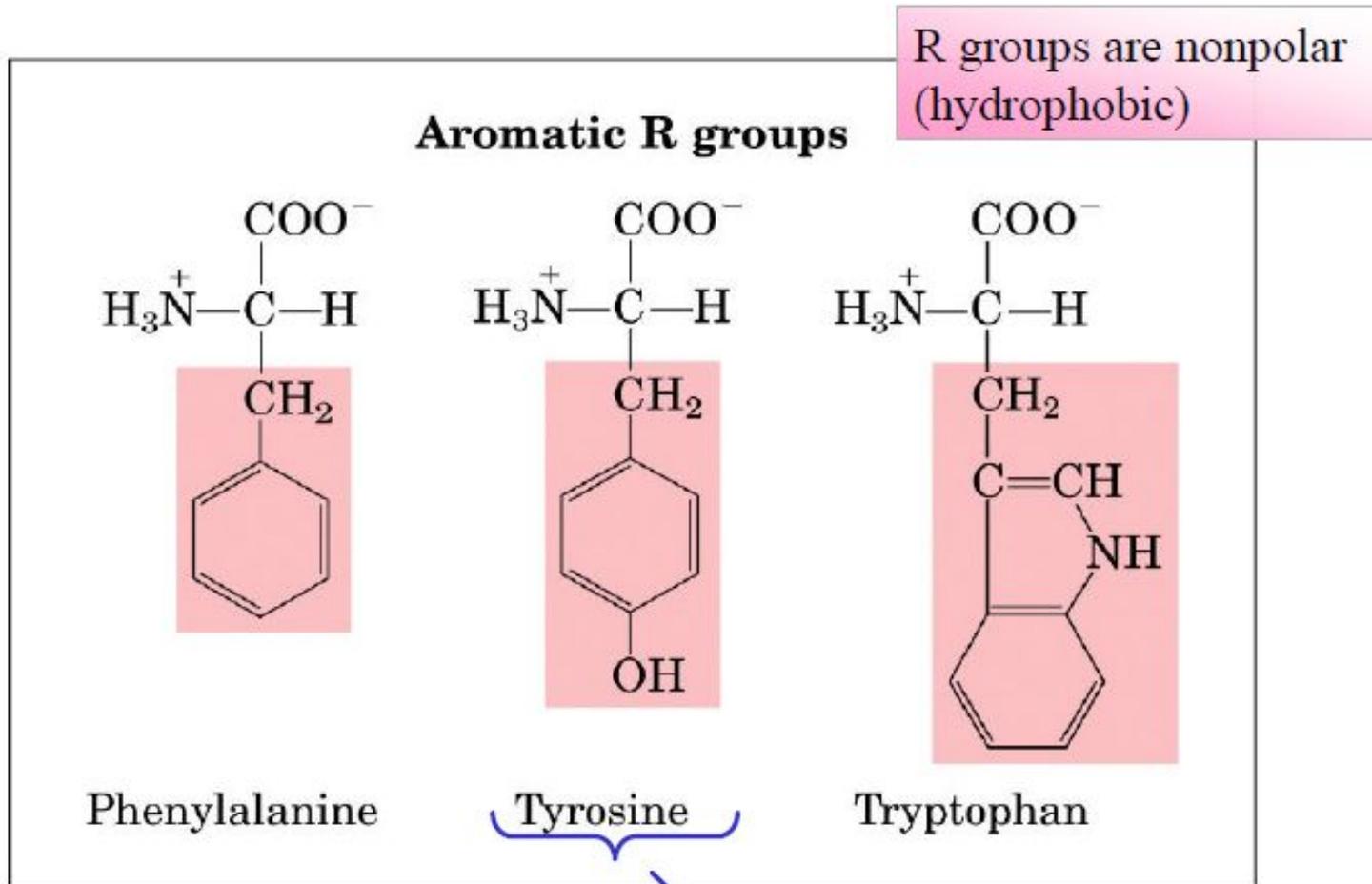
Глицин, аланин, валин, лейцин, изолейцин, метионин



 **R-группа**

Ароматические аминокислоты

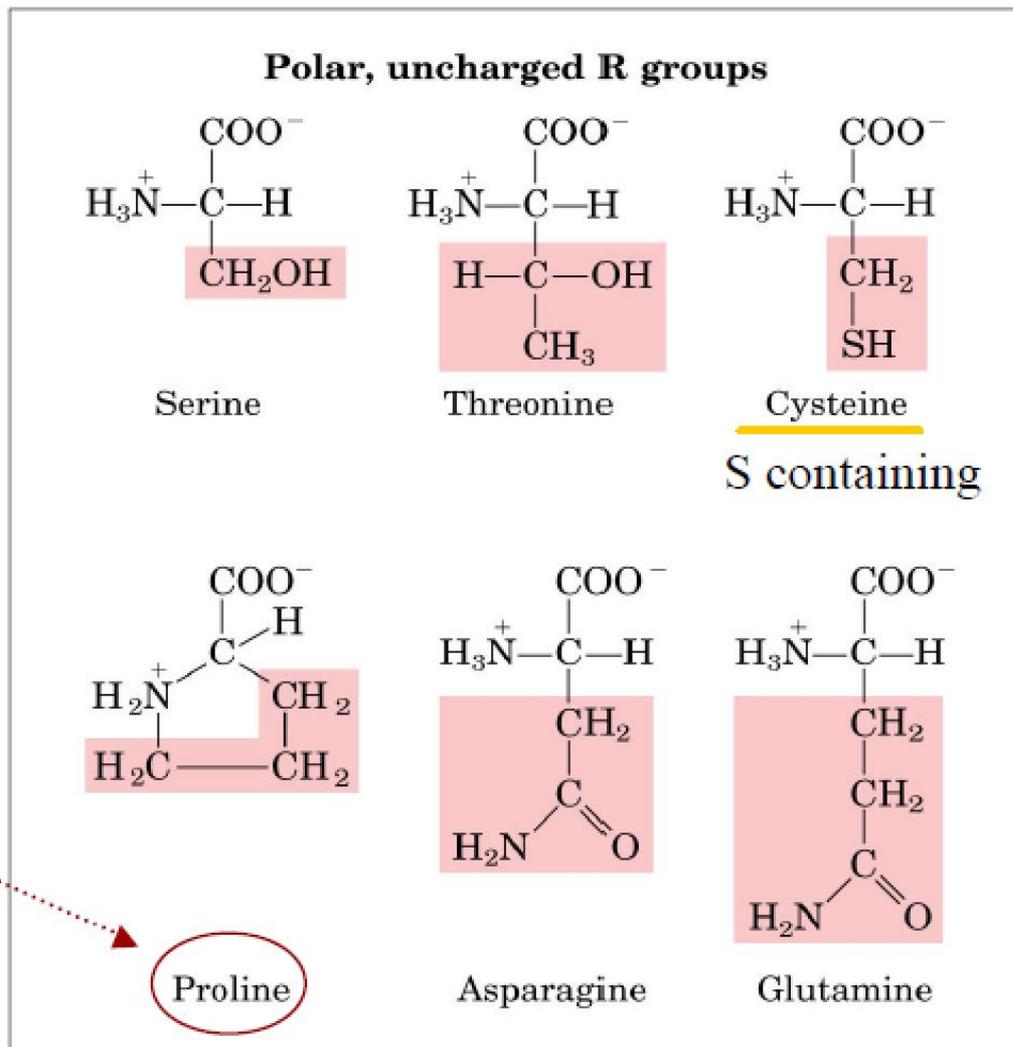
Фенилаланин, тирозин, триптофан



Can form H bonds

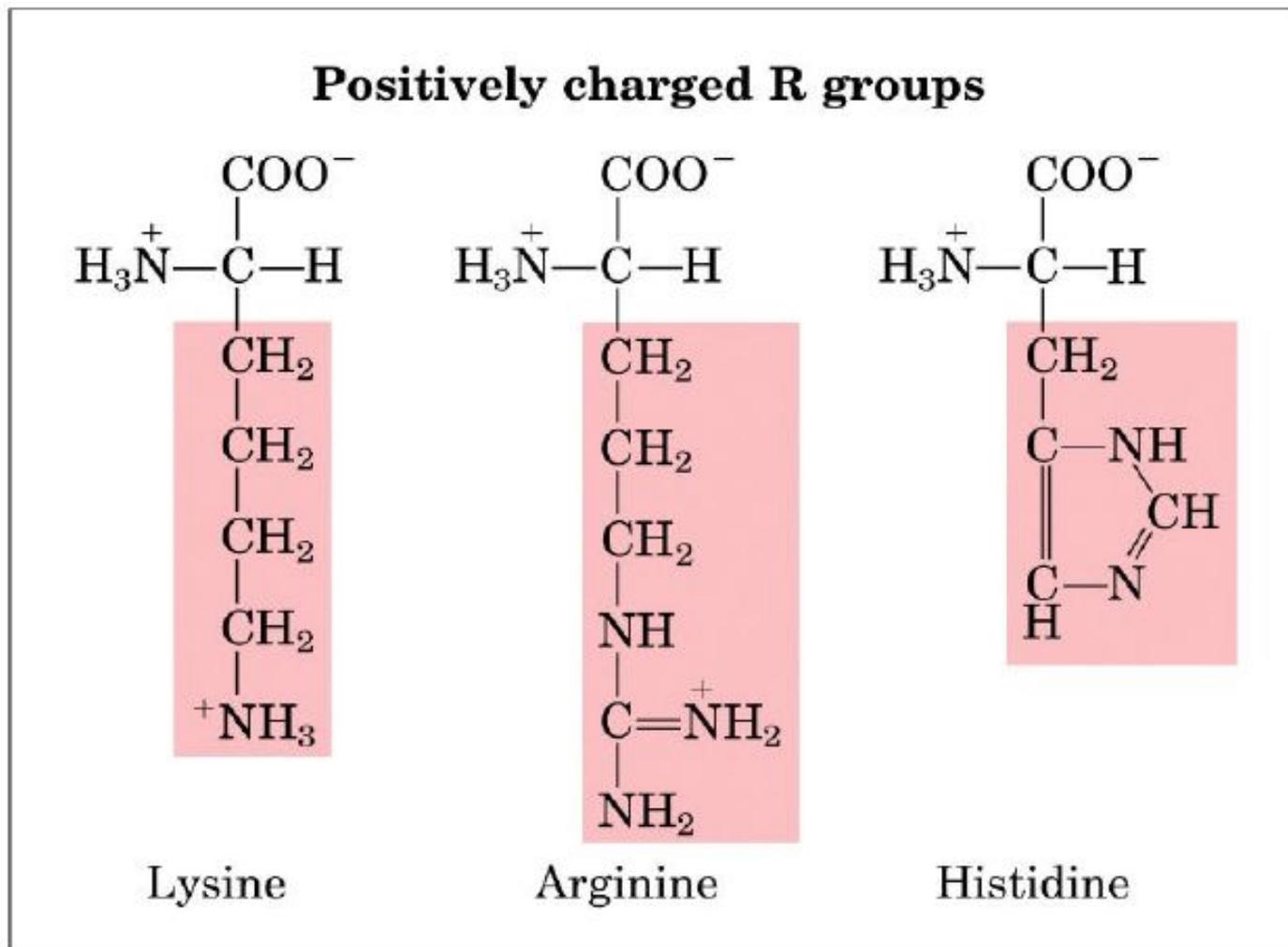
Полярные, незаряженные аминокислоты

Серин, треонин, цистеин, пролин, аспарагин, глутамин



Положительно заряженные аминокислоты

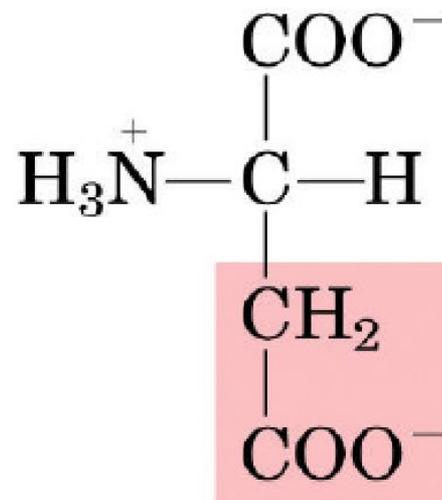
Лизин, аргинин, гистидин



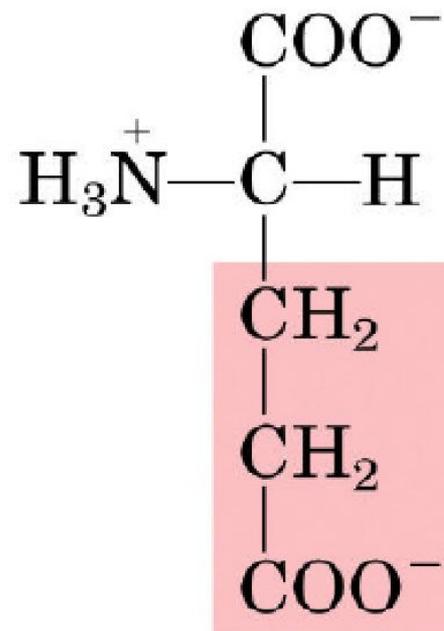
Отрицательно заряженные аминокислоты

Аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота

Negatively charged R groups



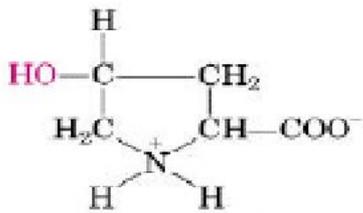
Aspartate



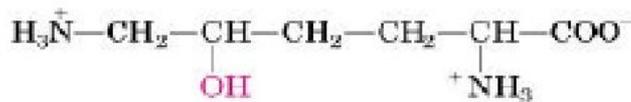
Glutamate

Нестандартные аминокислоты

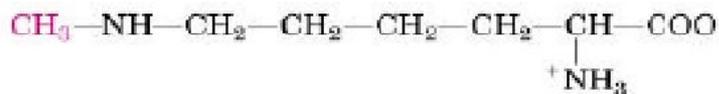
4-гидроксипролин, 5-гидроксилизин, 6-N-метиллизин, γ -карбоксиглутамат и десмозин



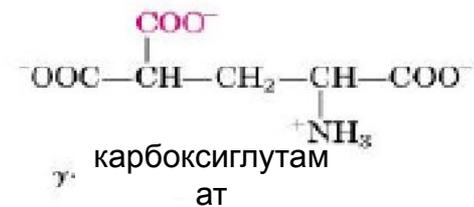
4-гидроксипролин



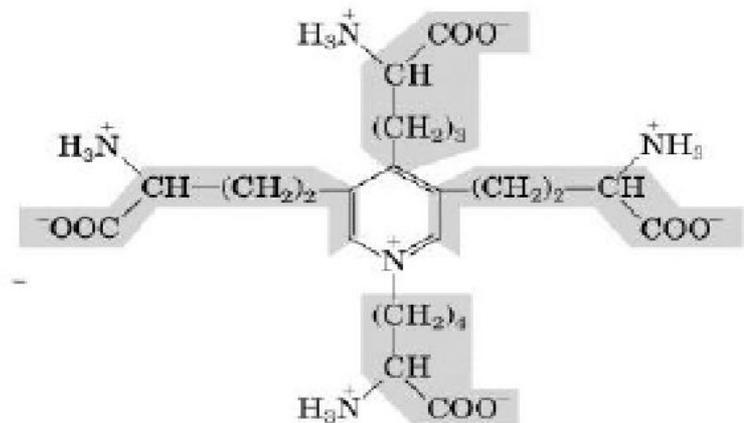
5-гидроксилизин



6-N-метиллизин



γ -карбоксиглутамат

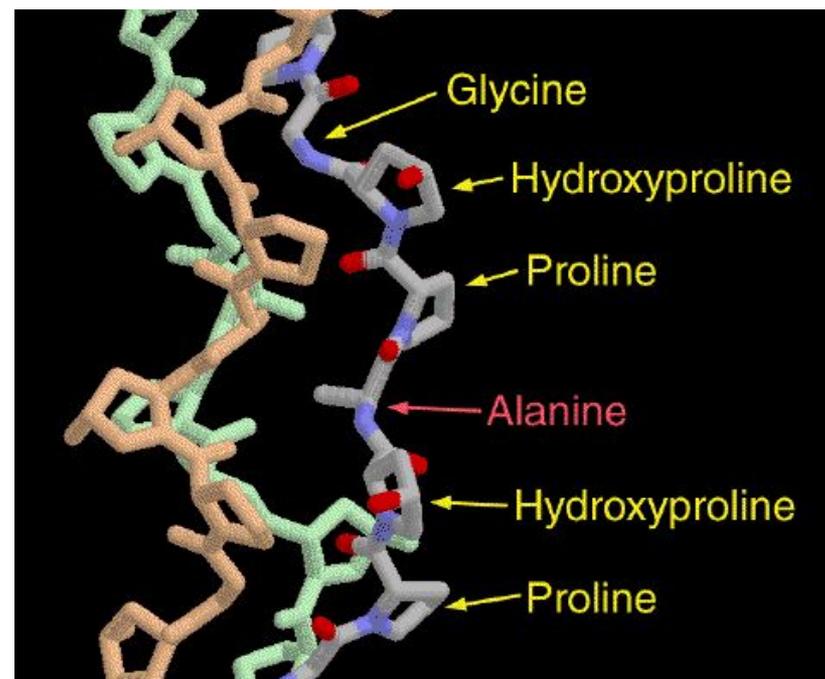
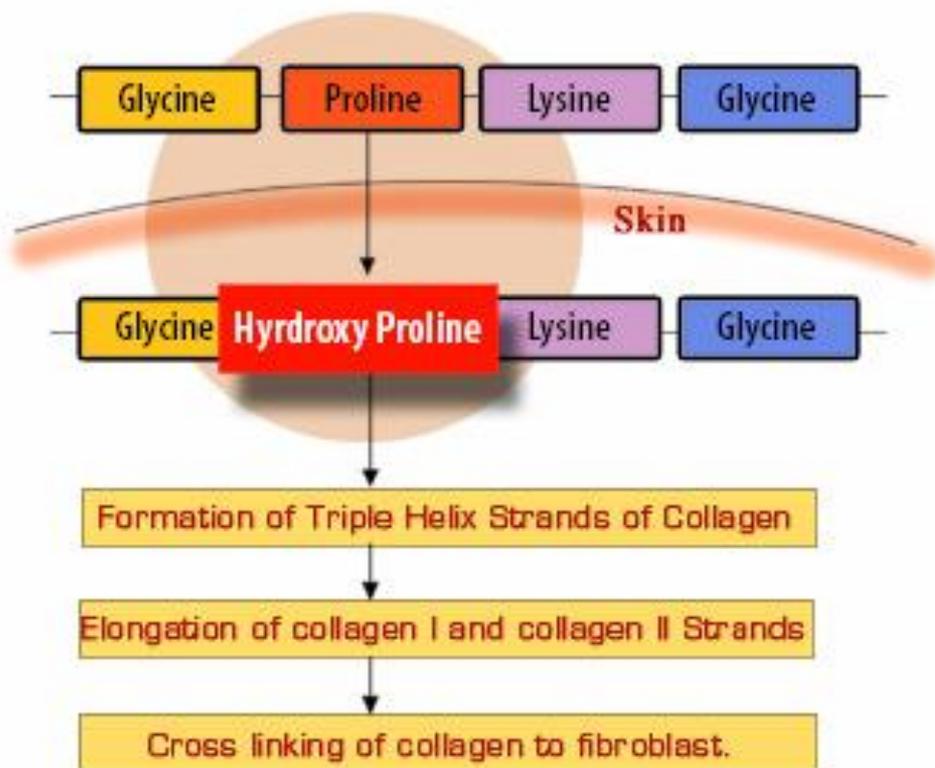


Десмозин

Нестандартные аминокислоты

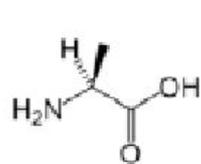
Нестандартные аминокислоты появляются в белках в результате посттрансляционной модификации

HYDROXYLASE + Ascorbic Acid

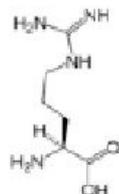


Специфическая последовательность аминокислот, включающая гидроксипролин, обеспечивает образование прочной спирали коллагена.

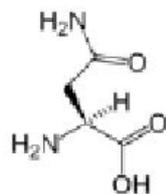
**В настоящее время установлено, что генетически кодируются 22 аминокислоты
21-я и 22-я аминокислоты - это селеноцистеин и пирролизин**



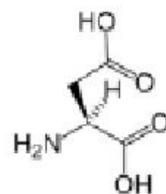
L-Alanine



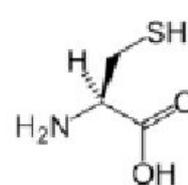
L-Arginine



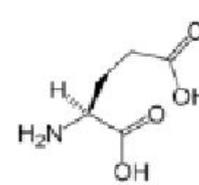
L-Asparagine



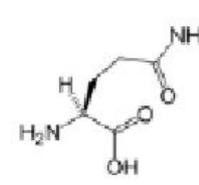
L-Aspartic Acid



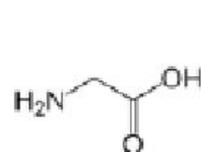
L-Cysteine



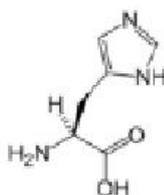
L-Glutamic acid



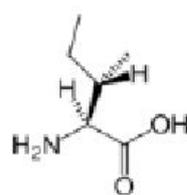
L-Glutamine



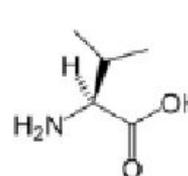
Glycine



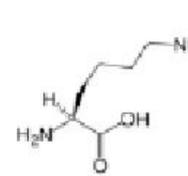
L-Histidine



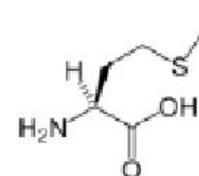
L-Isoleucine



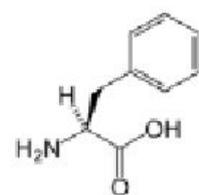
L-Leucine



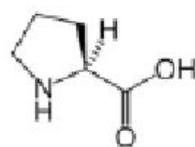
L-Lysine



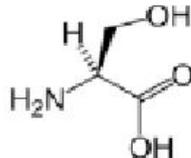
L-Methionine



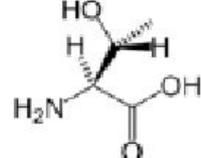
L-Phenylalanine



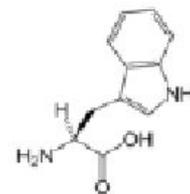
L-Proline



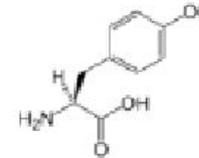
L-Serine



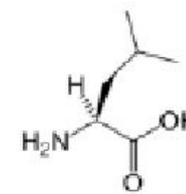
L-Threonine



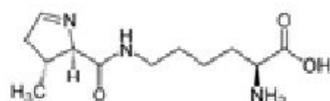
L-Tryptophan



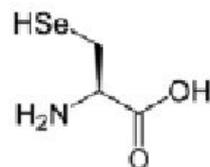
L-Tyrosine



L-Valine



L-Pyrrolysine

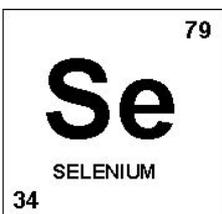


L-Selenocysteine

The 22 Amino Acids of
Life on Earth

Селеноцистеин и селен

Селеноцистеин синтезируется непосредственно на специальной тРНК и кодируется стоп-кодоном UGA. Он входит в состав ферментов оксидоредуктаз, которые играют важную роль в нейтрализации активных форм кислорода, которые способны повреждать многие клеточные структуры. Поэтому селен необходим для здоровья человека. Синтез селеноцистеина зависит от присутствия селена.

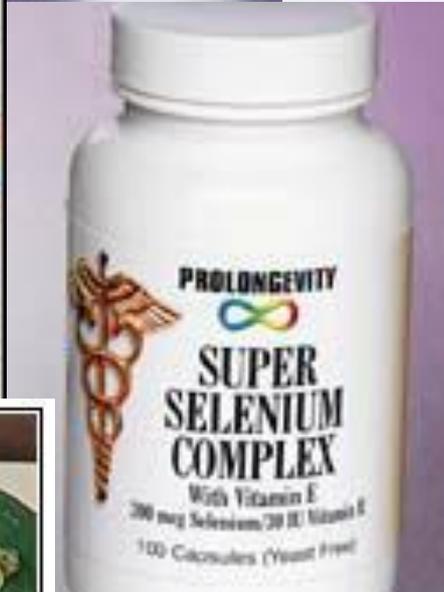
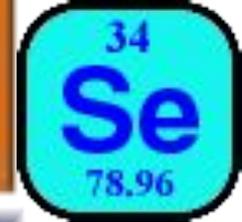


Недостаток селена может

- Увеличить риск возникновения рака простаты, лёгких и толстого кишечника
- Вызвать нарушение репродуктивной функции
- Увеличить риск вирусных инфекций
- Способствовать развитию заболеваний сердца.

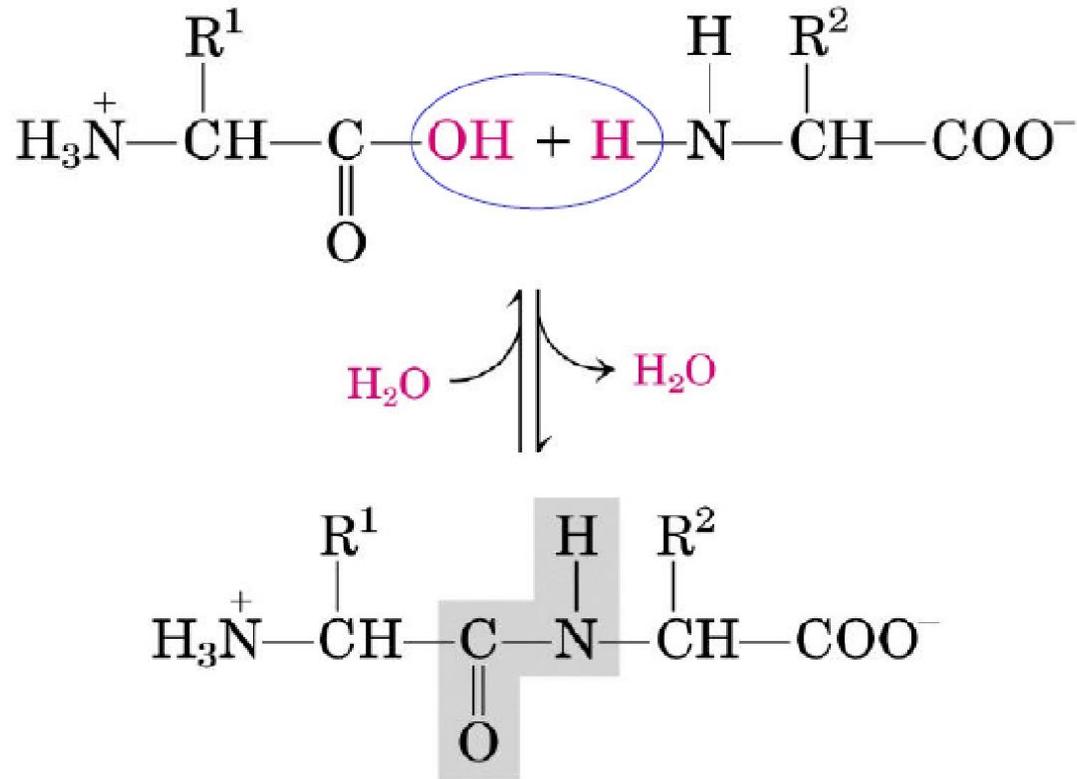


SELENIUM



Продукты и препараты, содержащие селен

Образование пептидной связи



Незаменимые аминокислоты

Обязательно должны поступать в организм человека с пищей

- Лизин (LYS)
- Метионин (MET)
- Треонин (THR)
- Изолейцин (ILE)
- Лейцин (LEU)
- Валин (VAL)
- Триптофан (TRY)
- Фенилаланин (PHE)
- Аргинин (ARG)
- Гистидин (HIS)

Аргинин и гистидин могут синтезируются в организме человека и являются незаменимыми для детей.

Заменяемые аминокислоты

- Глицин (GLY)
- Аланин (ALA)
- Серин (SER)
- Пролин (PRO)
- Цистеин (CYS)
- Тирозин (TYR)
- Глутаминовая кислота (GLU)
- Глутамин (GLN)
- Аспарагиновая кислота (ASP)
- Аспарагин (ASN)

Образование заменимых аминокислот в клетках млекопитающих

Аминокислота	Как образуется
Аланин	Трансаминирование пирувата
Аспарагиновая кислота	Трансаминирование оксалоацетата
Аспарагин	Амидирование аспарагиновой кислоты
Цистеин	Транссульфурация метионина
Глутаминовая кислота	Аминирование α -кетоглутарата
Глутамин	Амидирование глутаминовой кислоты
Серин	Из гидроксипирувата
Глицин	Трансметиличрование серина
Пролин	Из глутамата или орнитина
Тирозин	Гидроксилирование фенилаланина

Аминокислотный состав суммарного белка различен у разных организмов и зависит от возраста.

Наиболее существенное различие в аминокислотном составе суммарного белка наблюдается у растений и животных. В растительных белках, как правило, существенно меньше незаменимых аминокислот, чем в белках человека и животных.

В связи с этим растительные корма животных для придания им большей питательной ценности балансируют, добавляя незаменимые аминокислоты, в первую очередь, лизин, метионин, треонин и триптофан.

Способы получения аминокислот

1. Гидролиз белоксодержащих субстратов
2. Химический синтез
3. Химико-энзиматический синтез
4. Микробиологический синтез

1. Гидролиз белоксодержащих субстратов

Аминокислоты получают в результате гидролиза белоксодержащих субстратов (ферментативный или кислотный гидролиз)

Белоксодержащие субстраты:

- Мясо
- Молоко (казеин)
- Семена бобовых культур (соя)

Кислотный гидролиз белка обычно приводит к образованию смеси из 18 L-аминокислот.

Недостатки метода:

- Дорогое сырьё
- Трудность выделения отдельных аминокислот из полученной смеси.

Метод используется в том случае, когда сырьё бросовое – (отходы производства).

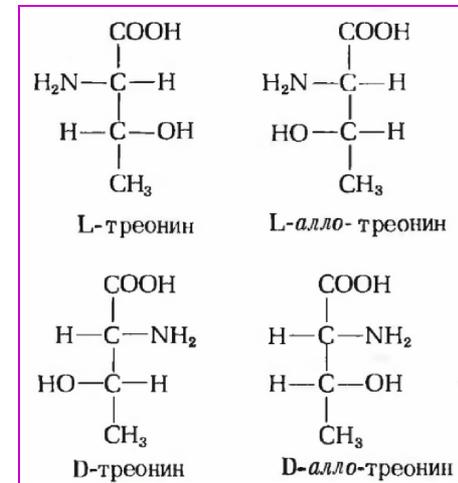
В Китае налажено производство **L-цистеина** (3000 т) из человеческого волоса.

2. Химический синтез

Аминокислоты синтезируются химически на основе определённых (не биогенных) соединений, обычно в несколько этапов.

Недостатки метода:

- Химический синтез требует дорогостоящего оборудования, осуществляется при высоких температурах и давлении.
- Исходные соединения могут быть токсичными или агрессивными, опасными для работающего персонала.
- В процессе производства образуются вредные отходы, загрязняющие окружающую среду.
- При химическом синтезе получают рацемическую смесь D,L-аминокислот. В случае некоторых аминокислот (например, треонина) синтезируется 4 изомера, из которых только один биологически активен.



Метод используется для синтеза не имеющего стереоизомеров **глицина (аминоуксусной кислоты)**, а также метионина, поскольку в организме человека и животных D-метионин превращается с помощью фермента рацемазы в **L-метионин**.

3. Химико-энзиматический синтез

Синтез осуществляется в два этапа. На первом этапе получают предшественник аминокислоты, например карбоновую кислоту. На втором этапе это предшественник превращают с помощью ферментов микроорганизмов в соответствующую L-аминокислоту.

Недостатки метода:

- Первый этап – это химический синтез предшественника, со всеми особенностями этого метода.
- В ряде случаев синтез предшественника и его последующее превращение в аминокислоту являются трудоёмкими и дорогостоящими.

Метод используется для получения **L-аспарагиновой кислоты** из фумаровой кислоты и аммиака в присутствии фермента аспартазы. Источник фермента – иммобилизованные клетки бактерий, например, *Escherichia coli* или *Serratia marcescens*. Аналогичным образом из коричной кислоты в присутствии клеток дрожжей получают **L-фенилаланин**.

4. Микробиологический синтез

При прямом микробиологическом синтезе специально полученные бактерии-продуценты при росте на жидких средах простого состава потребляют источники углерода и азота, а взамен выделяют в среду целевую аминокислоту.

Преимущества метода:

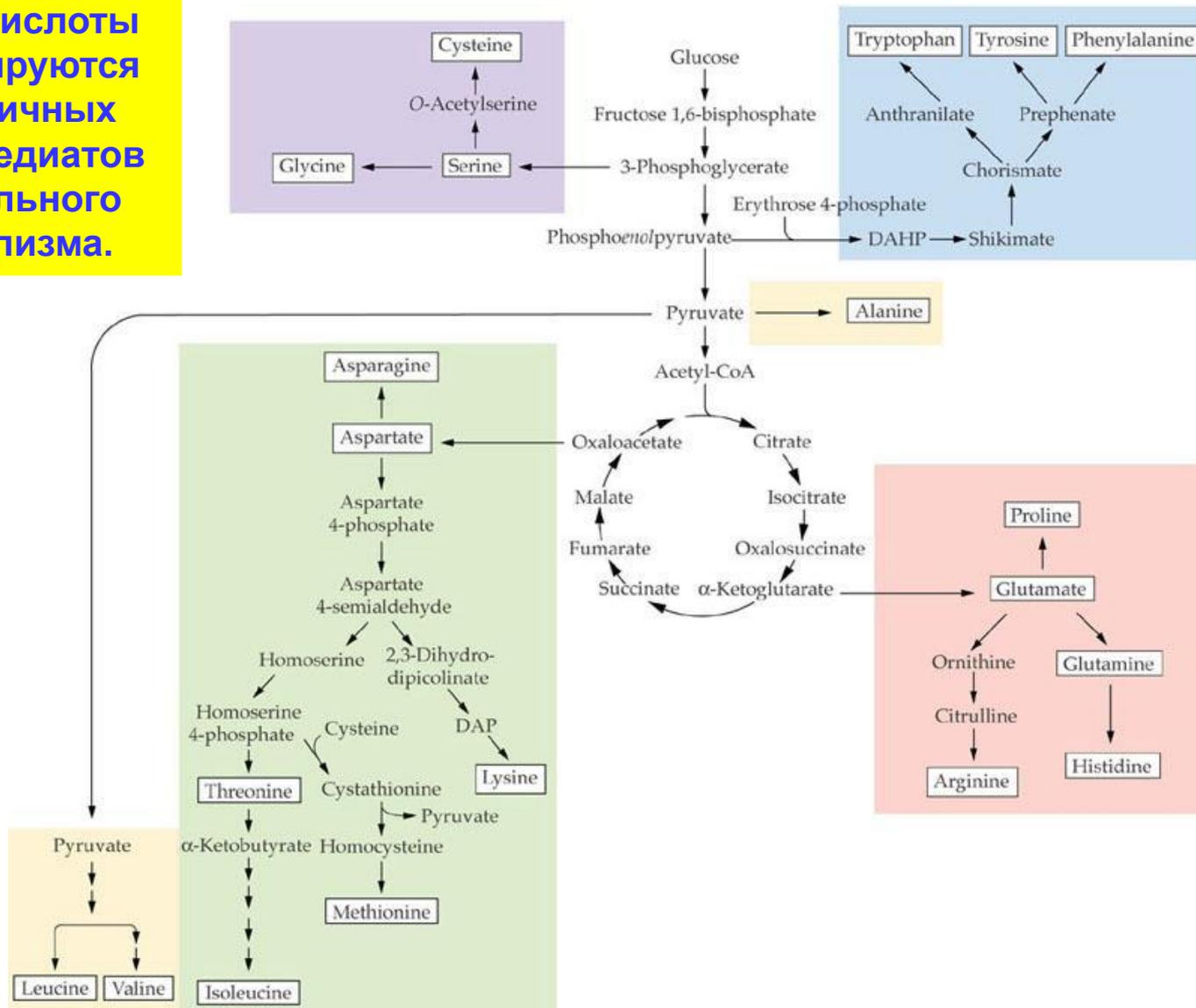
- Микроорганизмы синтезируют биологически активные L-аминокислоты.
- Используется сравнительно простое оборудование.
- Используются возобновляемые сырьё и простые минеральные соли
- Отходы производства небольшие. Возможно организация безотходного экологически чистого процесса.
- Процесс биосинтеза осуществляется при невысоких температурах и производство не сопряжено с серьёзной опасностью для работающего персонала.

С помощью микробиологического синтеза сегодня получают многие заменимые и незаменимые аминокислоты: **глутаминовую кислоту, лизин, треонин, триптофан, аргинин, лейцин, изолейцин, валин, фенилаланин, пролин, серин.** В процессе разработки и продуценты других аминокислот.

Микробиологический синтез

5 семейств аминокислот на основе их происхождения в процессе биосинтеза

Аминокислоты синтезируются из различных интермедиатов Центрального метаболизма.



Микробиологический синтез

Бактерии способны синтезировать все 20 аминокислот. Но синтез каждой аминокислоты и её концентрация в клетках строго регулируется.

Регуляция осуществляется по механизму обратной связи с помощью:

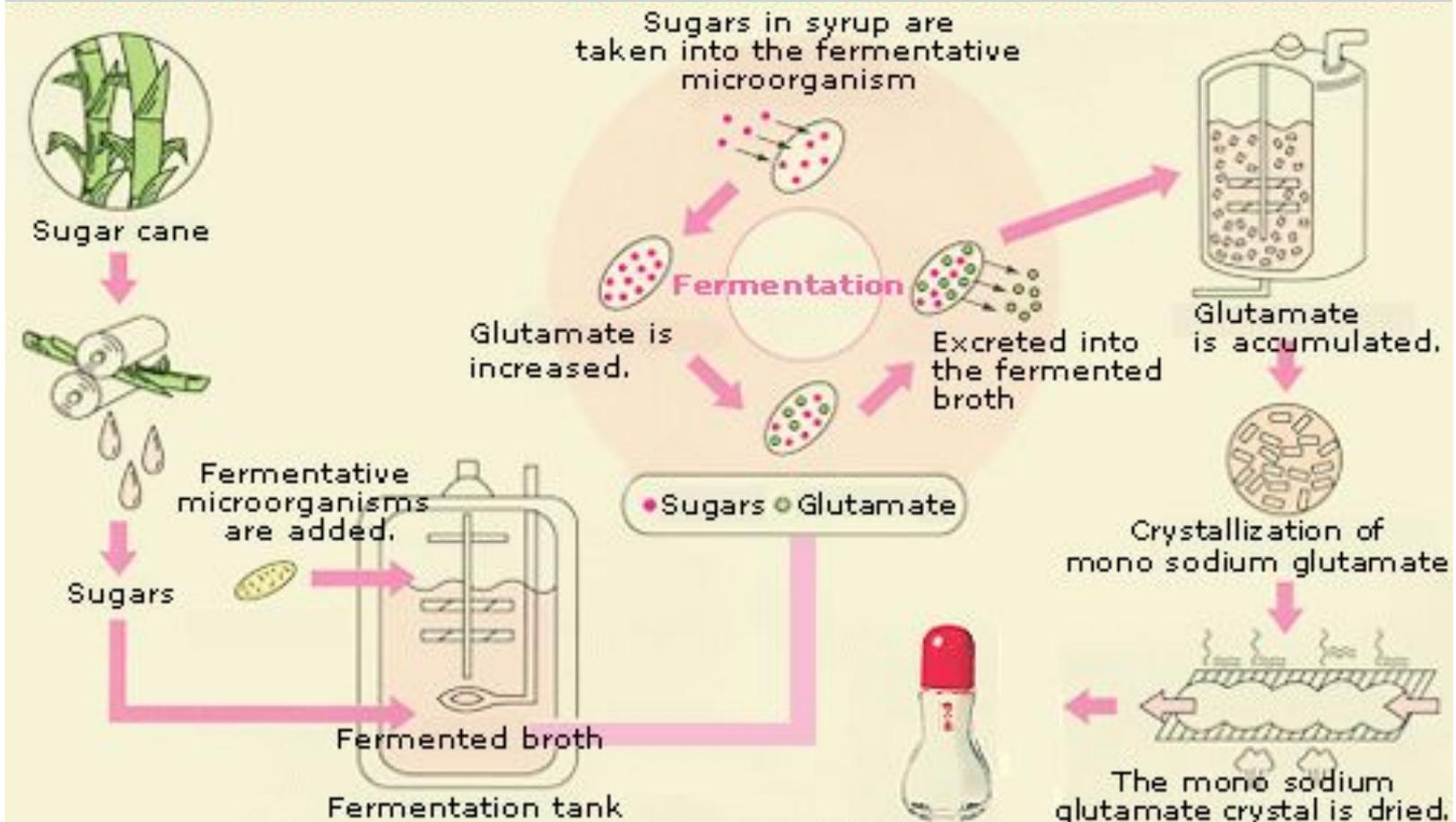
- ретроингибирования – подавления активности ключевого фермента одним конечным продуктом;
- совместного ретроингибирования – подавления активности ключевого фермента двумя или несколькими конечными продуктами;
- репрессии или аттенуации – подавления экспрессии генов (т.е. , в конечном итоге - синтеза ферментов), контролирующих данный биосинтетический путь;
- совместной репрессии или аттенуации;
- активацией или подавлением транспорта аминокислоты в клетку и из клетки.

Селекция регуляторных мутантов, у которых нарушен механизм ретроингибирования и репрессии является важным приёмом получения штаммов-продуцентов аминокислот. В некоторых случаях очень важно с самого начала активировать транспорт аминокислоты из клеток (экспорт аминокислоты).

Микробиологический синтез

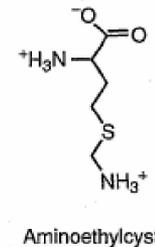
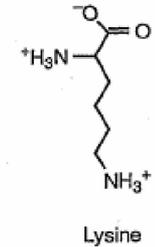
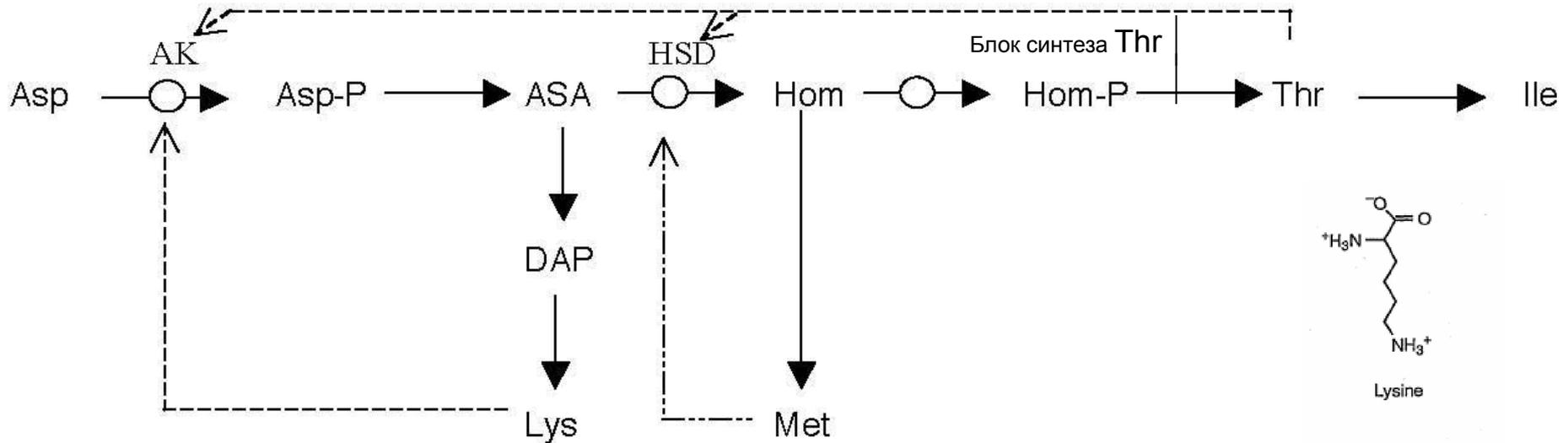
Первая аминокислота, которую стали получать на основе микроорганизмов – **глутаминовая кислота** (штамм-производитель - *Corynebacterium glutamicum*). Эта бактерия - природный ауксотроф по биотину. При культивировании в условиях дефицита биотина индуцируется активный выброс глутамата из клетки.

Схема получения глутамата натрия с помощью ферментации



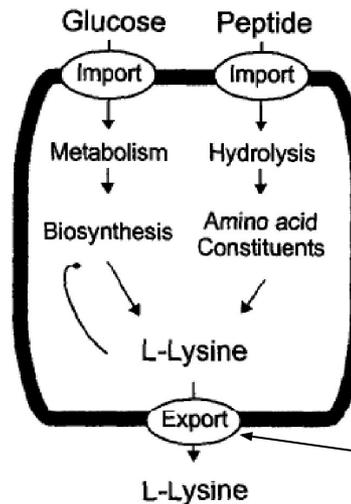
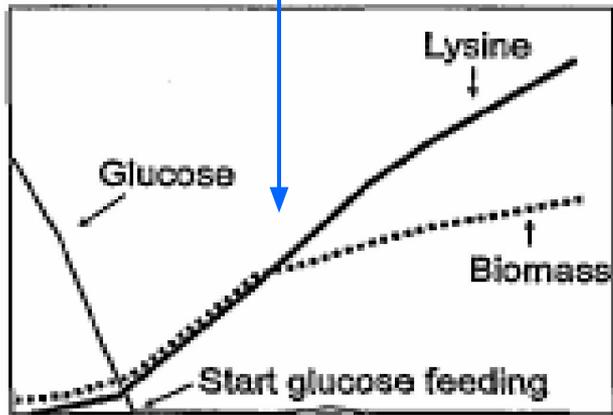
Микробиологический синтез

Биосинтез **лизина** у *Cor. glutamicum* регулируется с помощью механизма совместного ингибирования Lys + Thr аспартаткиназы и Thr - гомосериндегидрогеназы. Для создания продуцента лизина вводят мутацию, блокирующую синтез Thr, или получают мутацию, нарушающую ретроингибирование. Такая мутация придаёт устойчивость к аналогу Lys.



Структура лизина и его аналога АЭЦ

Момент истощения треонина из среды

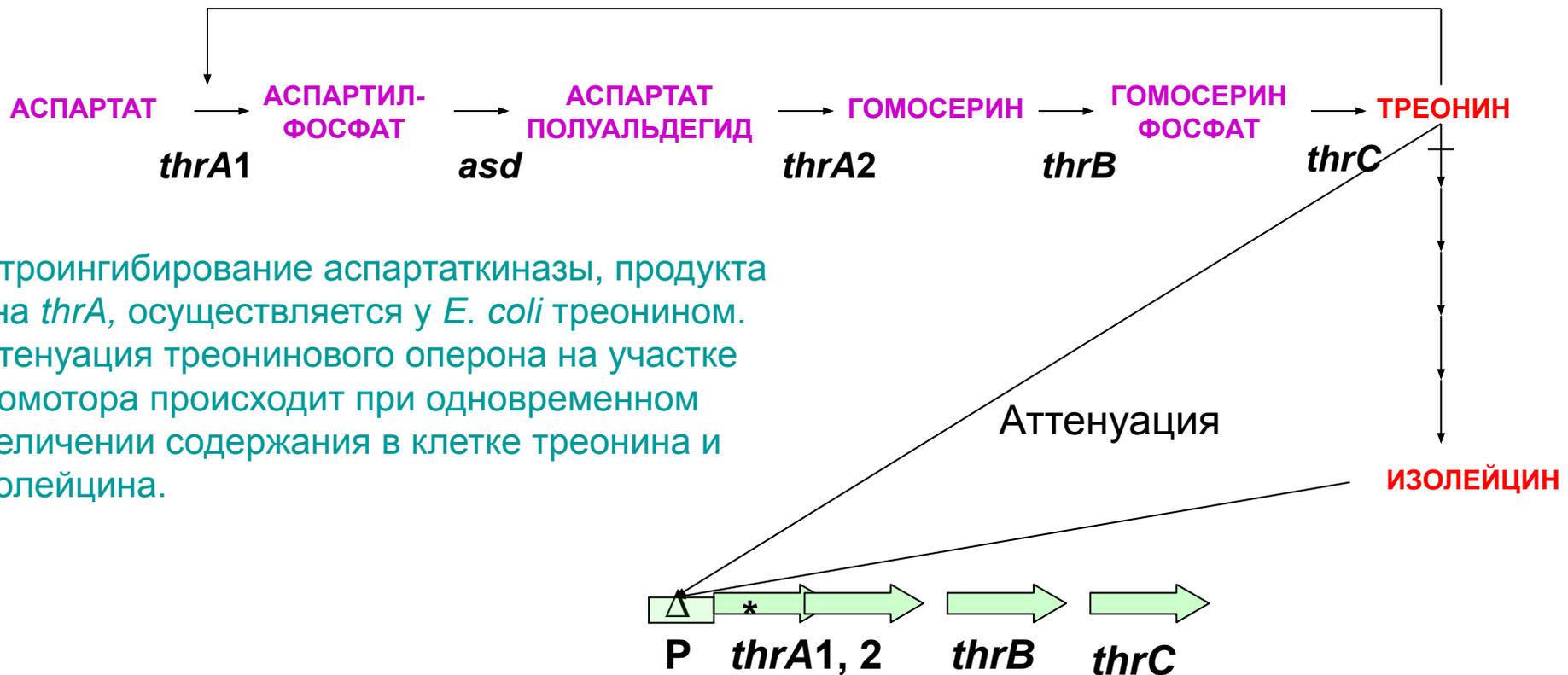


Экспортёр лизина

Микробиологический синтез

Регуляция биосинтеза треонина у *Escherichia coli*

Ретроингибирование



Микробиологический синтез

Получение продуцента треонина традиционными методами

Предварительные этапы получения продуцента треонина:	Продукция треонина
• исходный штамм <i>E. coli</i>	0,0
• селекция мутации устойчивости к аналогу (нарушающей ретроингибирование ключевого фермента)	0,5 г/л
• нарушение репрессии (аттенуации) <i>thr</i> -оперона (введением мутации, блокирующей синтез изолейцина)	5 г/л

В дальнейшем на основе полученного штамма впервые в мире с помощью метода рекомбинантных ДНК (генетической инженерии) был получен эффективный штамм-продуцент аминокислоты (треонина). С этой целью треониновый оперон (гены *thrA*, *thrB*, *thrC*) из этого штамма клонировали в мультিকопийный вектор и получили плазмидный продуцент. Это произошло во ВНИИ генетики и селекции промышленных микроорганизмов (СССР) в 1978 г .

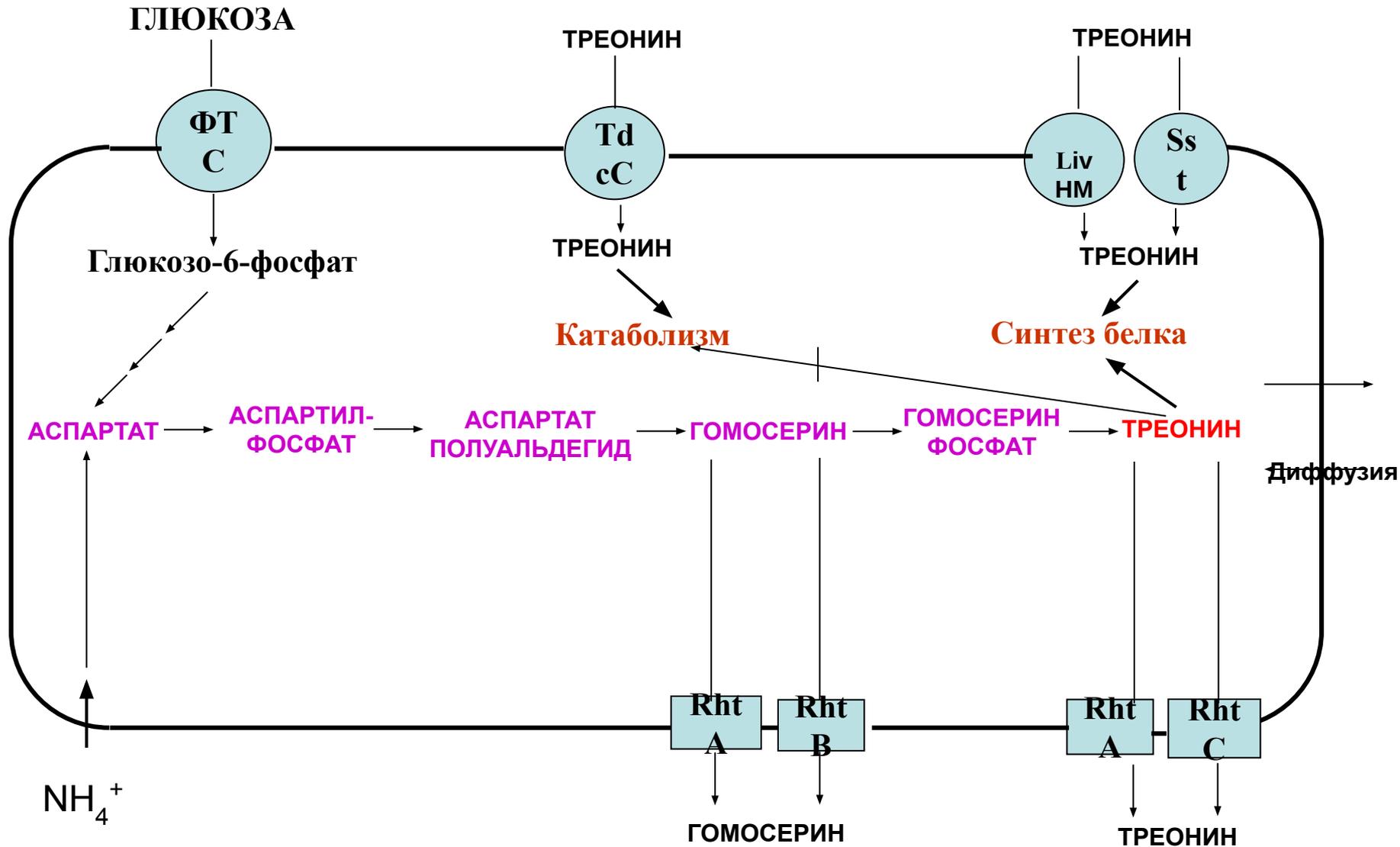
Микробиологический синтез

Плазмидный штамм-продуцент треонина

- Треониновый оперон *E. coli*, несущий гены *thrA*, *thrB* и *thrC* с мутацией в гене *thrA*, был встроен в плазмиду pBR322.
- Полученную рекомбинантную плазмиду pYN7, которую ввели в клетки бесплазмидного продуцента, полученного ранее. В результате был создан первый рекомбинантный штамм-продуцент треонина.
- Хотя активность ферментов аспартаткиназы и гомосериндегидрогеназы в клетках этого штамма возросла в 20 раз, продукция треонина увеличилась всего в 6 раз – штамм накапливал более 30 г/л треонина. Тем не менее, это был рекордный для того времени результат.
- Важнейшую роль в дальнейшем улучшении штамма сыграло обнаружение гена (*rhtA*), кодирующего синтез белка-экспортёра треонина и гомосерина. Мутация *rhtA23*, повышающая уровень экспрессии этого гена, увеличила продукцию треонина в 2,5 раза.
- Кроме того, метаболизм штамма был изменён таким образом, что он перестал расщеплять треонин, в нём стало синтезироваться больше предшественника треонина – аспартата.

В настоящее время продуценты треонина, полученные на основе этого штамма, накапливают в среде более 100 г/л треонина, причём треонин составляет 96-98% от всех продуцируемых метаболитов

Метаболизм и транспорт треонина у *Escherichia coli*



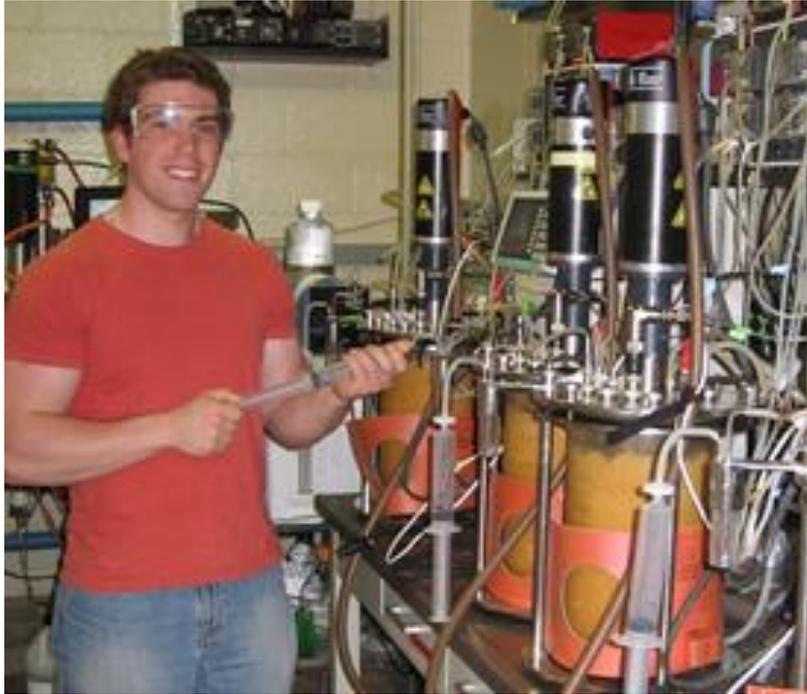
Усиление активного транспорта аминокислоты из клетки за счёт активации экспрессии соответствующих генов играет важную роль при создании промышленных штаммов-продуцентов аминокислот. Гены, контролирующие экспорт треонина, впервые описаны российскими учёными.

Технология получения аминокислот микробиологическим методом

Для получения аминокислоты штамм-продуцент культивируют, т.е. выращивают в ферментёре. Процесс включает следующие этапы:

1. Приготовление питательных сред и добавок.
2. Подготовка ферментёров к работе.
3. Засев «посевного» ферментера и выращивание в нём посевного материала.
4. Засев ферментационной среды в рабочем ферментёре посевным материалом.
5. Процесс «ферментации» аминокислоты в ферментёре в условиях интенсивной аэрации и рН-статирования при дробной подаче источника углерода и азота.
5. По завершению «ферментации» отделяют биомассу (фильтрацией, сепарированием или центрифугированием на проточной центрифуге).
7. Выделение аминокислоты из культуральной жидкости обычно проводят методом ионного обмена на колоннах с ионообменной смолой.
8. Раствор, полученный после элюции водой с колонны, упаривают и отделяют выпавшие кристаллы.
9. После повторных прцедур перекристаллизаций и дополнительной очистки получают апирогенные препараты медицинского назначения.

Лабораторные и промышленные ферментёры

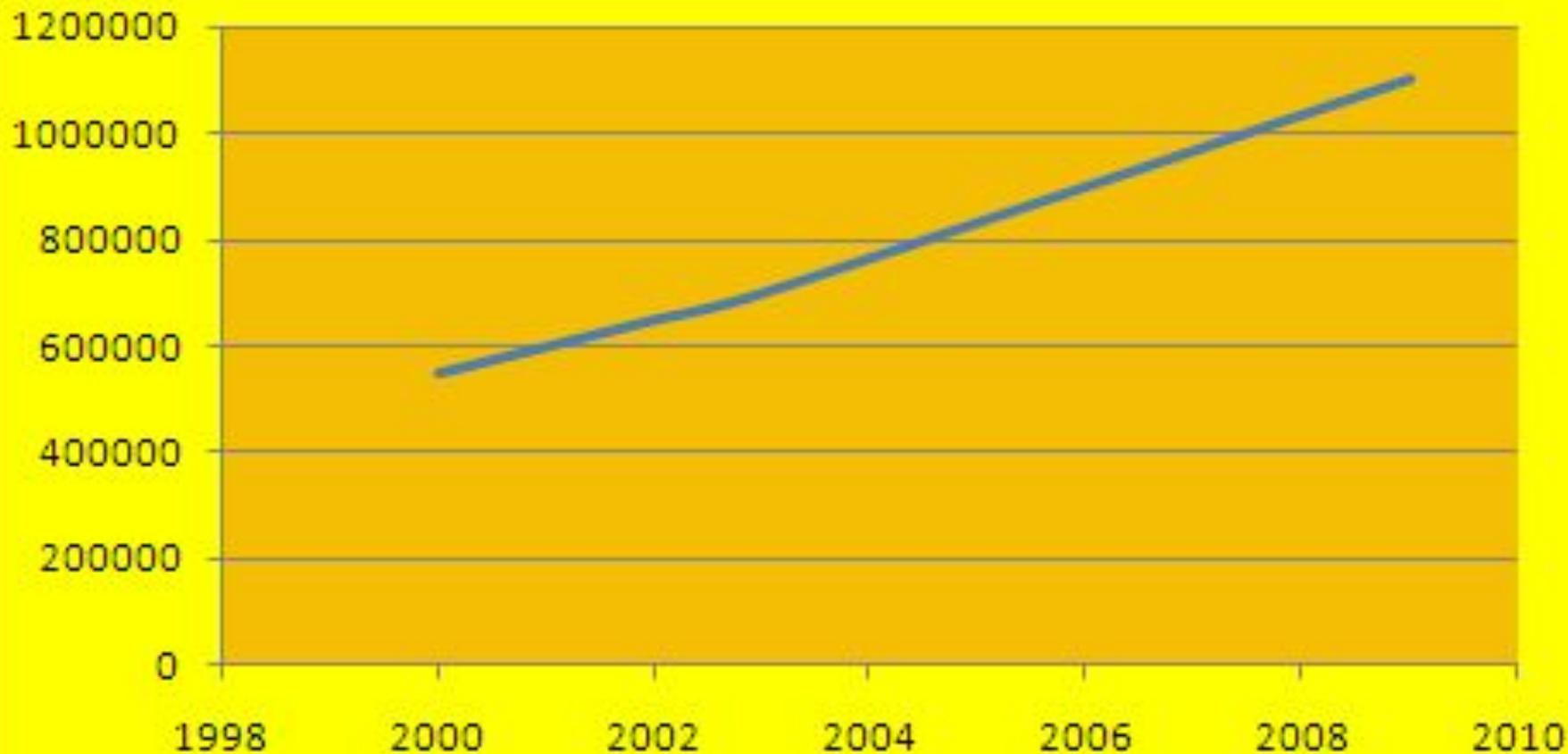


Производство аминокислот в мире микробиологическим синтезом

Аминокислота	Произведено в 2002 году (т)	Произведено в 2006 году (т)	Основное применение
Глутаминовая кислота	~1 200 000	~ 1 5000 000	Усилитель вкуса (пищевая промышленность)
Лизин	~ 600 000	~ 850 000	Кормовая добавка (животноводство и птицеводство)
Треонин	~ 30 000	~ 70 000	Кормовая добавка(животноводство и птицеводство)
Фенилаланин	~ 10 000	~ 22 000 (без Китая)	Получение подсластителя аспартама (метилловый эфир L-аспартил-L-фенилаланина)
Триптофан	~ 500	~ 3 000	Кормовая добавка Фармацевтическое производство
Аргинин	~ 2000	~ 3000	Фармацевтическое производство
Лейцин Изолейцин Валин	~ 1000	~ 2000	Фармацевтическое производство

Рост мирового производства лизина микробиологическим синтезом

World L-Lysine Production. t/Year



Применение аминокислот

Аминокислоты и аминокислот комплексы как самостоятельные лекарственные препараты и БАДы

Глицин

Глутаминовая кислота

Метионин

Цистеин

Гистидин

Триптофан

Аргинин

Орнитин

Лизин

Лейцин

Изолейцин

Валин

Глутамин

Фенилаланин

Серин

Глицин

По современным данным глицин (Г), является центральным нейромедиатором тормозного типа действия. Обладает глицин- и ГАМК-ергическим, альфа1-адреноблокирующим, антиоксидантным, антитоксическим действием; регулирует деятельность глутаматных (NMDA) рецепторов. За счет этого Г способен: уменьшать психоэмоциональное напряжение, агрессивность, конфликтность, повышать социальную адаптацию; улучшать настроение; облегчать засыпание и нормализовать сон; повышать умственную работоспособность; уменьшать вегето-сосудистые расстройства (в т.ч. и в климактерическом периоде); уменьшать выраженность общемозговых расстройств при ишемическом инсульте и черепно-мозговой травме; уменьшать токсическое действие алкоголя и других лекарственных средств, угнетающих функцию ЦНС.

Показания к применению: сниженная умственная работоспособность. стрессовые ситуации – психоэмоциональное напряжение (в период экзаменов, конфликтных и т.п. ситуациях); девиантные формы поведения детей, подростков; различные функциональные и органические заболевания нервной системы сопровождающиеся повышенной возбудимостью, эмоциональной нестабильностью, снижением умственной работоспособности и нарушением сна (неврозы, неврозоподобные состояния и вегето-сосудистая дистония, последствия нейроинфекций и черепно-мозговой травмы, перинатальные и другие формы энцефалопатий, в т.ч. алкогольного генеза; ишемический инсульт.

Метионин

Особая роль метионина (**М**) в обмене веществ связана с тем, что он содержит подвижную метильную группу (-CH₃), которая может передаваться на другие соединения (реакции переметилирования). С способностью **М** отдавать метильную группу обусловлен его липотропный эффект (удаление из печени избытка жира). **М** способствует синтезу холина с недостаточным образованием которого связаны нарушение синтеза фосфолипидов из жиров и отложение в печени нейтрального жира. Липотропным свойством обладает также богатый **М** белок казеин (и содержащий его творог. **М** участвует в синтезе адреналина, креатина и других биологически важных соединений; активирует действие гормонов, витаминов (В₁₂, аскорбиновой и фолиевой кислот), ферментов. Путем метилирования и транссульфирования, метионин обезвреживает токсичные продукты.

Применяют М для лечения и предупреждения заболеваний и токсических поражений печени (цирроз, поражения мышьяковистыми препаратами, хлороформом, бензолом и другими веществами), а также при хроническом алкоголизме, сахарном диабете и др. Эффект более выражен при жировой инфильтрации клеток печени. При вирусном гепатите применять **М** не рекомендуется. **М** назначают для лечения дистрофии, возникающей в результате белковой недостаточности у детей и взрослых после дизентерии и других хронических инфекциях. Введение метионина при атеросклерозе вызывает снижение содержания в крови холестерина и повышение уровня фосфолипидов. Коэффициент фосфолипиды/холестерин повышается.

Глутаминовая кислота (глутамат)

Глутамат (Г) является нейромедиатором, стимулирует передачу возбуждения в синапсах ЦНС. Участвует в синтезе других аминокислот, ацетилхолина, АТФ, способствует переносу ионов калия, улучшает деятельность скелетной мускулатуры (является одним из компонентов миофибрилл). Оказывает дезинтоксикационное действие, способствует обезвреживанию и выведению из организма аммиака. Нормализует процессы гликолиза в тканях, оказывает гепатопротекторное действие, угнетает секреторную функцию желудка.

Показания к применению: Эпилепсия (преимущественно малые припадки с эквивалентами), шизофрения, психозы (соматогенные, интоксикационные, инволюционные), реактивные состояния, протекающие с явлениями истощения, депрессия, последствия менингита и энцефалита, токсическая нейропатия на фоне применения гидразидов изоникотиновой кислоты (в сочетании с тиаминном и пиридоксином), печеночная кома. В педиатрии — задержка психического развития, церебральный паралич, последствия внутричерепной родовой травмы, болезнь Дауна, полиомиелит (острый и восстановительный периоды).

Входит в состав препаратов для профилактики стрессов (**Глутамевит** - содержит глутамат, витамин А, тиамин хлорид или тиамин бромид, рибофлавин, пиридоксин гидрохлорид, аскорбиновую кислоту, альфа-токоферол ацетат, никотинамид, фолиевую кислоту, рутин, кальция пантотенат, железа сульфат закисный, меди сульфат, калия сульфат, кальция фосфат)

Препараты на основе цистеина

Цистеин (Ц) является заменимой аминокислотой; может синтезироваться в организме с использованием метионина. При отсутствии метионина или при нарушении превращения метионина в **Ц** недостаток этой кислоты может привести к нарушению обменных процессов в организме, в частности обмена веществ в хрусталике глаза, а изменения, происходящие при катаракте, связаны с нарушением концентрации этой аминокислоты в хрусталике. **Показания к применению:** Катаракта (в т.ч. возрастная, миопическая, лучевая, контузионная). В виде 2% раствора на дистиллированной воде для глазных ванночек. Электрофорез 5% водного раствора (с отрицательного полюса). Раствор готовят непосредственно перед применением на дистиллированной воде.

Таурин (Т), образуется в в организме в процессе превращения цистеина.

Т стимулирует процессы репарации и регенерации при заболеваниях дистрофического характера и заболеваниях, сопровождающихся резким нарушением метаболизма глазных тканей. **Показания к применению :** Дистрофия роговицы; старческие, диабетические, травматические и лучевые катаракты; травмы роговицы; дистрофические поражения сетчатой оболочки глаза.

Ацетилцистеин (АЦ) обладает муколитическим, отхаркивающим, детоксицирующим действием. **Показания к применению :** Затрудненное отделение мокроты (бронхит, пневмония, бронхоэктатическая болезнь), бронхиальная астма, муковисцидоз легких, отиты, риниты, синуситы, осложнения при операциях на органах дыхания (профилактика), отравление парацетамолом (в качестве антидота).

Применение аминокислот

Смеси аминокислот для парэнтерального питания

- Аминокислоты являются основным источником азота для организма человека. Препараты для парэнтерального питания содержат различные смеси очищенных аминокислот.
- Адекватность аминокислотных смесей (биологическая ценность) оценивают по наличию и соотношению в их составе заменимых и незаменимых аминокислот. При этом оптимальными считают те синтетические аминокислотные смеси, которые содержат незаменимые и заменимые L-аминокислоты в тех же пропорциях, в каких они находятся в яичном белке.
- Значение биологической ценности выражается в процентах относительно состава цельного яичного белка (100%), что позволяет точно дифференцировать биологическую ценность аминокислотных смесей.
- Включение всех 20 аминокислот (8 незаменимых и 12 заменимых) обеспечивает поддержание аминокислотного гомеостаза в крови уже во время введения препарата, снимает дополнительную нагрузку на организм, связанную с необходимостью синтезировать заменимые аминокислоты в условиях стресса, исключает снижение скорости синтеза белка из-за недостатка той или иной аминокислоты.

Характеристики некоторых препаратов для парэнтерального питания, наиболее часто используемых в России

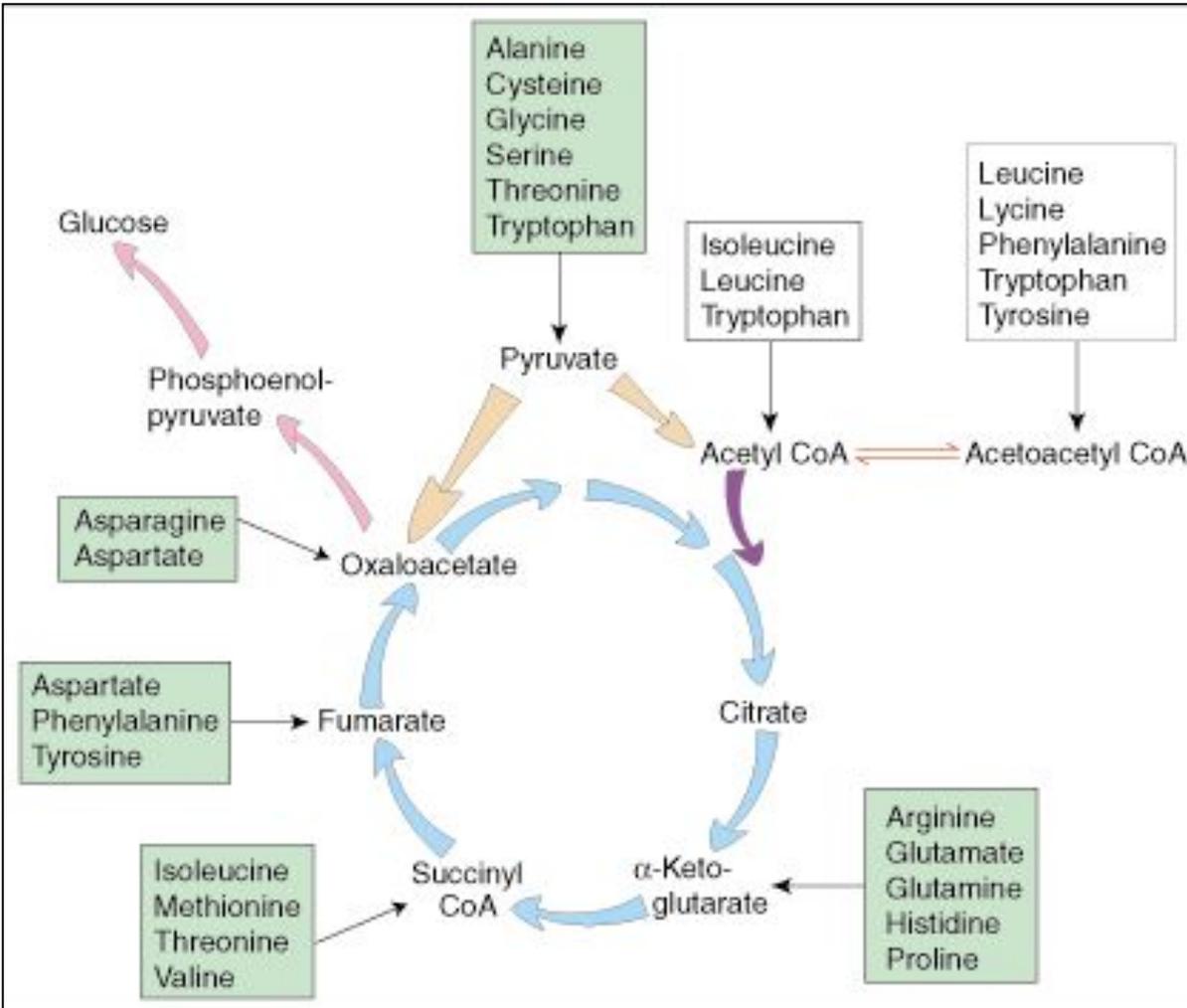
Наименование препарата	Количество аминокислот	Аминокислоты, г/л	Углеводы, г/л	Биологическая ценность, %
Полиамин	13	80	50 сорбит	56
Вамин	18	60	100 глюкоза	78
Аминосол КЕ	14	100	-	61
Аминосол 600	14	50	100 сорбит	52
Инфезол 40	14	40	50 ксилит	61
Аминоплазмаль СЕ 10	20	100	100 сорбит	87

Применение аминокислот

Важная область применения аминокислот - диетология.

- **Аминокислоты используют для придания большей питательной ценности пище на основе растительных продуктов**
- **Аминокислоты используют в качестве БАДов и в специальных диетах для спортсменов и лиц, которые испытывают большие физические нагрузки.**
- **Аминокислоты используют в приготовлении так наз. «синтетической пищи» для больных с наследственными дефектами метаболизма аминокислот.**

Деградация аминокислот до интеримедиатов ЦТК и глюконеогенез



Поступающие с пищей, но не используемые для синтеза белка аминокислоты разрушаются и усваиваются как интермедиаты цикла трикарбоновых кислот, участвуют в глюконеогенезе (образовании глюкозы).

Некоторые генетические нарушения обмена аминокислот у человека

Заболевание	Частота (на 100000 новорожденных)	Нарушенный процесс	Симптомы и последствия
Альбинизм	<3	Синтез меланина из тирозина	Отсутствие пигментации, светлые волосы, розовый цвет кожи
Алькаптонурия	<0,4	Деградация тирозина	Темный пигмент в моче, поздно развивающийся артрит
Аргининемия	<0,5	Синтез мочевины	Задержка умственного развития
Гомоцистеинемия	<0,5	Деградация метионина	Неправильное развитие костей, задержка умственного развития
Болезнь кленового сиропа (лейциноз)	<0,4	Деградация лейцина, изолейцина и валина	Рвота, судороги, задержка умств. развития, ранняя смерть
Фенилкетонурия	<8	Превращение фенилаланина в тирозин	Рвота новорожденных, задержка умственного развития

Больные с наследственными дефектами метаболизма аминокислот нуждаются в специальной диете с ограниченным содержанием аминокислоты, обмен которой нарушен.

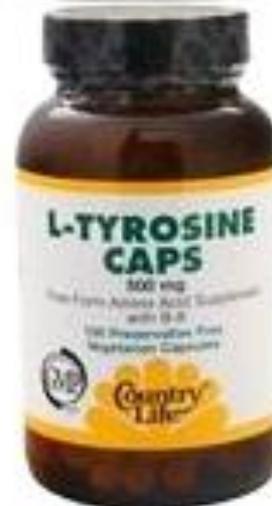
Применение аминокислот

БАДы на основе аминокислот

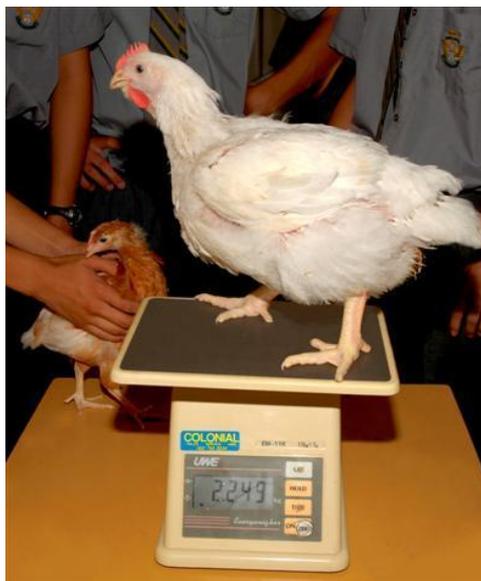


Применение аминокислот

БАДы на основе аминокислот

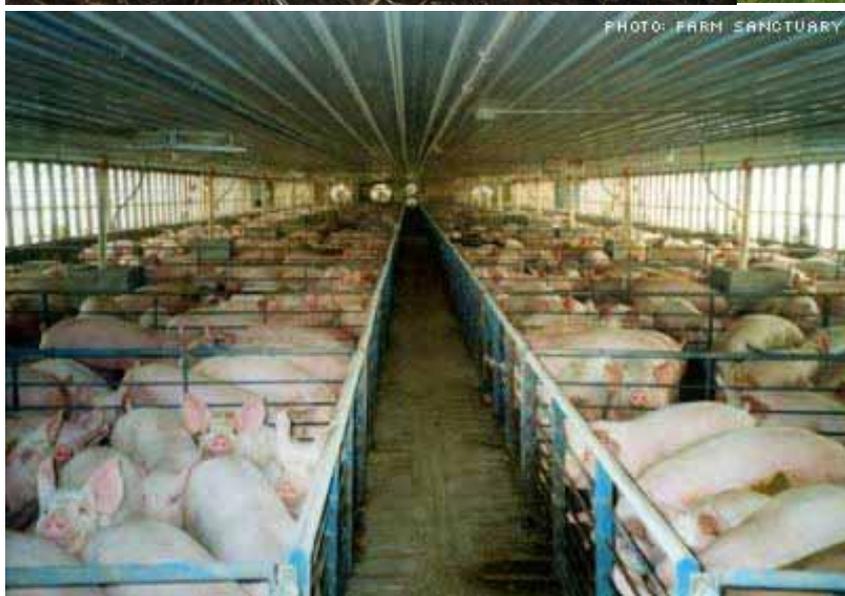


В животноводстве и птицеводстве незаменимые аминокислоты используют для балансировки кормов при получении «скороспелого мяса».



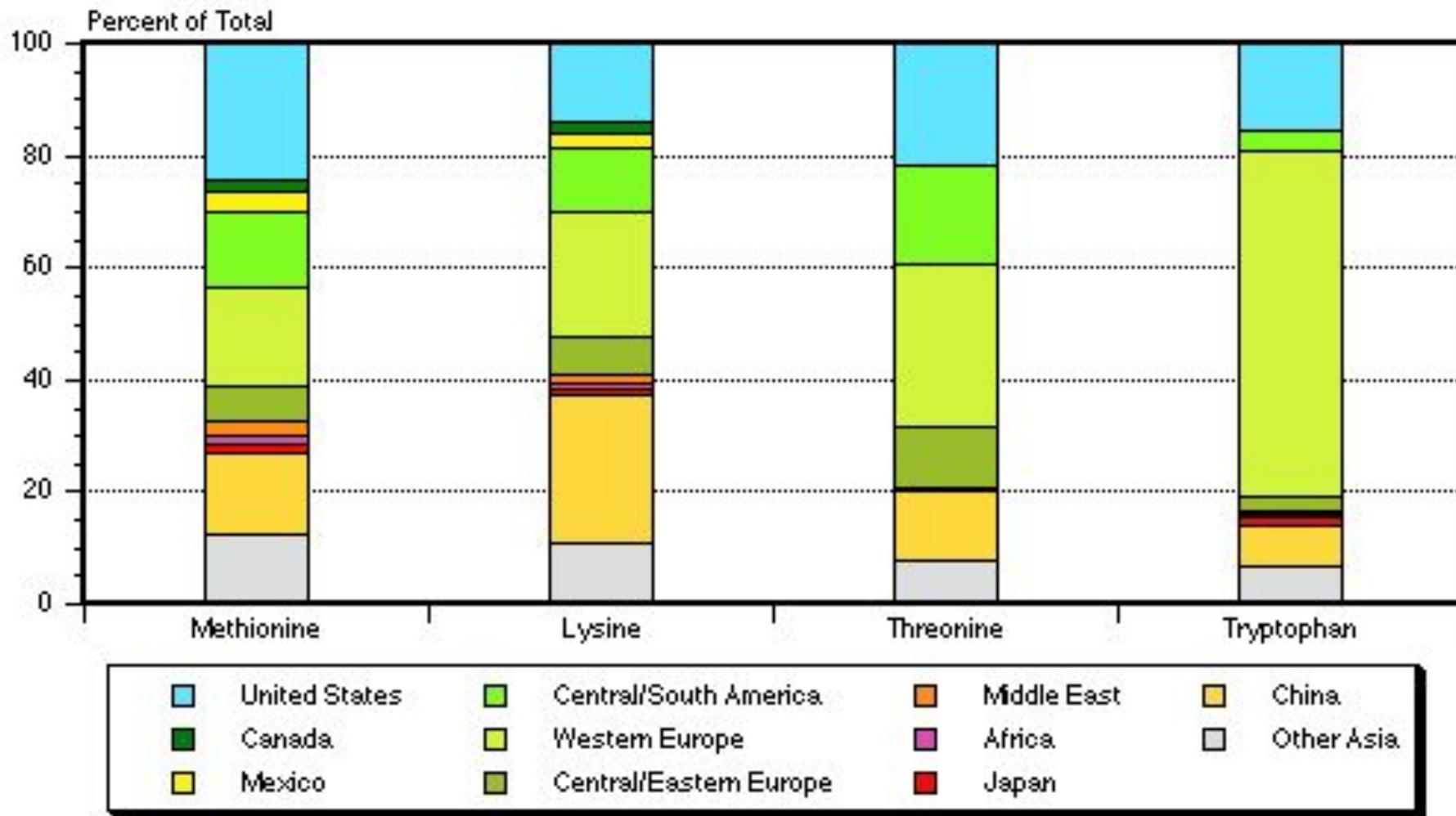
**Возраст: 38 дней.
Вес: 2,25 кг.**

В животноводстве и птицеводстве незаменимые аминокислоты используют для балансировки кормов при получении «скороспелого мяса».



Применение аминокислот в разных странах

World Consumption of Major Amino Acids—2008



Собственное биотехнологическое производство аминокислот в России отсутствует .
В 2010 г. в страну было импортировано около 50000 т лизина и 5000 т треонина.