

# Переваривание белков.

---

Диагностическое значение  
биохимического анализа  
желудочного и дуоденального сока.

# Функции белков

- структурная,
- каталитическая,
- регуляторная
- рецепторная,
- иммунологическая,
- защитная,
- транспортная,
- сократительная,
- дыхательная
- обезвреживающая,
- геннорегуляторная,
- создание биопотенциалов мембран,
- гомеостатическая,
- индивидуальное строение органов,
- обеспечивают хорошее зрение.
- энергетическая,

# Белковый обмен

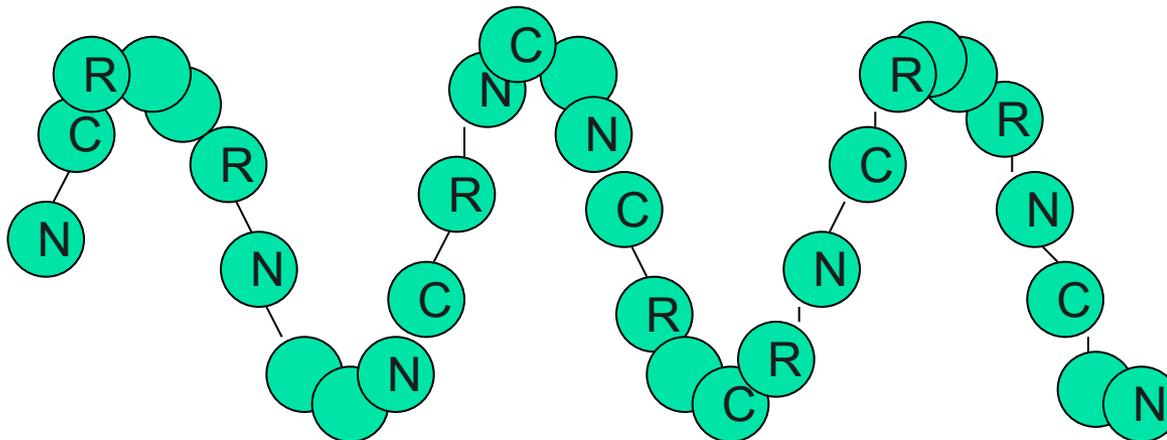


- В организме человека содержится около 15 кг белков.
- Количество свободных АМК примерно 35 г.
- АМК и белки содержат 95 % всего азота в организме.

# Классификация аминокислот

## по заменимости

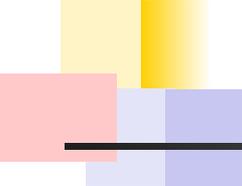
- заменимые,
- незаменимые (Вал, Иле, Лей, Лиз, Мет, Тре, Три, Фен) ,
- частично заменимые (Арг, Гис),
- условно заменимые (Цис, Тир).



**Азотистый баланс** — разность между общим количеством азота, поступившим в организм человека и количеством экскретируемого азота.

---

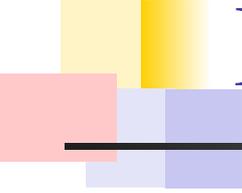
- **Азотистое равновесие** наблюдается у взрослого здорового человека. При этом количество синтезируемого белка, равно количеству экскретируемого.
- **Положительный азотистый баланс** у детей, беременных, выздоравливающих, введении анаболиков. При этом синтез белка преобладает над распадом.
- **Отрицательный азотистый баланс** при голодании, старении, истощающих заболеваниях, раке.



# Избыток и недостаток белка

---

- При недостаточном поступлении белка развивается белковая недостаточность.
- При белковых нагрузках вероятность возникновения дистрофических поражений почек, аллергических заболеваний, неопластических процессов повышается.



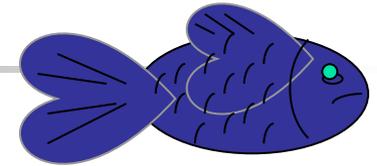
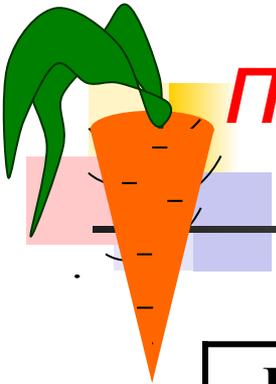
# Белковый оптимум

---

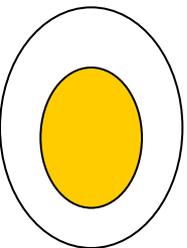
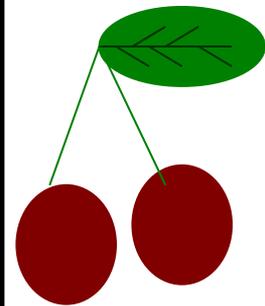
- для человека умственного труда при средней физической нагрузке – 100 г в сутки,
- при работе в жарком климате – 120 г в сутки.

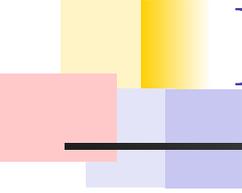
Оптимальная норма белка в питании обеспечивает положительный азотистый баланс.

# Содержание белка в пищевых продуктах неодинаково



Продукт	Содержание белка, %	Продукт	Содержание белка, %
Мясо	16 – 24	Картофель	1,5 – 2
Рыба	16 – 21	Капуста	1,1 – 1,6
Молоко	3,5	Яблоки	0,3 – 0,4
Сыр	20 – 36	Вишня	1 – 1,1
Яйцо	11-14	Морковь	0,8 – 1,6
Макароны	9 – 13	Пшено	10
Рис	8	Свекла	1,6
Соя	32-37		





# На потребность в белке влияют

---

- климатические условия,
- характер трудовой деятельности,
- возраст,
- физиологическое состояние организма,
- стрессы,
- наличие заболеваний.

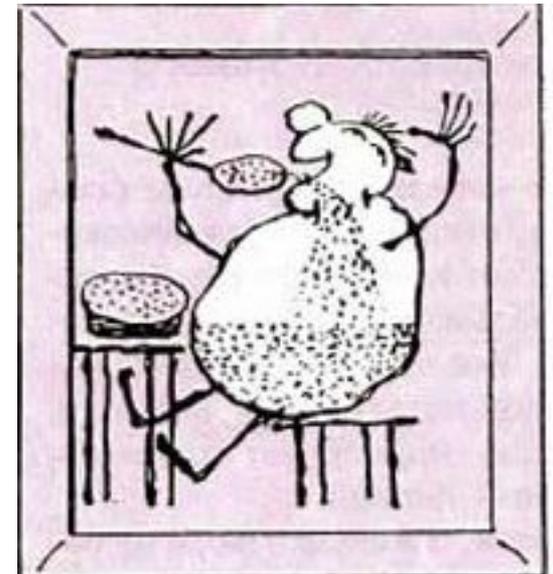
# Белковый минимум 30-50 г в сутки

---

- такое количество белка необходимо для поддержания азотистого равновесия.
- Даже при полном исключении из диеты всех белков с мочой выводится 4 г азота в сутки, то есть 25 г белка.
- Следовательно, при белковом голодании организм ежедневно расходует примерно 25 г белков собственных тканей.

# Биологическая ценность белков определяется

- сбалансированностью АМК состава,
- атакуемостью белков ферментами пищеварительного тракта (доступностью АМК).

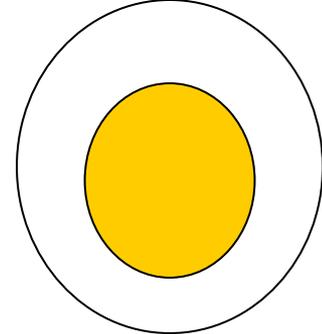


# Ограниченная всасываемость АМК растительной пищи связана с

---

- высоким содержанием в ней волокон,
- наличием специфических ингибиторов пищеварительных ферментов если эти ингибиторы не инактивированы горячей обработкой пищи (соя, горох).

# Идеальный белок



- 100% биологическая ценность,
- 100% усвоение в ЖКТ.

К идеальным белкам можно отнести белок женского молока, белок цельного куриного яйца.

Белки коровьего молока усваиваются на 90%, растительные белки – на 60%.

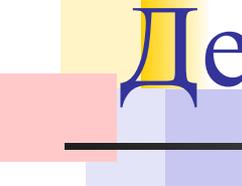
Ценность белка определяется его химическим составом.



- **Незаменимые АМК:**  
Вал, Иле, Лей, Лиз, Мет, Тре, Три, Фен.
  - **Незаменимые АМК для детей:** Вал, Иле, Лей, Лиз, Мет, Тре, Три, Фен, Гис и Арг.
- 

Скорость синтеза Гис и Арг недостаточна для того, чтобы обеспечить рост организма в детстве.

- Исключение какой-либо АМК из пищи сопровождается развитием отрицательного азотистого баланса, истощением, остановкой в росте, нарушениями со стороны нервной системы.
- При отсутствии Гис, Арг – анемия.
- При отсутствии Три – катаракта.
- При отсутствии Лиз - кариес, задержка роста.
- При отсутствии Мет страдает печень.



# Дефицит белка в пище вызывает

---

- потерю массы тела,
- нарушения роста,
- ферментную недостаточность,
- нарушения иммунитета.

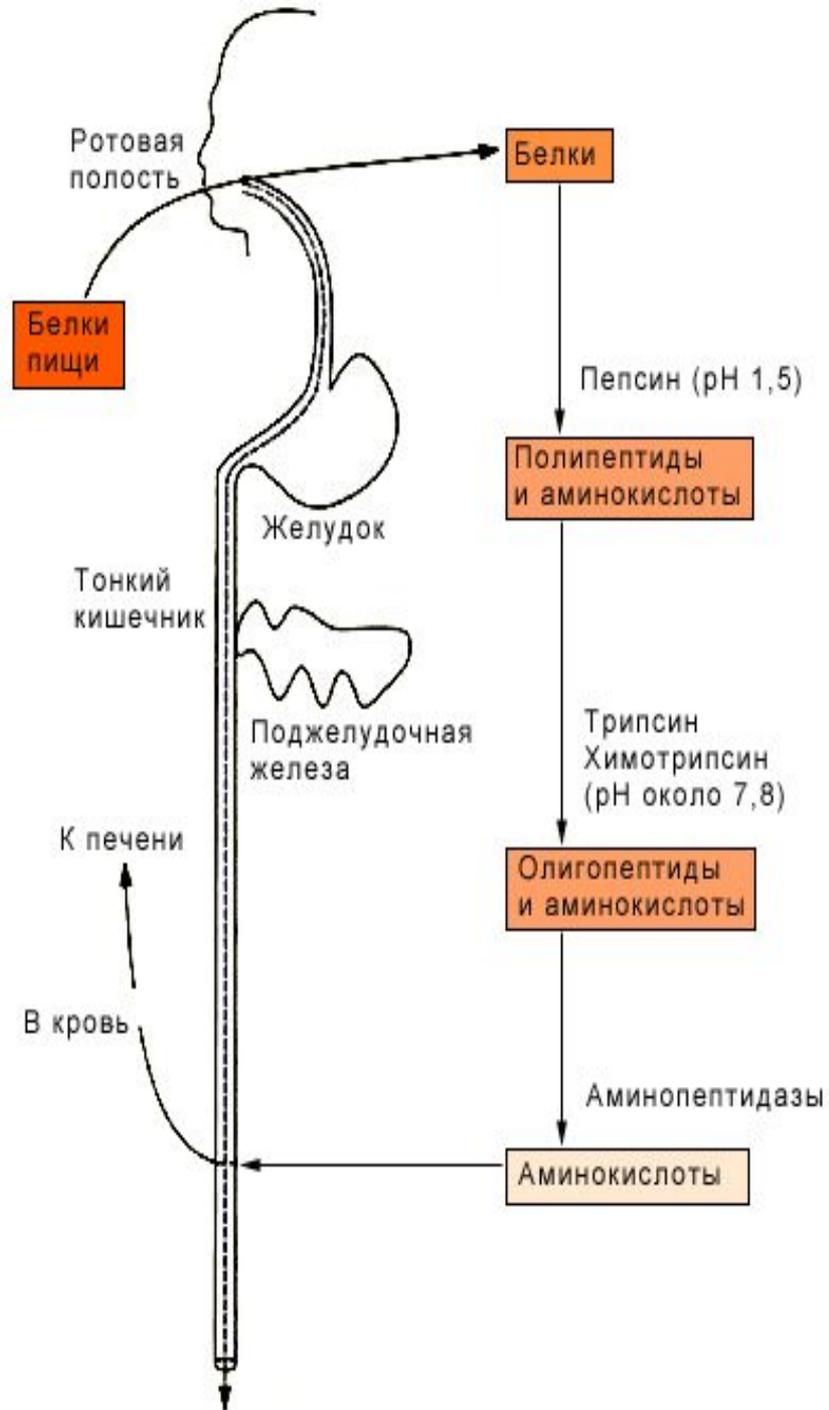
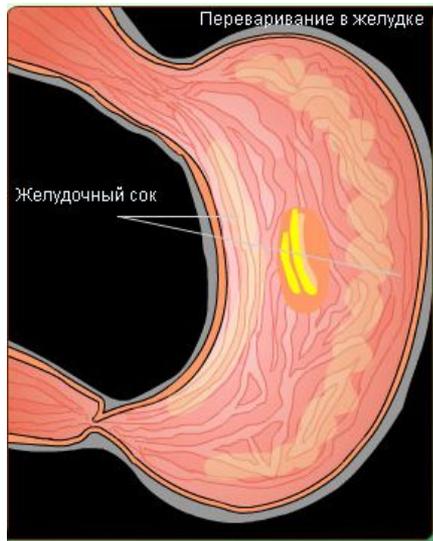
# Парентеральное белковое питание используют при

- ожогах,
- отравлениях,
- непроходимости пищевода,
- тяжёлых раковых поражениях пищевода и желудка.

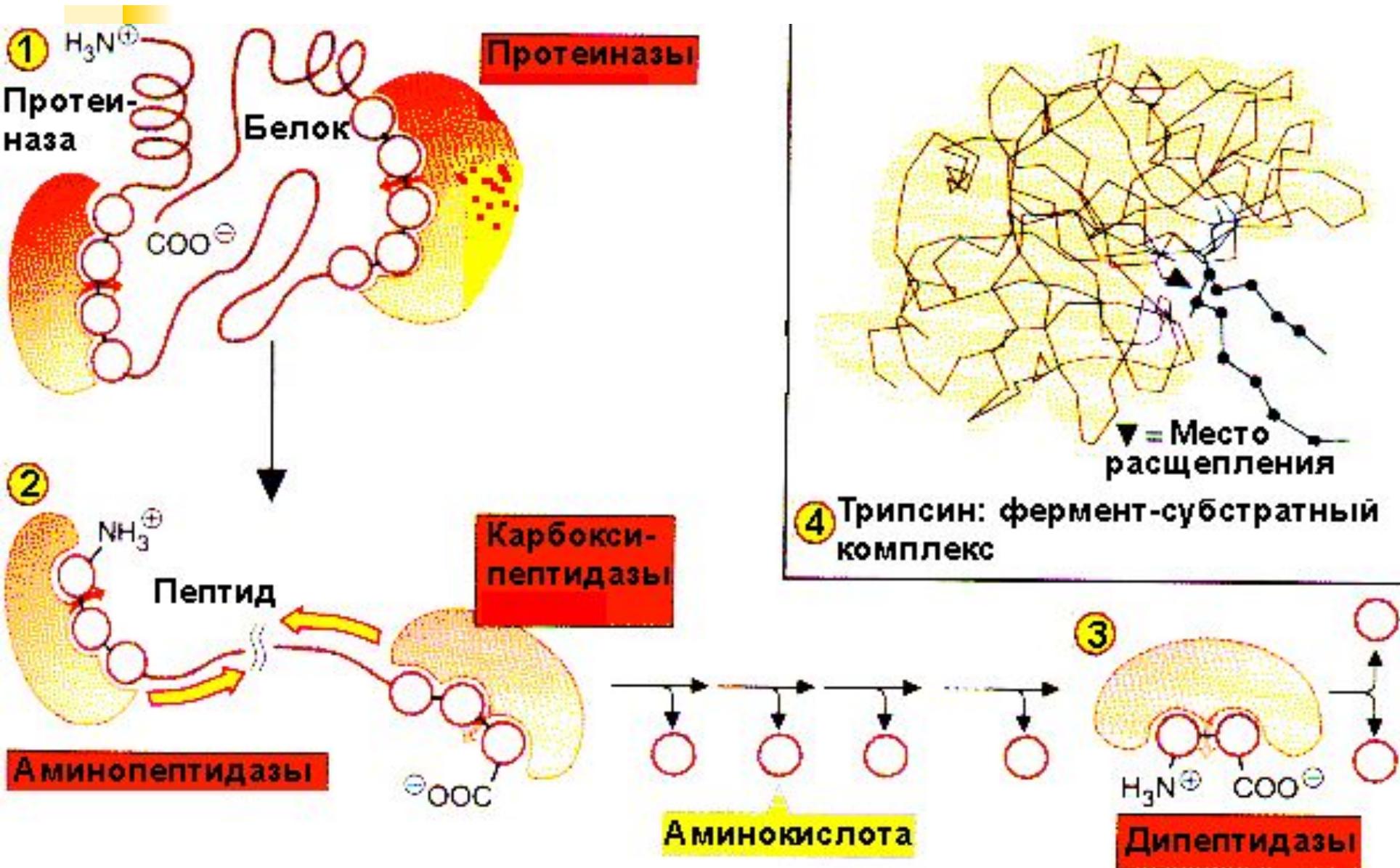


# Переваривание белков

- в ротовой полости нет переваривания белков,
- Переваривания белков, начинается в желудке.

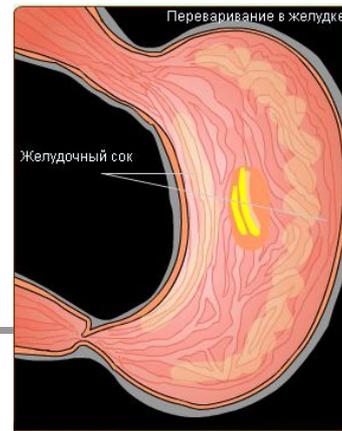


# Расщепление белка в ЖКТ



# Желудочный сок

- 95% - вода,
- 0,5% органические вещества,
- 2,5 литра.

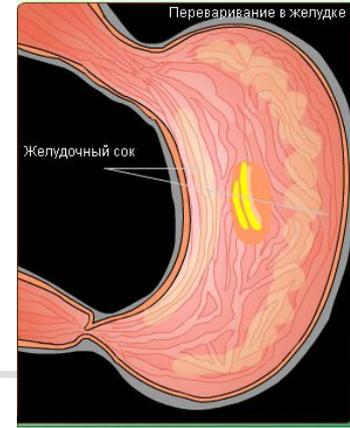


⬇ эндофермент  
- ⬆ экзофермент

компонент      функция или субстрат

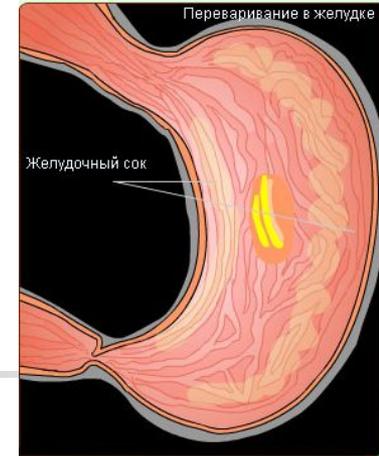
Желудочный сок	
Суточная норма 2-3 л	
pH 1	
Вода	
Соли	
НСI	денатурирует белки, убивает бактерии
Муцины	защищают стенки желудка
Пепсин (3.4.23.1-3)	расщепляет белки <span style="color: red;">⬇</span>
Химозин (3.4.23.4)	створаживает казеин <span style="color: red;">⬇</span>
Триацилглицерин-липаза (3.1.1.3)	расщепляет жиры
Внутренний фактор	связывает витамин B <sub>12</sub>

# Состав желудочного сока

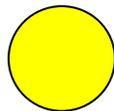
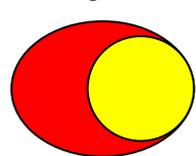


- пепсин (7 изоферментов),
- соляная кислота,
- гастрин (гормон, стимулирующий желудочную секрецию),
- лизоцим (вырабатывается поверхностью эпителия желудка),
- слизь (гликопротеины) несёт защитную функцию, внутренний фактор Кастла.

# Пепсин



■ образуется путём ограниченного протеолиза:



**Пепсиноген(40400)**

**42 АМК**

**Пепсин(32700),**

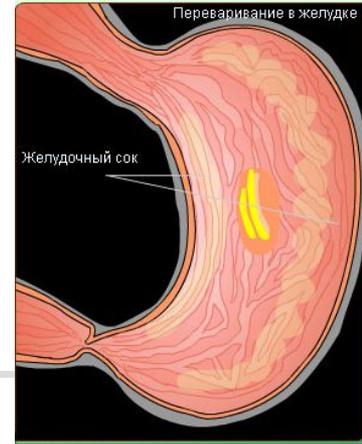
■ пептидгидролаза,

■ рН оптимум 1,5 – 2,

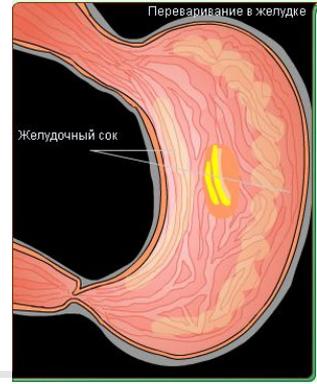
■ гидролизует пептидные связи с участием  $\text{NH}_2$  группы ароматической АМК.

# Соляная кислота

- создаёт рН 1,5-2 у взрослого,
- рН 5-6 – у новорожденных.



# Роль соляной кислоты



- вызывает денатурацию, набухание белка,
- активация пепсиногена,
- создаёт оптимум pH для пепсина,
- бактерицидное действие,
- нужна для всасывания железа,
- стимулирует работу внутреннего фактора Кастла,
- стимулирует работу секретина.

# Общая кислотность желудочного сока - совокупность всех кислотореагирующих веществ желудочного сока.

---

- Связанная соляная кислота - соляная кислота, связанная с белками и продуктами их переваривания.
- Свободная соляная кислота - соляная кислота, остающаяся в избытке.

Кислотность измеряется в титрационных единицах – количество NaOH, затраченное на титрование 100 мл желудочного сока.

Общая кислотность – 40-60 ТЕ.

Связанная соляная кислота – 20-30 ТЕ.

Свободная соляная кислота - 20-40 ТЕ.

# Защитные факторы слизистой желудка от соляной кислоты и пепсина

---

- образование слизи,
- секреция эпителием ионов  $\text{HCO}_3^-$ , создающих рН 5-6,
- наличие гетерополисахаридов на поверхности мембран клеток слизистой,
- быстрая регенерация повреждённого эпителия.

# Основные пепсины желудочного сока

---

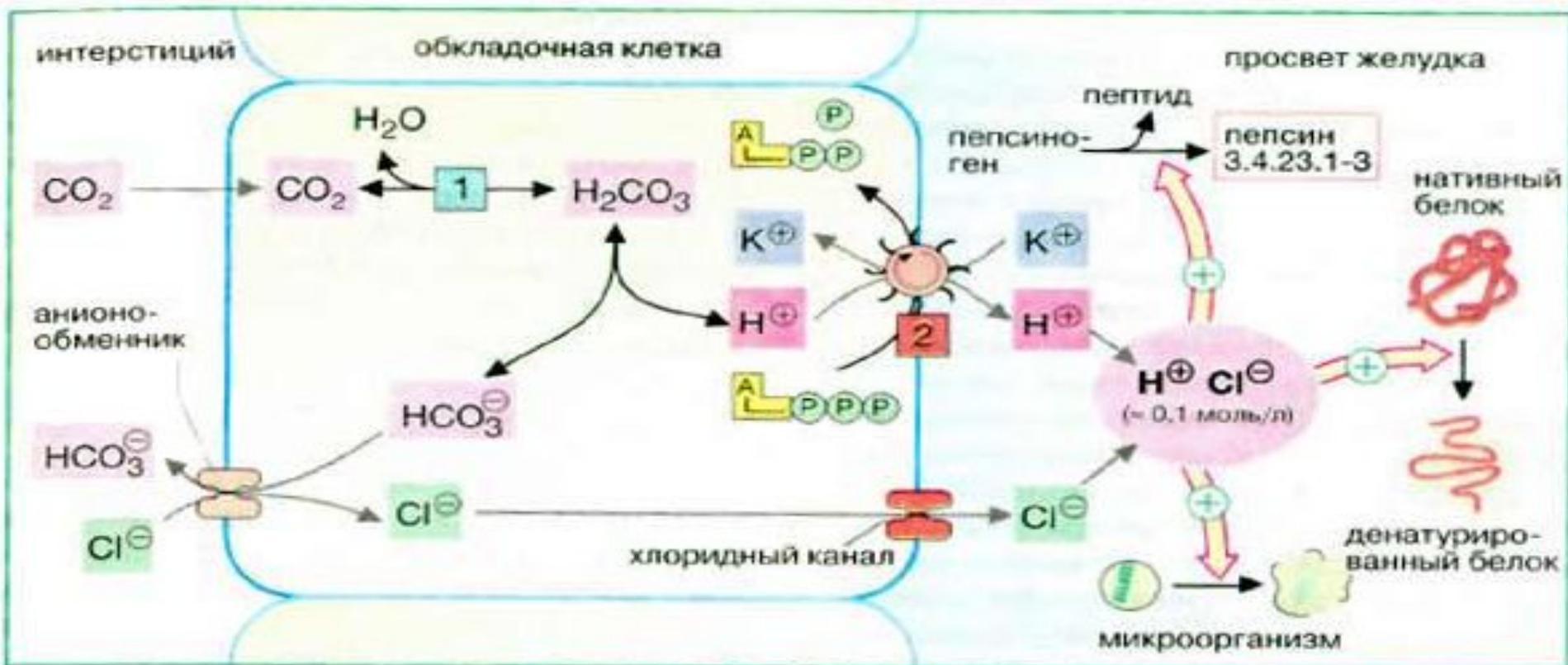
- Пепсин А гидролизует белки при рН 1,5-2. Часть пепсина переходит в кровеносное русло и выделяется с мочой (уропепсин).
- Гастриксин - оптимум рН 3,2 -3,5.
- Пепсин В (желатиназа) расщепляет белки соединительной ткани.
- Реннин (пепсин D, химозин) расщепляет казеин молока в присутствии ионов кальция.

# Пепсиноген активируется двумя способами



- соляной кислотой – медленно,
- аутокаталитически – быстро,  
уже имеющимся пепсином.

# Переваривание в желудке



1 карбонат-дегидратаза 4.2.1.1 [ $\text{Zn}^{2+}$ ]

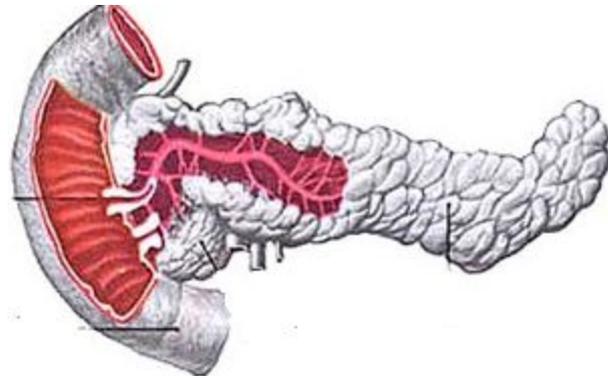
2  $\text{H}^+/\text{K}^+$ -ATP-аза 3.6.1.36

- 
- **Гипохлоргидрия** – снижение концентрации соляной кислоты в желудочном соке.
  - **Ахлоргидрия** – отсутствие соляной кислоты в желудочном соке.
  - **Гиперхлоргидрия** – повышение концентрации соляной кислоты в желудочном соке.

# Панкреатический сок

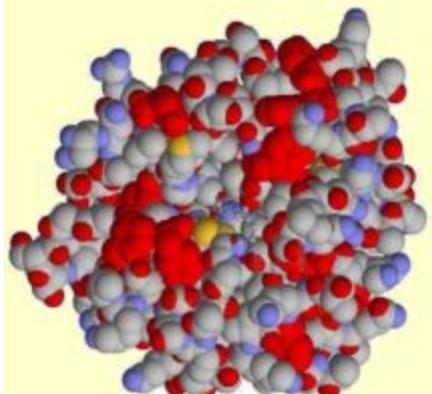
---

- 0,8 л,
- 1,2% составляет сухой остаток,
- рН 7,5 – 8,2.



# Ферменты панкреатического сока

- трипсин,
- химотрипсин,
- эластаза,
- карбоксипептидаза.



## Секрет поджелудочной железы

Суточная норма 0,7-2,5 л

pH 7,7 (7,5-8,8)

Вода

$\text{HCO}_3^-$

нейтрализует желудочный сок

Трипсин (3.4.21.4)

белки



Химотрипсин (3.4.21.1)

белки



Эластаза (3.4.21.36)

белки



Карбоксипептидазы (3.4.n.n)

пептиды



$\alpha$ -Амилаза (3.2.1.1)

крахмал и гликоген



Триацилглицерин-липаза (3.1.1.3)

жиры

Колипаза

кофактор липазы

Фосфолипаза  $A_2$  (3.1.1.4)

фосфолипиды

Холестерин-эстераза (3.1.1.13)

эфир холестерина

Рибонуклеаза (3.1.27.5)

РНК

Дезоксирибонуклеаза (3.1.21.1)

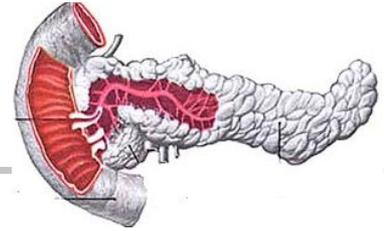
ДНК

# Пищеварительные протеолитические ферменты вырабатываются в неактивном состоянии

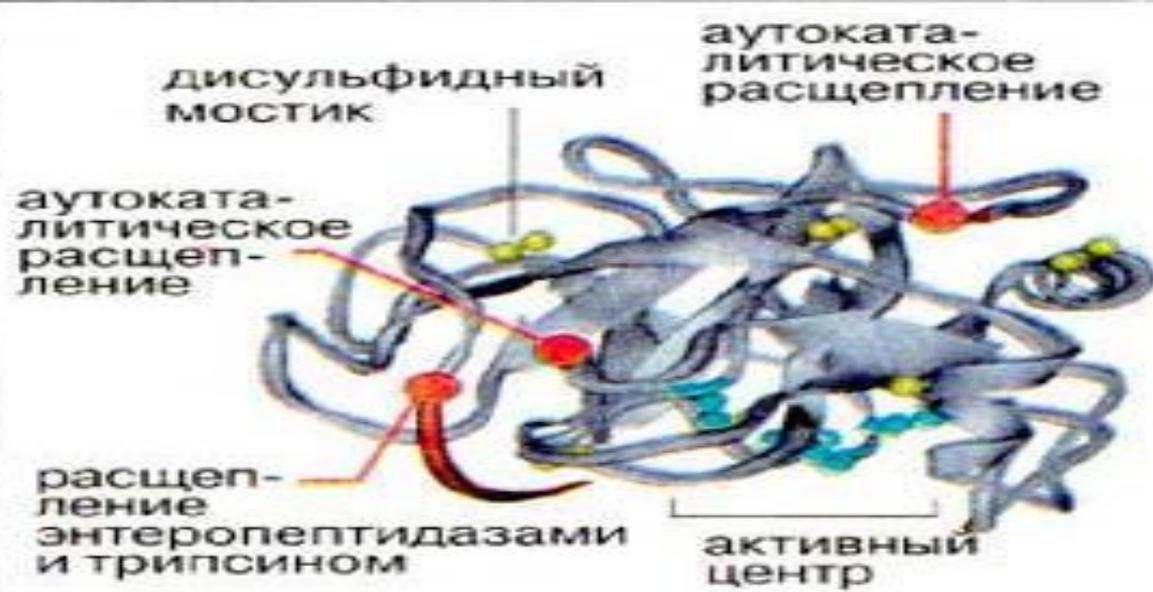
---

- предупреждение переваривания органов,
- предупреждение переваривания ферментов.

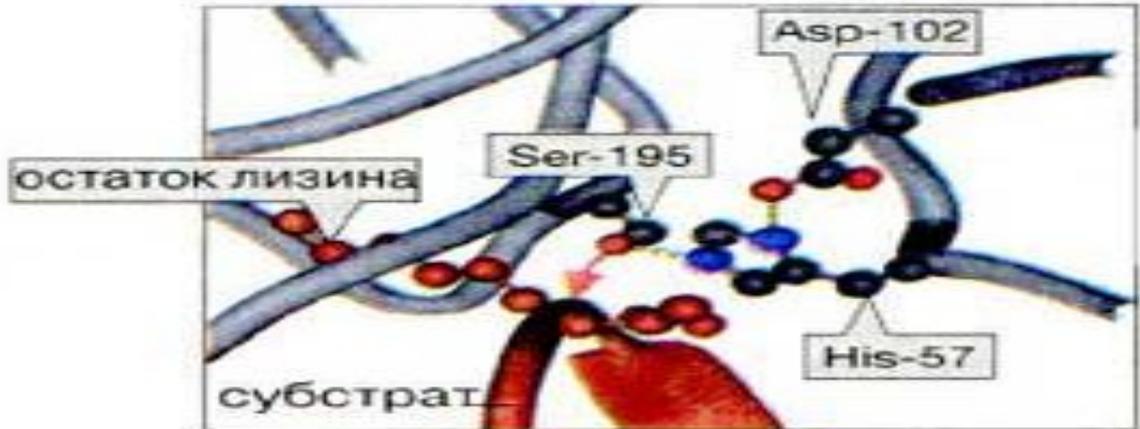
# Групповая специфичность ферментов поджелудочной железы



- Трипсин гидролизует пептидные связи, в образовании которых принимают участие СООН-группы Лиз и Арг.
- Химотрипсин гидролизует пептидные связи, в образовании которых участвуют СООН-группы ароматических АМК.



**1. Активация трипсиногена**



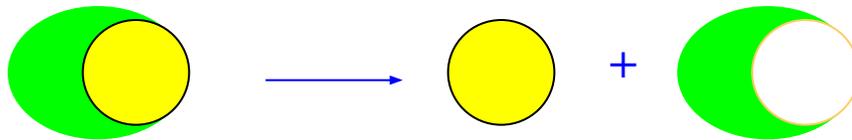
**2. Трипсин: активный центр**

- |          |                             |          |                     |
|----------|-----------------------------|----------|---------------------|
| <b>1</b> | энтеропептидаза<br>3.4.21.9 | <b>2</b> | трипсин<br>3.4.21.4 |
|----------|-----------------------------|----------|---------------------|

# Активация ферментов

## панкреатического сока желчью

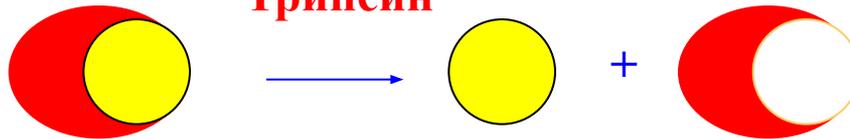
**Энтерокиназа**



**Трипсиноген**

**Трипсин**

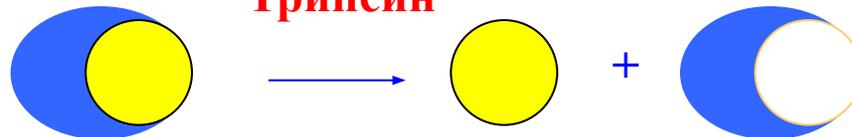
**Трипсин**



**Проэластаза**

**Эластаза**

**Трипсин**



**Химотрипсиноген**

**Химотрипсин**

# Кишечный сок

- аминопептидазы,
- дипептидазы,
- энтерокиназа.

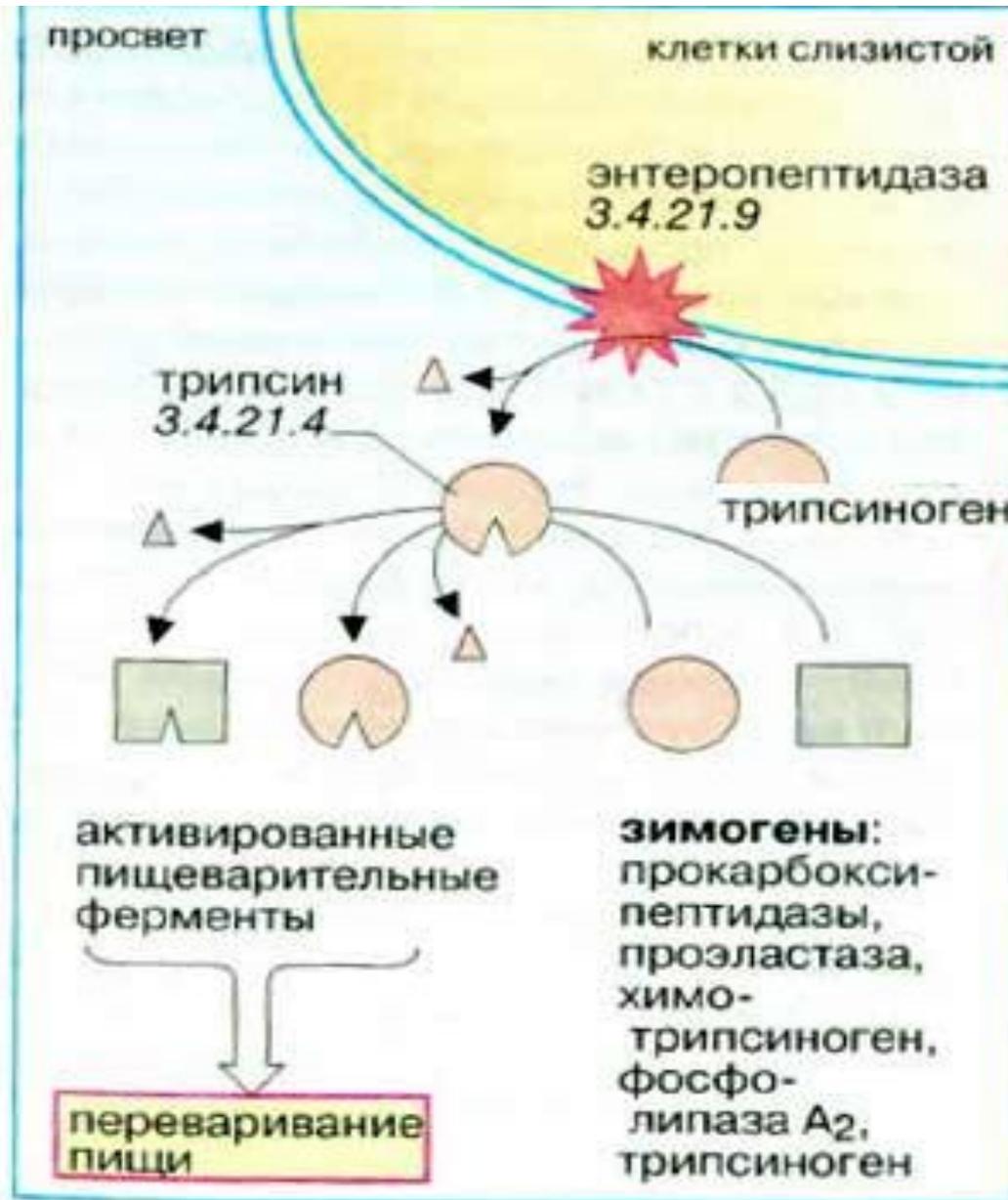


## Секрет тонкого кишечника

Суточная норма?  
рН 6,5-7,8

Аминопептидазы (3.4.11.n)	пептиды - +
Дипептидазы (3.4.13.n)	дипептиды
$\alpha$ -Глюкозидаза (3.2.1.20)	олигосахариды - +
Олиго-1,6-глюкозидаза (3.2.1.10)	олигосахариды - +
$\beta$ -Галактозидаза (3.2.1.23)	лактоза
Сахароза- $\alpha$ -глюкозидаза (3.2.1.48)	сахароза
$\alpha, \alpha'$ -Трегалаза (3.2.1.28)	трегалоza
Щелочная фосфатаза (3.1.3.1)	эфиры фосфорной кислоты
Полинуклеотидазы (3.1.3.n)	нуклеиновые кислоты, нуклеотиды - +
Нуклеозидазы (3.2.2.n)	нуклеозиды - +
Фосфолипазы (3.1.n.n)	фосфолипиды

# Переваривание в тонком кишечнике



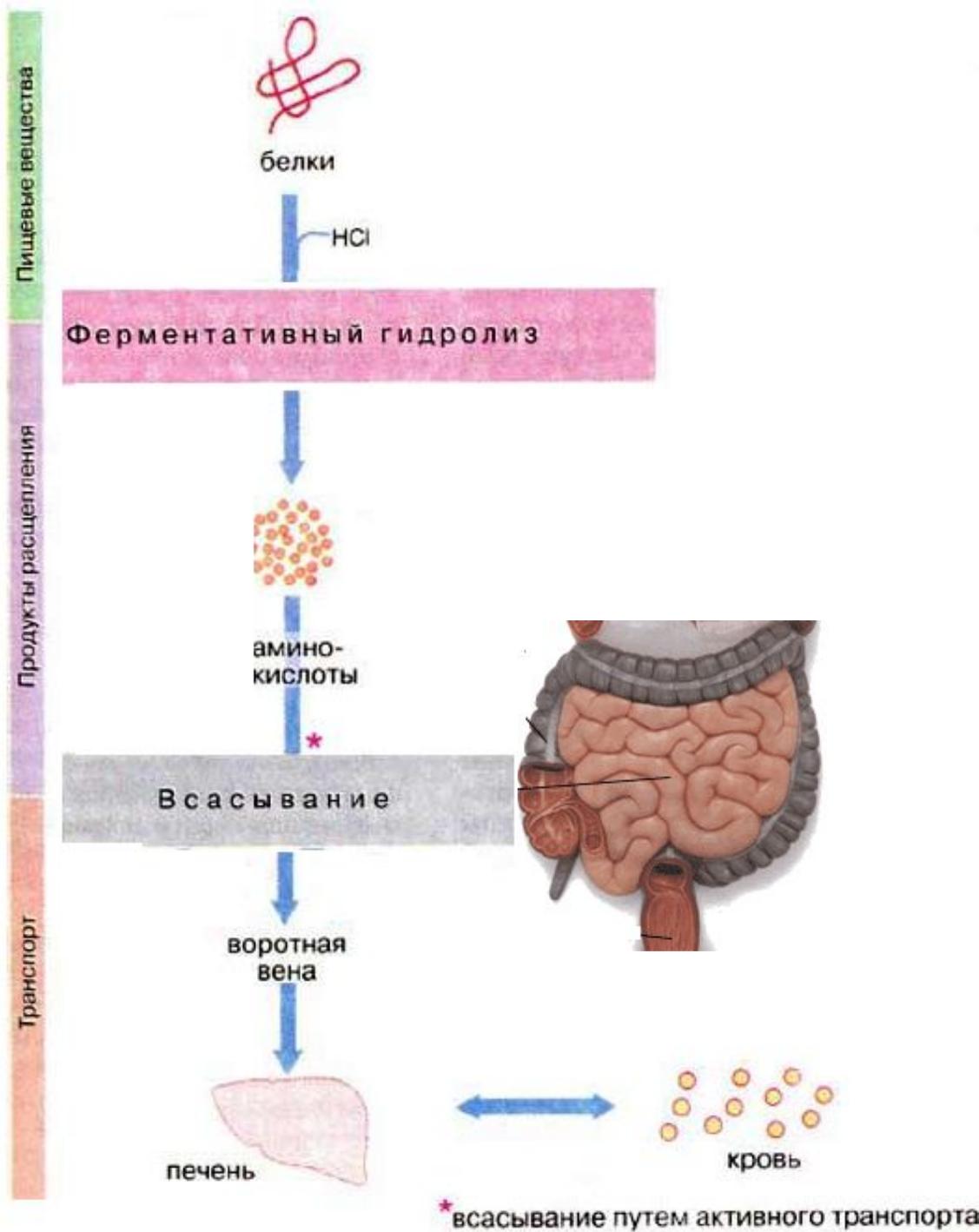
Тонкий кишечник

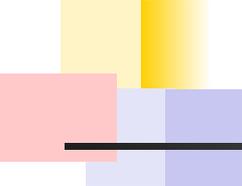
- 
- Место синтеза проферментов (слизистая оболочка желудка и поджелудочная железа) и место их активации (полость желудка, тонкой кишки) пространственно разделены. Это защита от самопереваривания.
  - Преждевременная активация проферментов в секреторных клетках наблюдается при язве желудка и остром панкреатите.

- 
- Больные с резецированным желудком сохраняют способность использовать пищевые белки достаточно полно, а при повреждениях поджелудочной железы или нарушении оттока её секрета в двенадцатиперстную кишку в кале появляются нерасщеплённые белки.

# Всасывание АМК в кровь

- происходит в тонком кишечнике,
- сопровождается потреблением энергии.





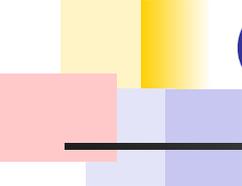
# γ-Глутамильный цикл

---

γ-ГТП

АМК + глутатион  $\xrightarrow{\gamma\text{-ГТП}}$  глауамилАМК + цистинилглицин

- γ-ГТП катализирует перенос глауамильного остатка глутатиона на АМК.
- Перенос 1 молекулы АМК сопровождается потреблением 1 молекулы глутатиона.



# Судьба всосавшихся АМК

---

- Всасываемые АМК попадают в порталный кровоток, а затем в общий кровоток.
- Особенно интенсивно АМК поглощают печень и почки.
- Ткань мозга избирательно быстро поглощает мет, гли, гис, арг, глутамин, тир, а лей, лиз, про поглощаются этой тканью медленно.

# Всасывание продуктов распада белков

---

- идёт путём активного транспорта (с ионами натрия) АМК в кровь,
- если белок всасывается непереваренным, то к этому белку – аллергия.

# Специфические транспортные системы существуют для

---

- нейтральных АМК с небольшой боковой цепью,
- нейтральных АМК с объёмной боковой цепью,
- основных АМК,
- кислых АМК,
- пролина.

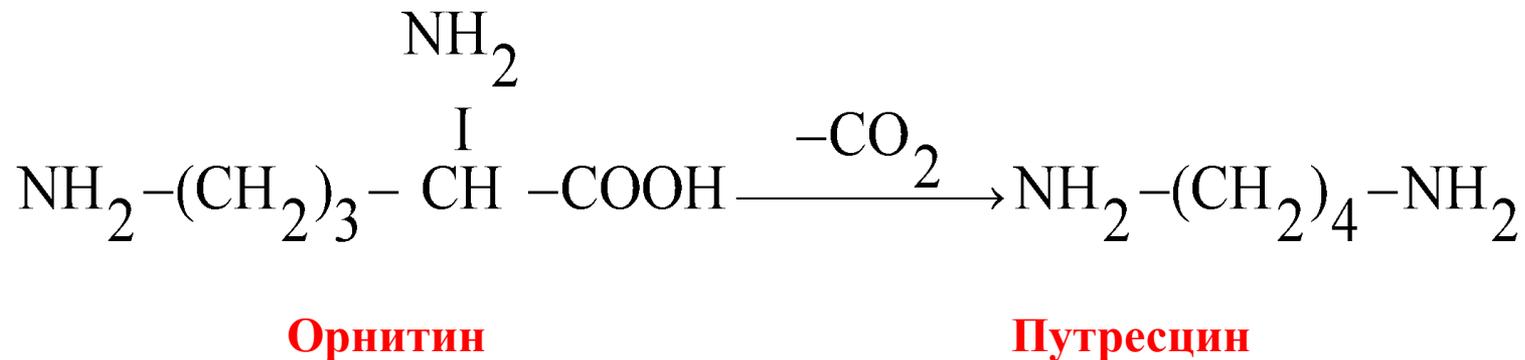
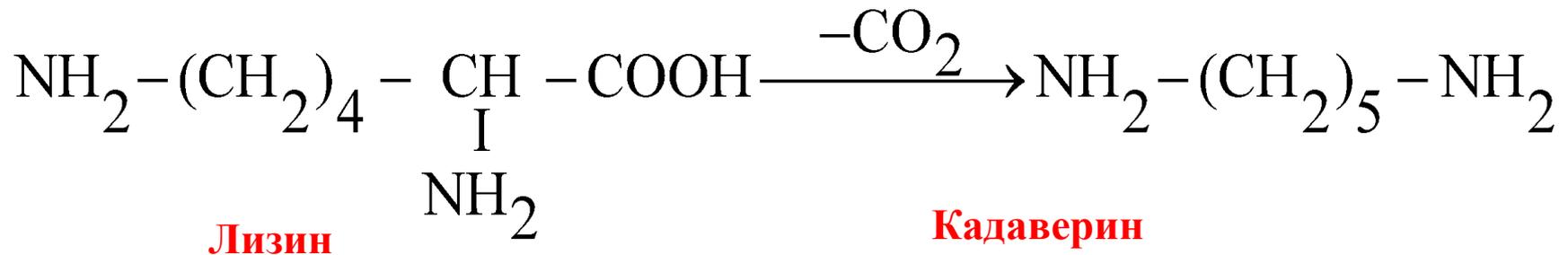
# Гниение белков

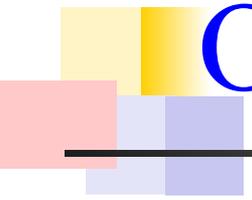
---

- 5% белка не переваривается, а идёт в толстый кишечник, где микрофлорой расщепляется до АМК.
- Гниение белков – распад АМК, в толстой кишке под действием ферментов бактерий.



# Декарбоксилирование аминокислот



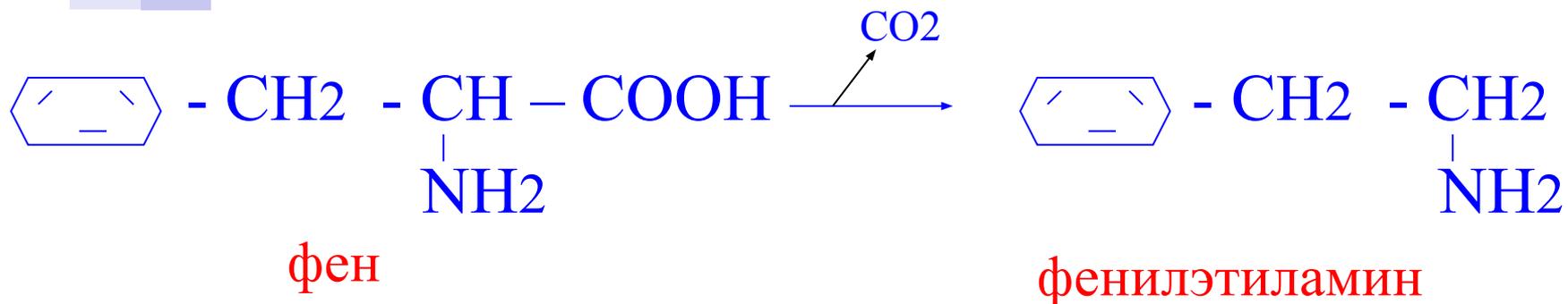


# Обезвреживание диаминов

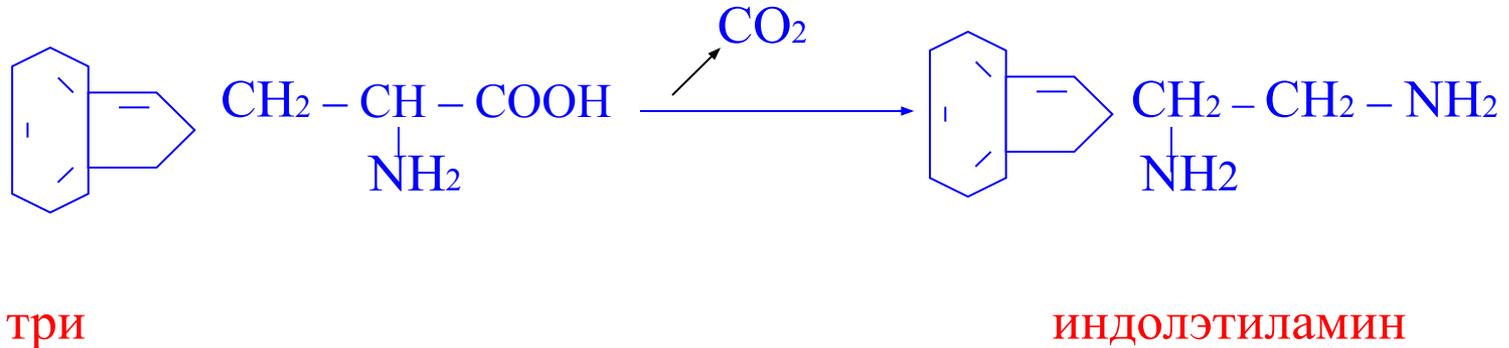
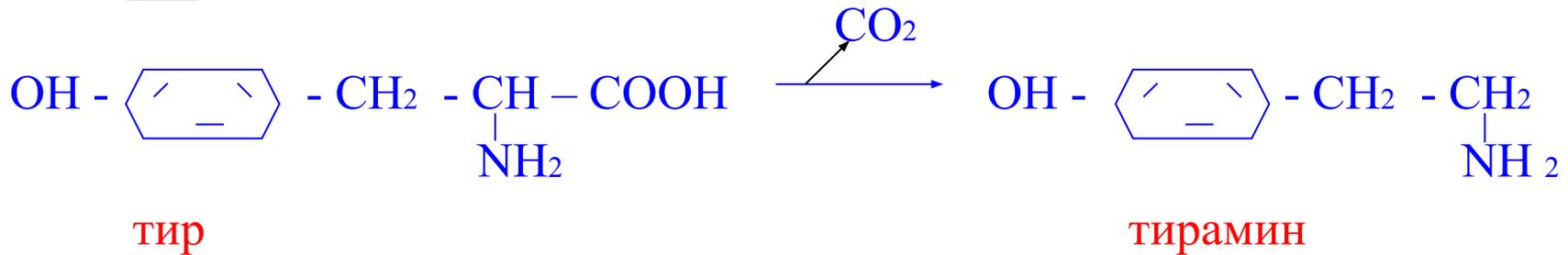
---

- Диамины обезвреживаются в организме под действием фермента ДАО (диаминооксидаза), кофермент – ФП.

# Образование моноаминов

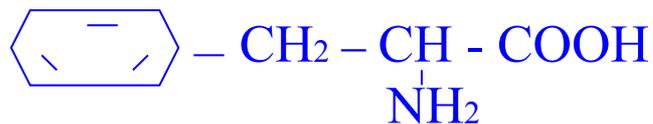


# Образование моноаминов

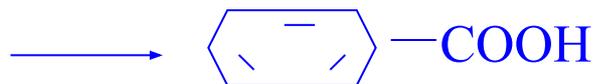


Моноамины обезвреживаются ферментом MAO (моноаминооксидаза), кофермент – ФАД.

# Укорочение боковой цепи



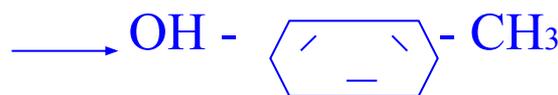
Фен



Бензойная кислота



Тирозин



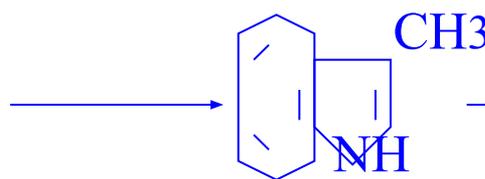
Паракрезол



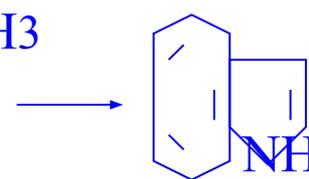
Фенол



Триптофан

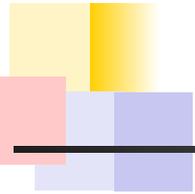


Скатол



Индол

- 
- Глубокий распад серосодержащих АМК сопровождается образованием сероводорода, меркаптана.

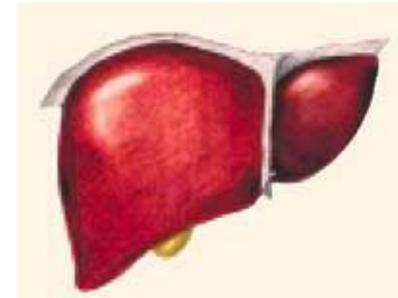


- При гниении образуются токсичные для организма продукты: аммиак, сероводород, фенол, крезол, индол, скатол, различные диамины, моноамины, бензойная кислота.
- Процессы гниения усиливаются при дефиците протеолитических ферментов поджелудочной железы. Возникает аутоинтоксикация.

# В печени детоксикация происходит путём

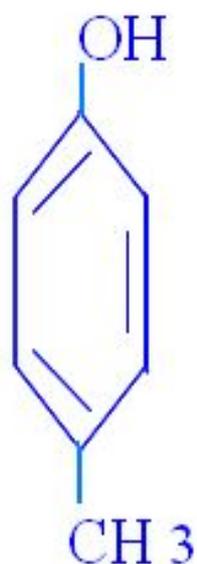
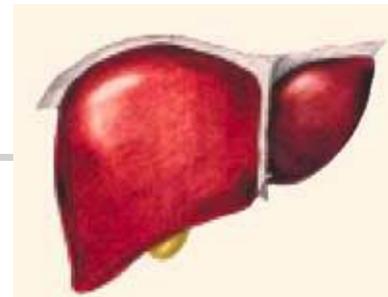
---

- окисления,
- восстановления,
- метилирования,
- ацетилирования,
- дезаминирования,
- реакций конъюгации (образование парных соединений с глюкуроновой кислотой, серной кислотой, глицином).



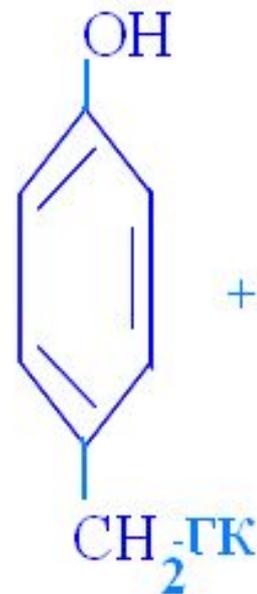
Нетоксичные соединения выделяются из организма.

# Обезвреживание токсических веществ в печени путём парного синтеза



+ УДФ-ГК

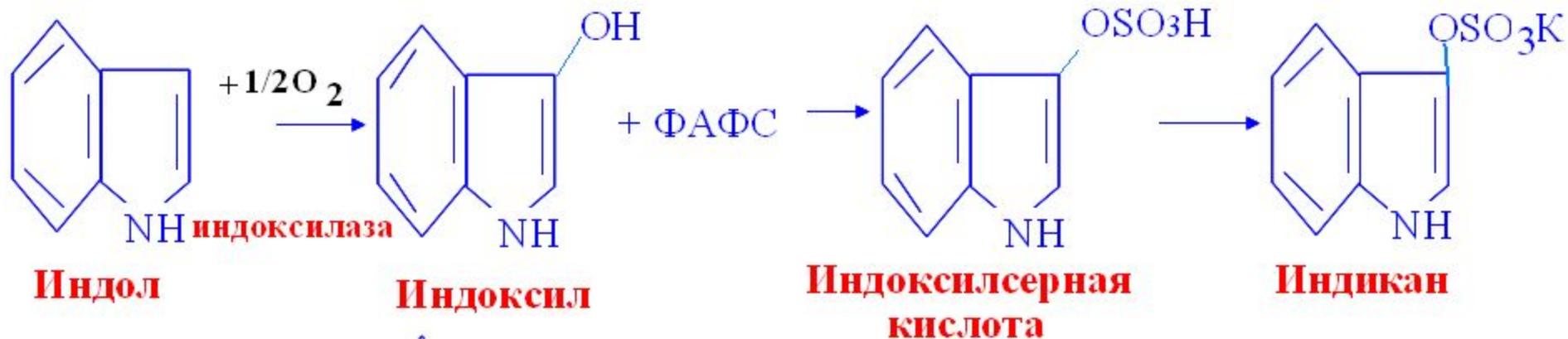
→  
трансфераза



+ УДФ

крезолглюкуронид

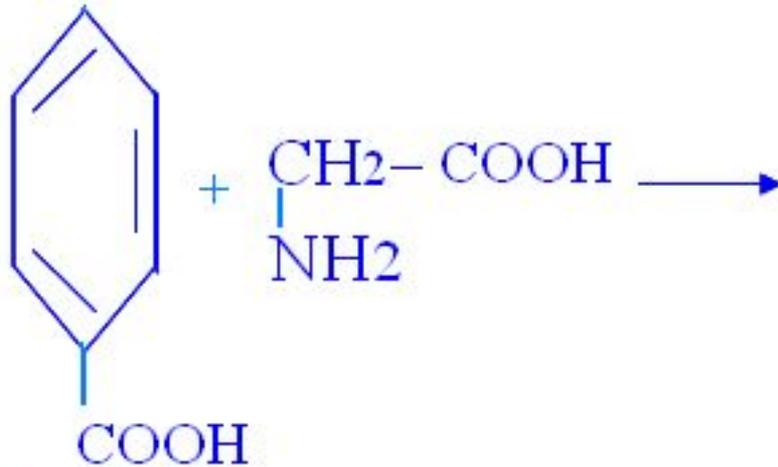
# Скатола и индол сначала получают ОН-группу



- 
- По количеству индикана в моче судят о скорости гниения белков в кишечнике и функциональном состоянии печени.

# Бензойная кислота

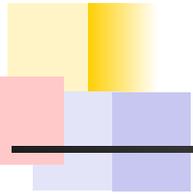
обезвреживается глицином



**Бензойная кислота**



**Гиппуровая кислота**

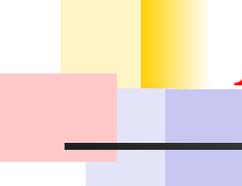


---

■ В норме интенсивность процессов гниения в кишечнике незначительна.

■ При патологических состояниях (язвенная болезнь, опухоли, инфекции, отравления, кишечная непроходимость) в просвет кишки выделяются кровь, гной, выпоты, гнилостные процессы усиливаются. Возникает аутоинтоксикация.

■ У грудных детей процессов гниения обычно не бывает.



# Аминокислотный пул

---

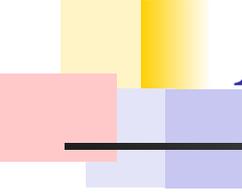
- $2/3$  пула – эндогенные источники,
- $1/3$  пула пополняется за счёт пищи.
- Фонд свободных АМК организма примерно 35 г.

# АМИНОКИСЛОТНЫЙ ПУЛ



# Пути использования АМК





# АМК крови увеличиваются при

---

- экссудативном диатезе,
- заболеваниях печени,
- опухолях.

# В клетках

---

- белки в процессе их обновления гидролизуются клеточными протеолитическими ферментами катепсинами (в лизосомах).

