

БИОХИМИЯ ПИТАНИЯ

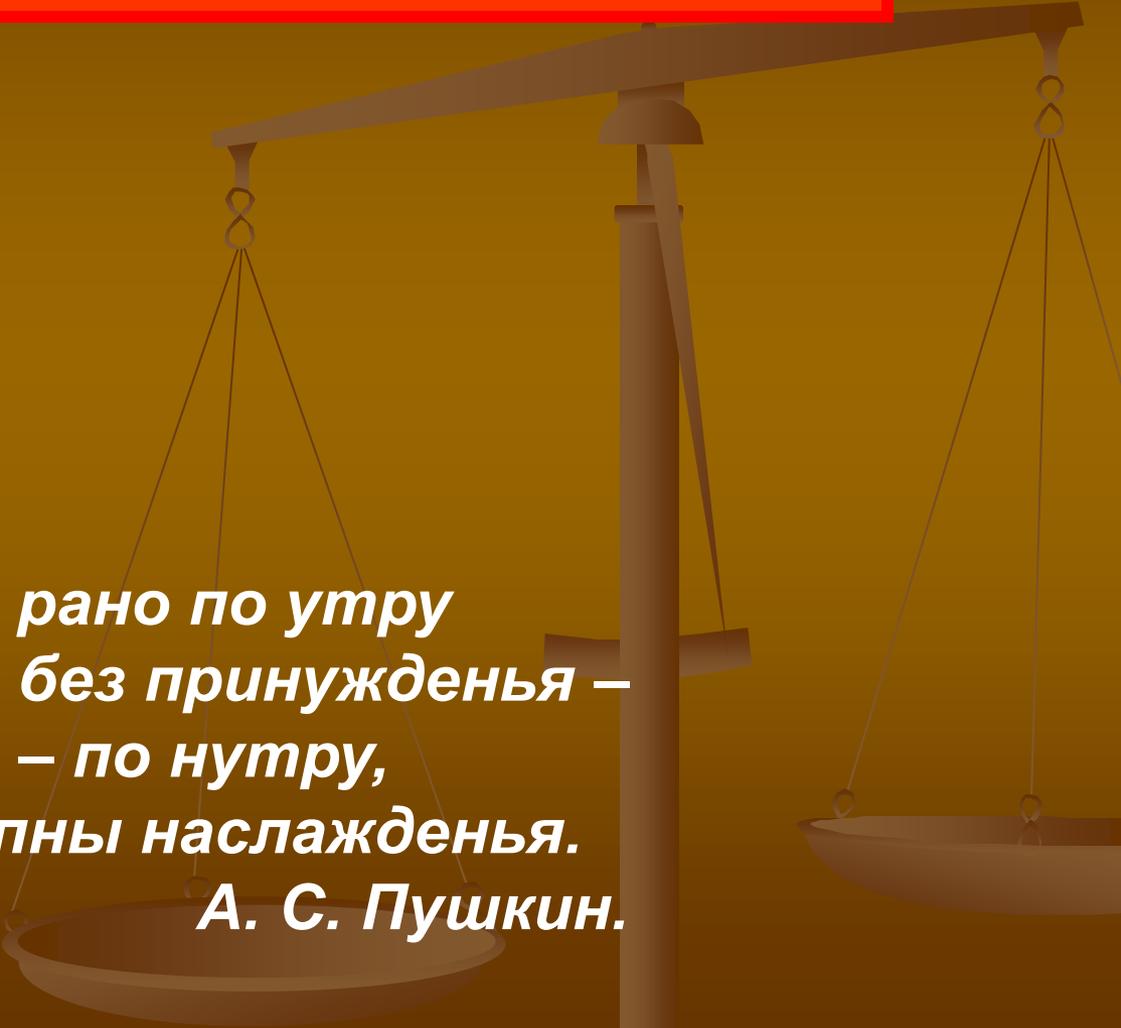
Наумов Александр Васильевич.

«Человек есть то, что он есть»

Людвиг Фейербах

Наука о пище и питании называется
нутрициологией
(от греч. *nutricio* - питание).

*Блажен, кто рано по утру
Имеет стул без принужденья –
Тому и пища – по нутру,
И все доступны наслажденья.*
А. С. Пушкин.



- А ВЫ КАЛОРИИ
СЧИТАЕТЕ?

- ТОЛЬКО ПЕРЕД СНОМ,
ЕСЛИ ХОЧЕТСЯ ПОБЫСТРЕЕ
ЗАСНУТЬ.



Гликемический индекс – повышение уровня глюкозы в крови после тестовой дозы углеводов по сравнению с эквивалентным количеством принятой глюкозы.

Индекс глюкозы и галактозы равен **1** (100%),

- крахмала < 1.

- фруктозы < 1.

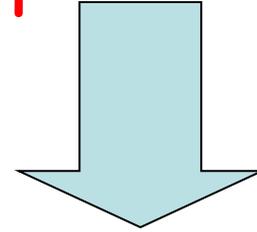
- некоторых полисахаридов – 0.

Фермент :

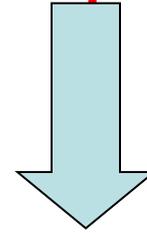
- *лингвальная амилаза;*
- *панкреатическая амилаза.*

- *Дисахаридаза,*
- *Мальтаза,*
- *Сахараза-изомальтаза,*
- *Лактаза,*
- *Трегалаза.*

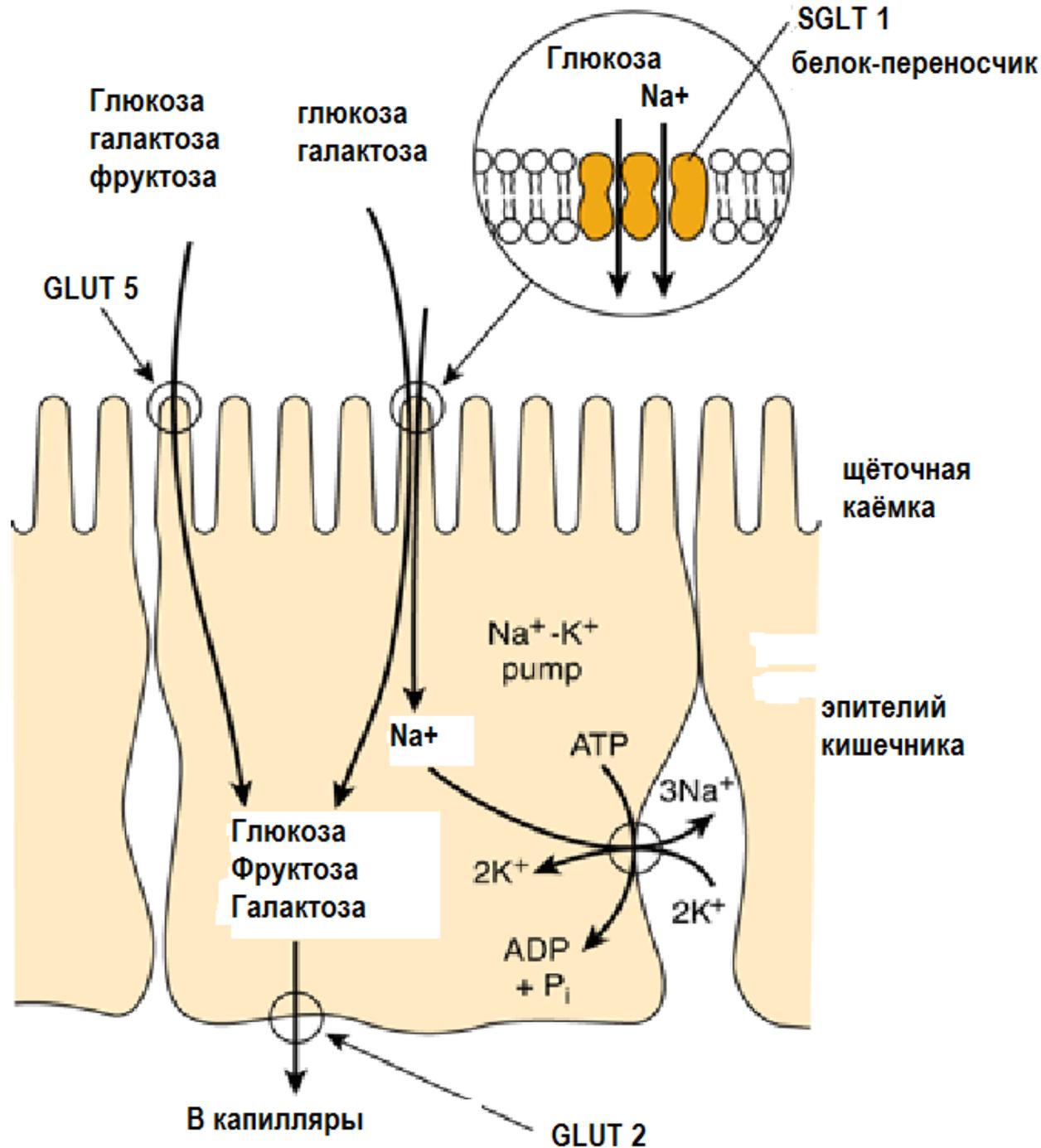
Крахмал



Декстрины



Мальтоза, изомальтоза



Ферменты:

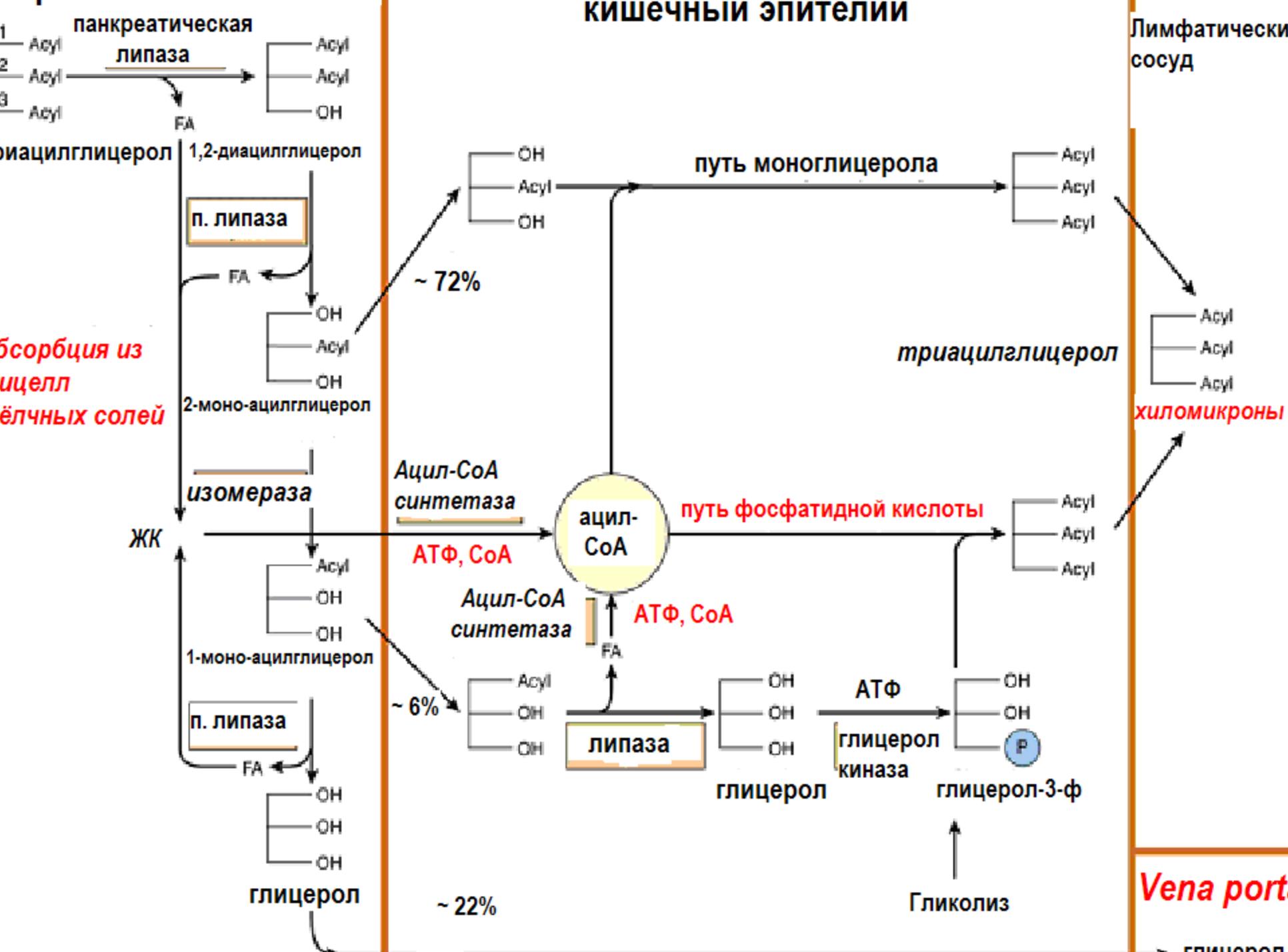
Кислые липазы (1,2-ДАГ, 30% липидов)

- Лингвальная липаза;
- Желудочная липаза (LIPF);

Щелочные липазы (2-МАГ)

- панкреатическая липаза;
- колипаза (активатор липазы);
- панкреатическая эстераза (~25%
(моноацилглицерол (МАГ) → глицерол + ЖК);
- изомераза

КИШЕЧНЫЕ ЭПИТЕЛИИ



Ферменты:

Эндопептидазы:

- пепсин (ароматические, разветвлённые и Met);
- трипсин (Лиз, Арг);
- химотрипсин (ароматические АК);
- эластаза (нейтральные АК).

Экзопептидазы:

- карбоксипептидазы;
- аминопептидазы.

Дипептидазы, трипептидазы.

триптофан (суточная потребность 4 мг на кг массы тела);

фенилаланин (25 мг на кг массы тела);

треонин (15 мг на кг массы тела),

лизин (30 мг на кг массы тела);

валин (26 мг на кг массы тела);

лейцин (39 мг на кг массы тела);

изолейцин (20 мг на кг массы тела),

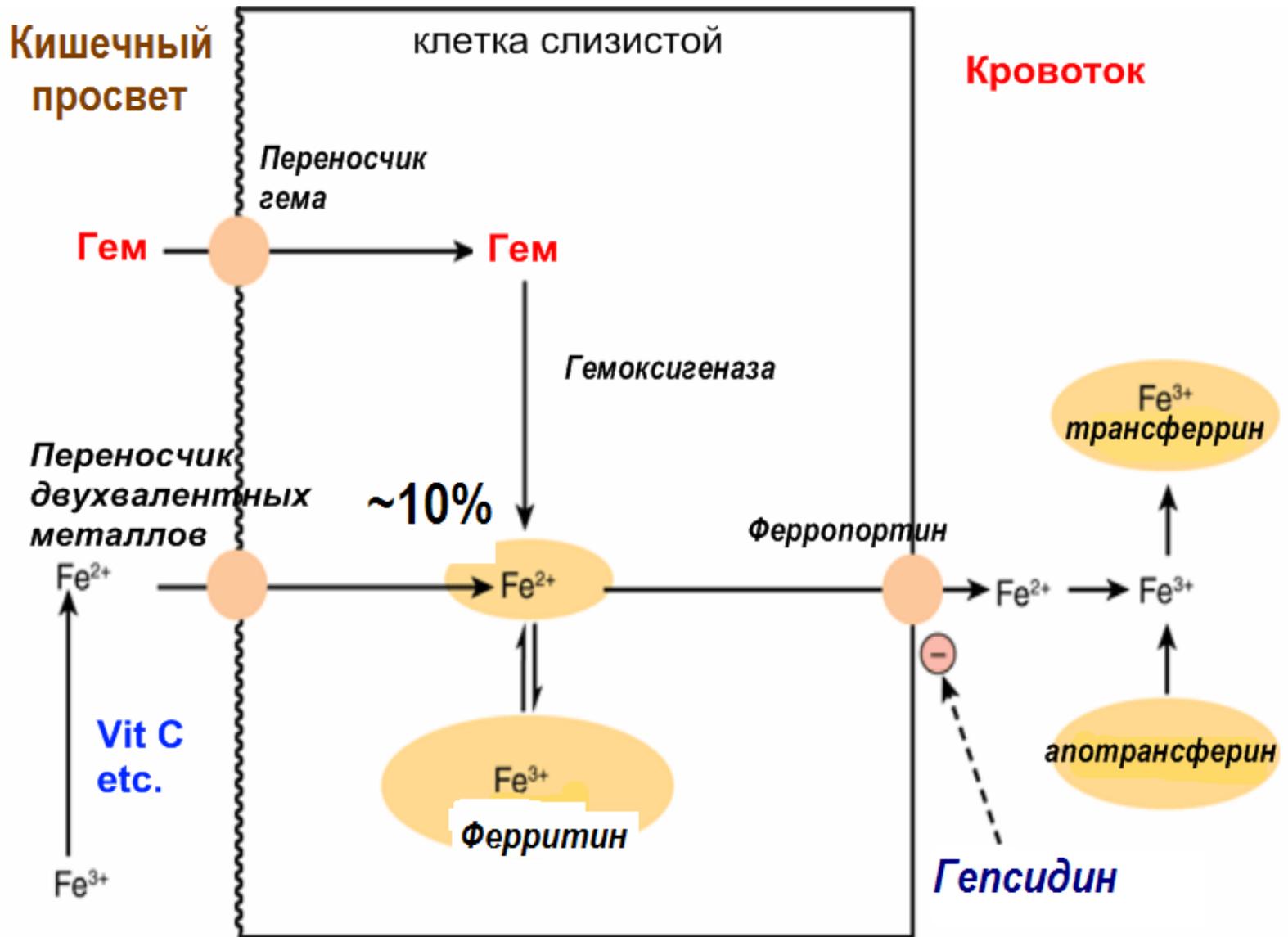
метионин (10,5 мг на кг массы тела),

гистидин (10 мг на кг массы тела).



Усвоение железа.

Усвоение железа.



Усвоение кальция.

Кальцитриол:

- стимулирует экспрессию **кальбиндина**;
- повышает количество **переносчиков Ca^{2+}** на поверхности клетки.

Связывают кальций (и цинк) в кишечнике и препятствуют абсорбции:

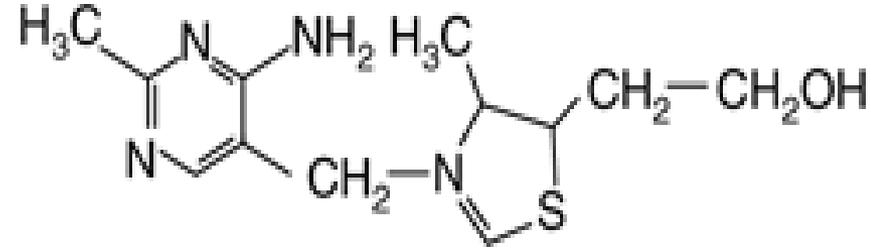
- **Фитиновая кислота** (инозитол гексафосфат);
- **Жирные кислоты**
- **Оксалат**



ВИТАМИНЫ

- авитаминозы;
 - отсутствие в пище, проблемы переваривания;
 - отсутствие переносчиков и транспортных белков;
 - мутации в активном центре ферментов.
 - гиповитаминозы;
 - гипervитаминозы.
- 

Витамин В₁ – тиамин.

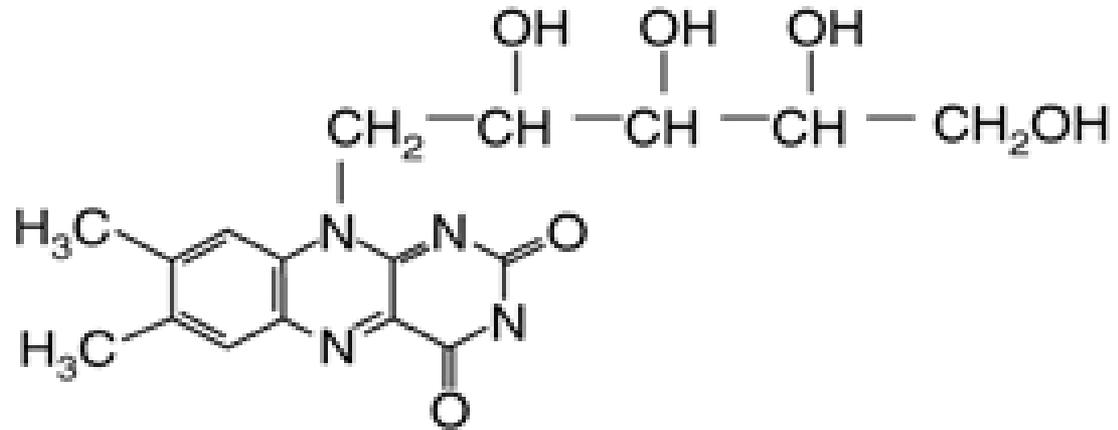


Кофермент – тиамин дифосфат –

- пируват дегидрогеназы;
- α-кетоглутарат дегидрогеназы;
- дегидрогеназы АК с разветвлённой цепью;
- **транскетолазы.**

ТТФ – фосфорилирует и активирует
хлоридные каналы мембран нейронов.

Витамин В₂ – рибофлавин.

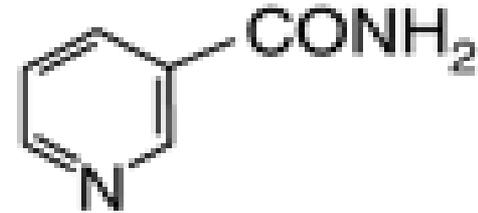
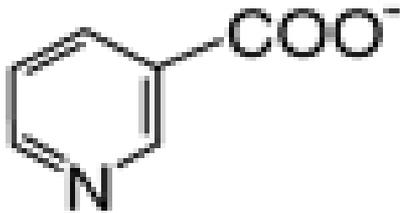


Кофермент – ФАД, ФМН.

Недостаток – хейлоз, десквамация и воспаление языка, себорейный дерматит.

Пищевая обеспеченность Вит. В₂ измеряется по активации **глутатион редуктазы** эритроцитов путём добавления ФАД *in vitro*.

Витамин В₃, РР - ниацин.



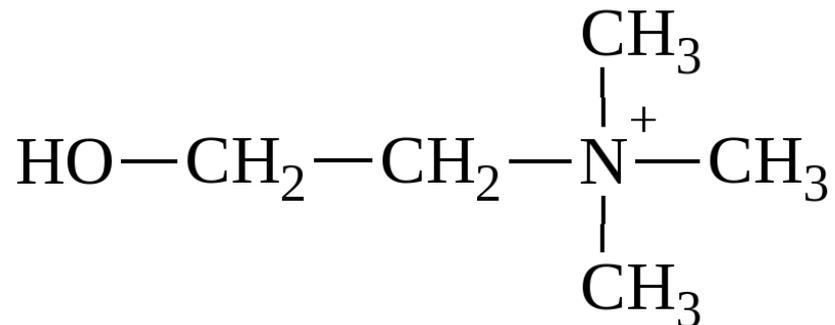
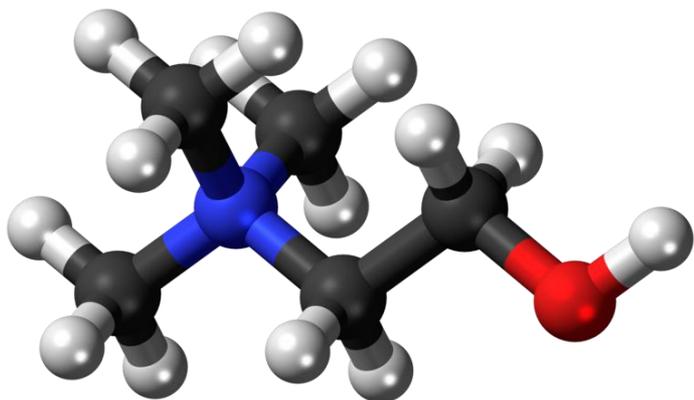
60 мг триптофана эквивалентны 1 мг ниацина.

- кофермент – НАД, НАДФ;
- источник АДФ-рибозы для **поли-АДФ-рибозилирования**;
- **циклическая АДФ-рибоза** и **никотиновая кислота аденин динуклеотид** – вторичные месенджеры нейромедиаторов и гормонов.

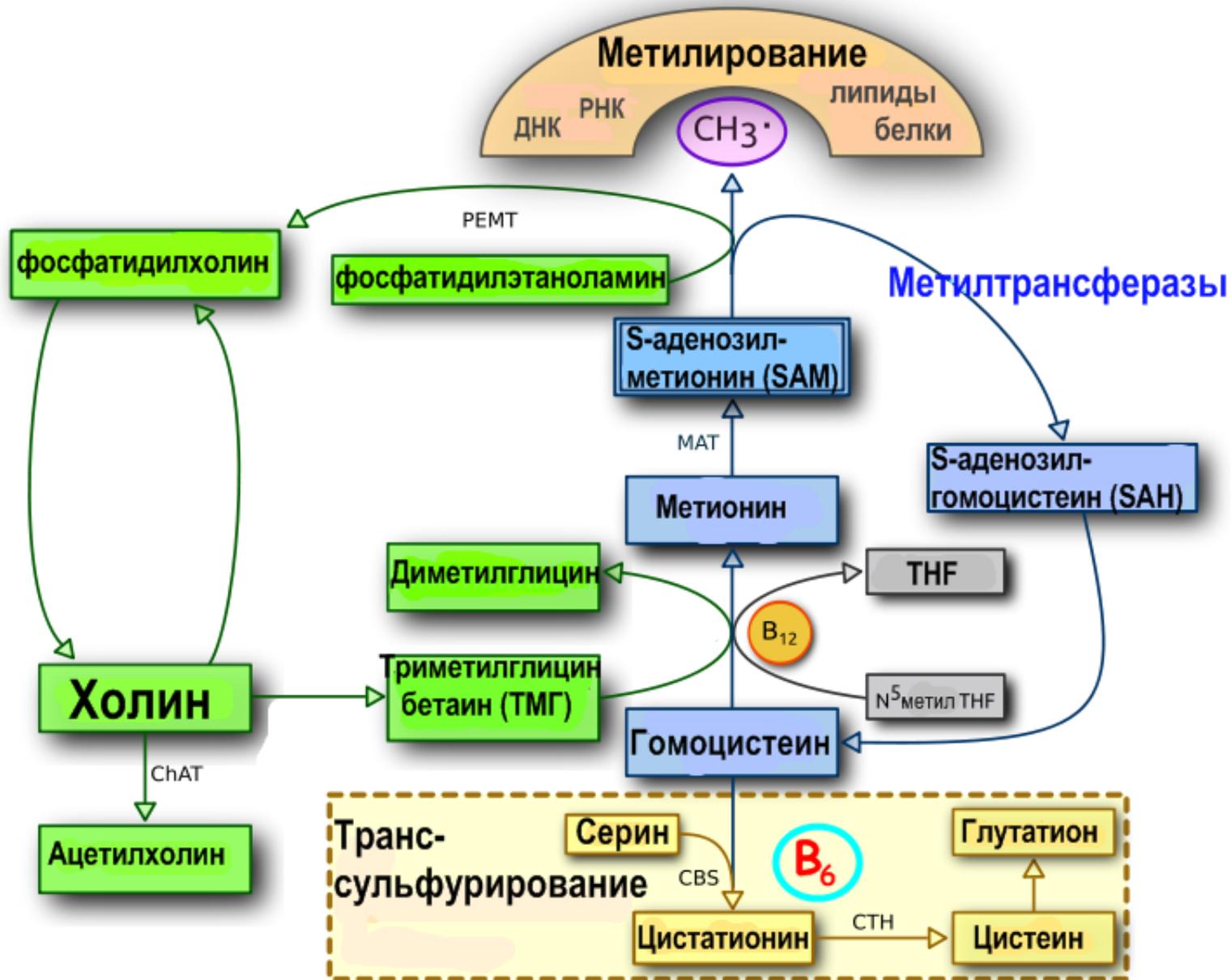
Недостаток – **пелагра** - **дерматит, деменция, диарея**.

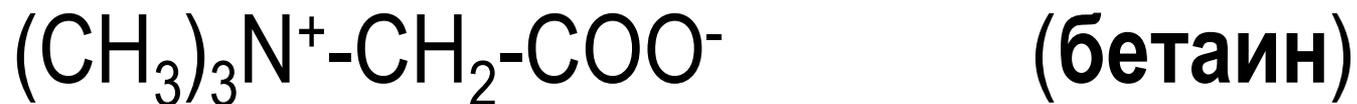
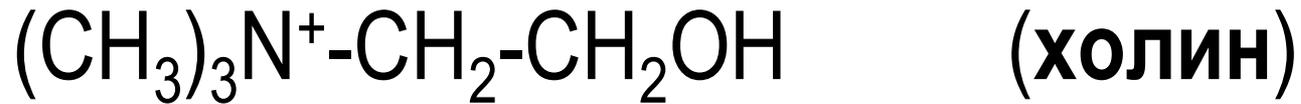
Болезнь Hartnup – генетический дефект мембранного переносчика триптофана.

Витамин В₄ - холин.

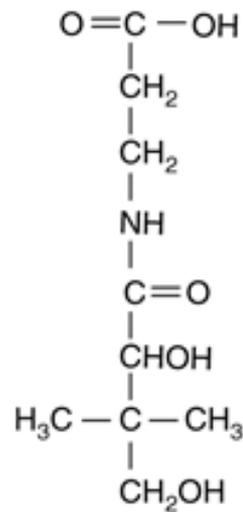


Восстановлен в составе витамин в 1998 году.

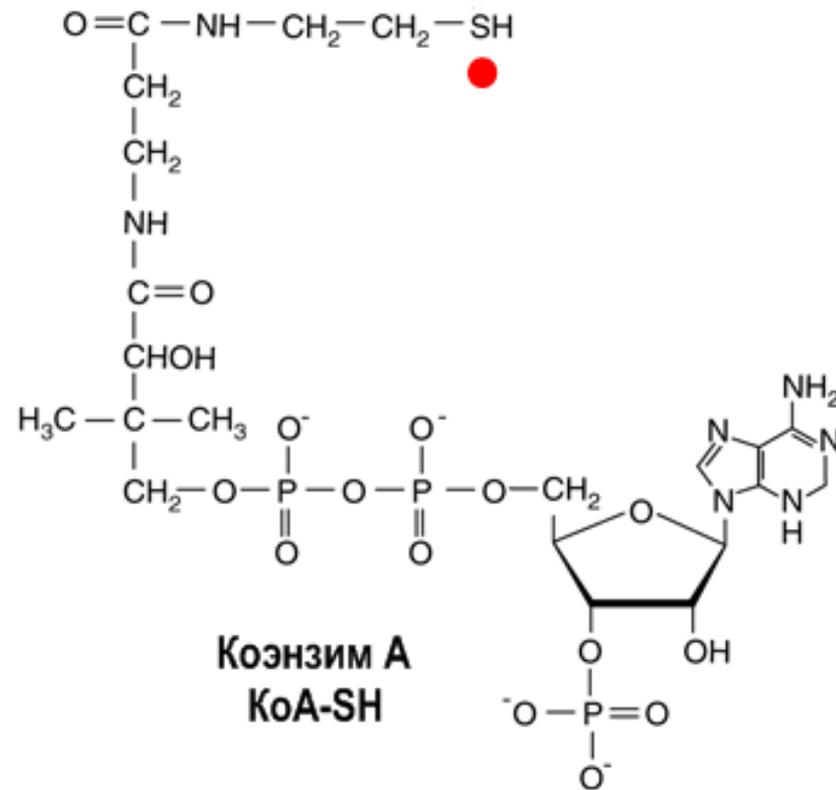




Витамин В₅ - пантотеновая кислота.



Пантотеновая
кислота



Принимает участие:

- ЦТК;
- окисление ЖК;
- синтез ЖК;
- синтез холестерина;
- реакции ацетилирования.

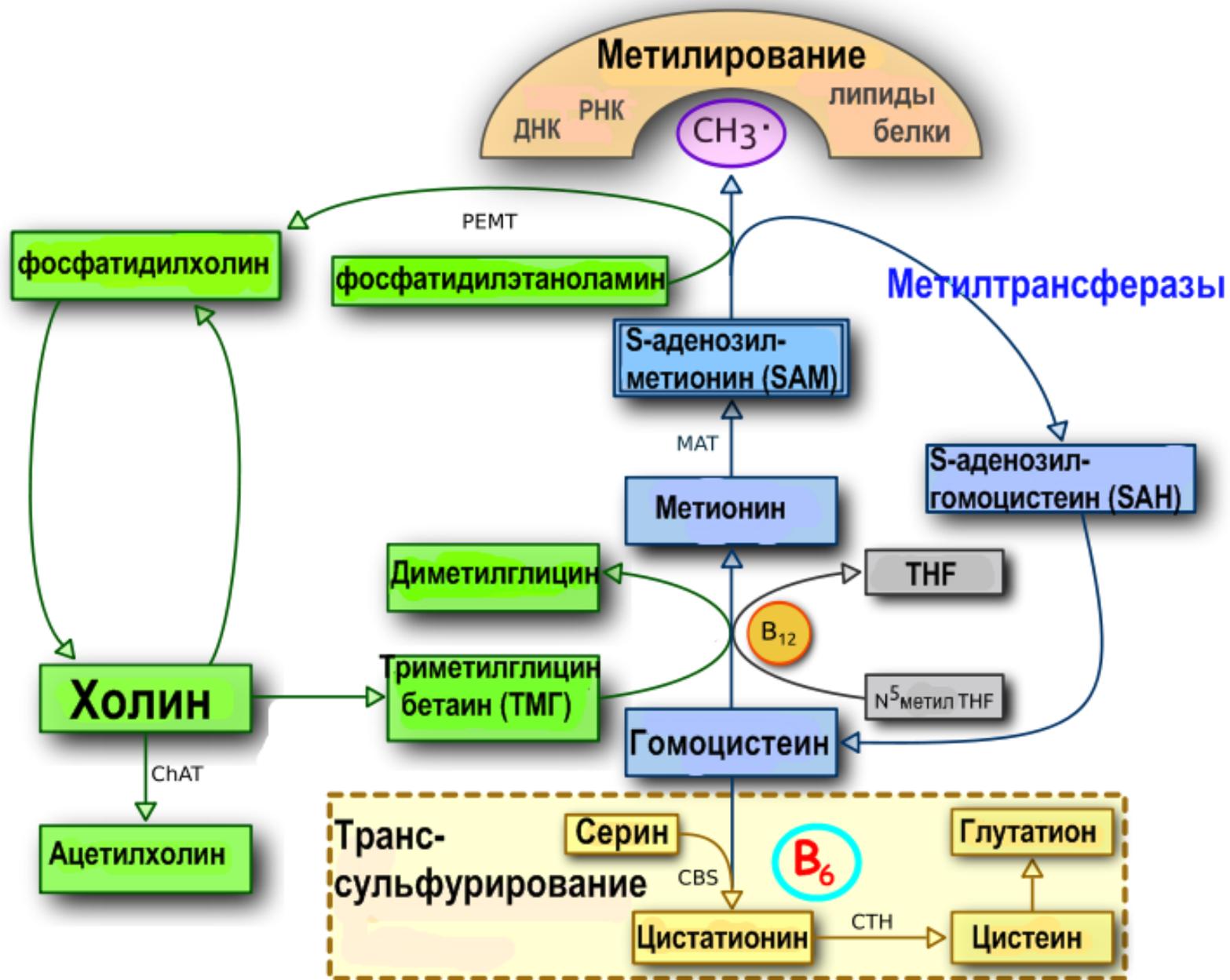
Витамин В₆ - пиридоксин.

Активная форма – **пиридоксальфосфат**.

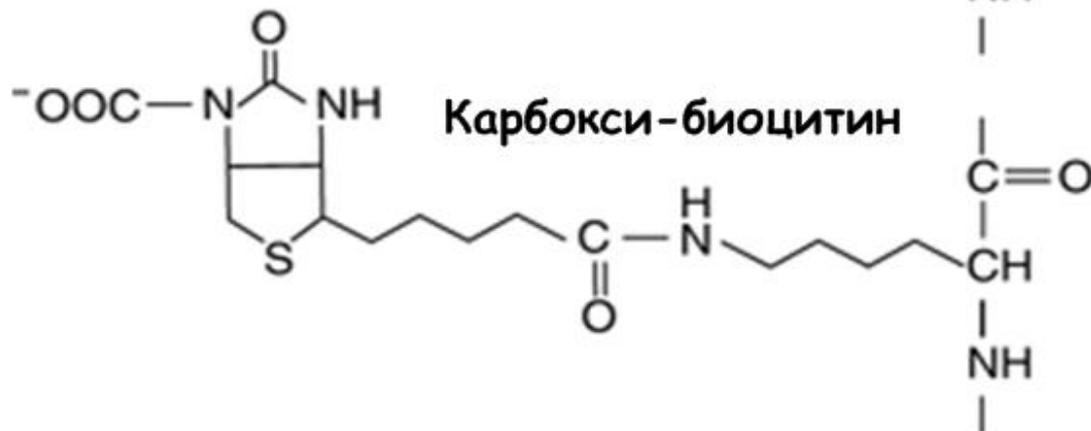
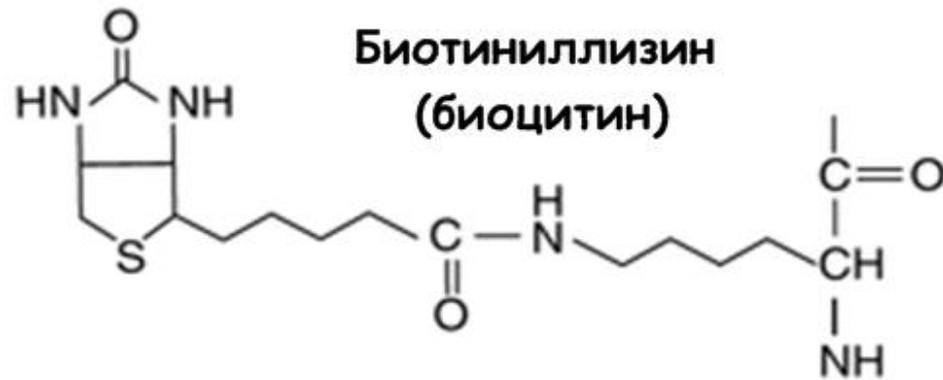
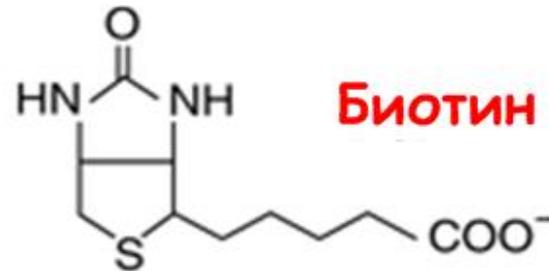
80% PLP в мышцах (гликоген фосфорилаза).

- *трансаминазы, декарбоксилазы АК;*
- CBS - *цистатионин-β-синтаза;*
- *гликоген фосфорилаза;*
- удаляет гормон-рецепторные комплексы из ДНК, останавливает действие гормонов (**неферментативное**).

Пищевая обеспеченность вит. В₆ измеряется по активации **трансаминазы** эритроцитов путём добавления PLP *in vitro*.



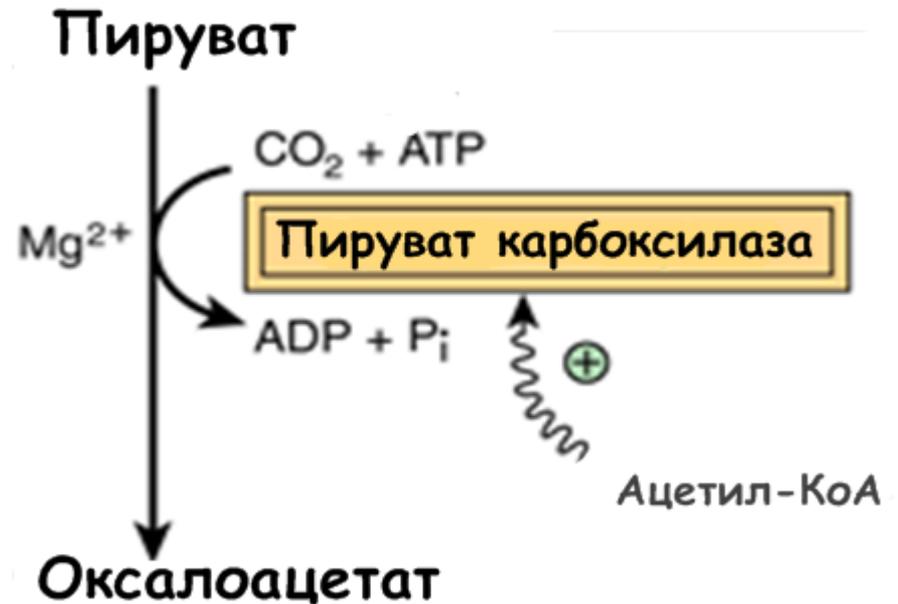
Витамин В₇ - биотин (вит.Н, Ко-Р).



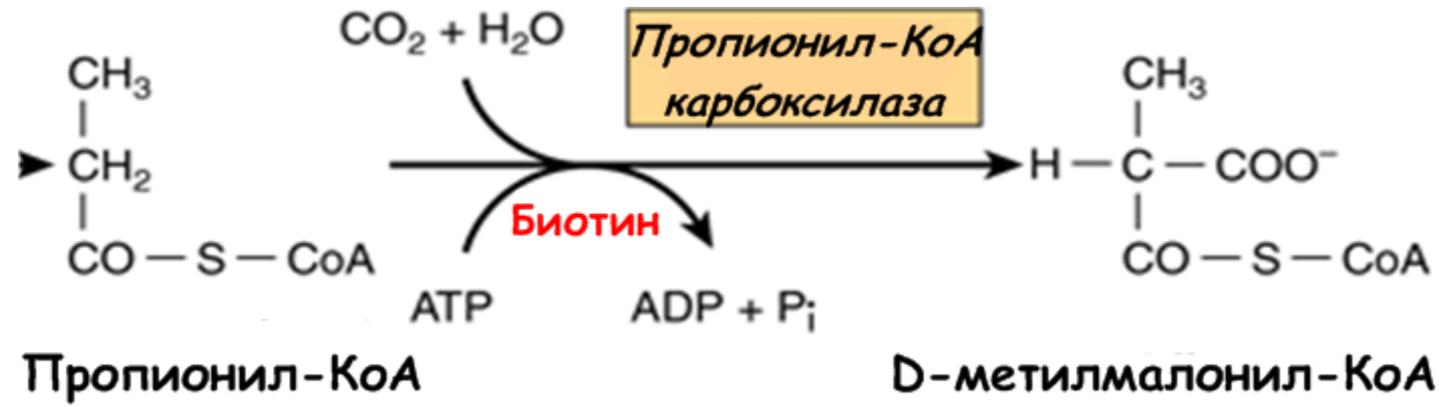
- ацетил-КоА карбоксилаза;



- пируват карбоксилаза;



- пропионил-КоА карбоксилаза;



- метилкротонил-КоА карбоксилаза (метаболизм Leu)

Участвует в биотинилировании ядерных белков.

Регулирует клеточный цикл.

(неферментативно)

Важнейшие ферменты обмена биотина

Синтетаза холокарбоксилазы, биотинидаза и переносчики биотина:

- **SMVT** (Na^+ -зависимый мультивитаминный переносчик - B_5 , B_7 , липоат);
- **MCT1** (monocarboxylate transporter 1).

Биохимические и клинические проявления бионедостатка:

- кетолактатный ацидоз;
- ацидурия;
- гипераммонемия;
- гипотония;
- проблемы питания;
- нарушения развития;
- нарушение иммунной системы, рост частоты грибковых и бактериальных заболеваний;
- алопеция;
- кожная сыпь;
- эпилепсические припадки;
- кома.

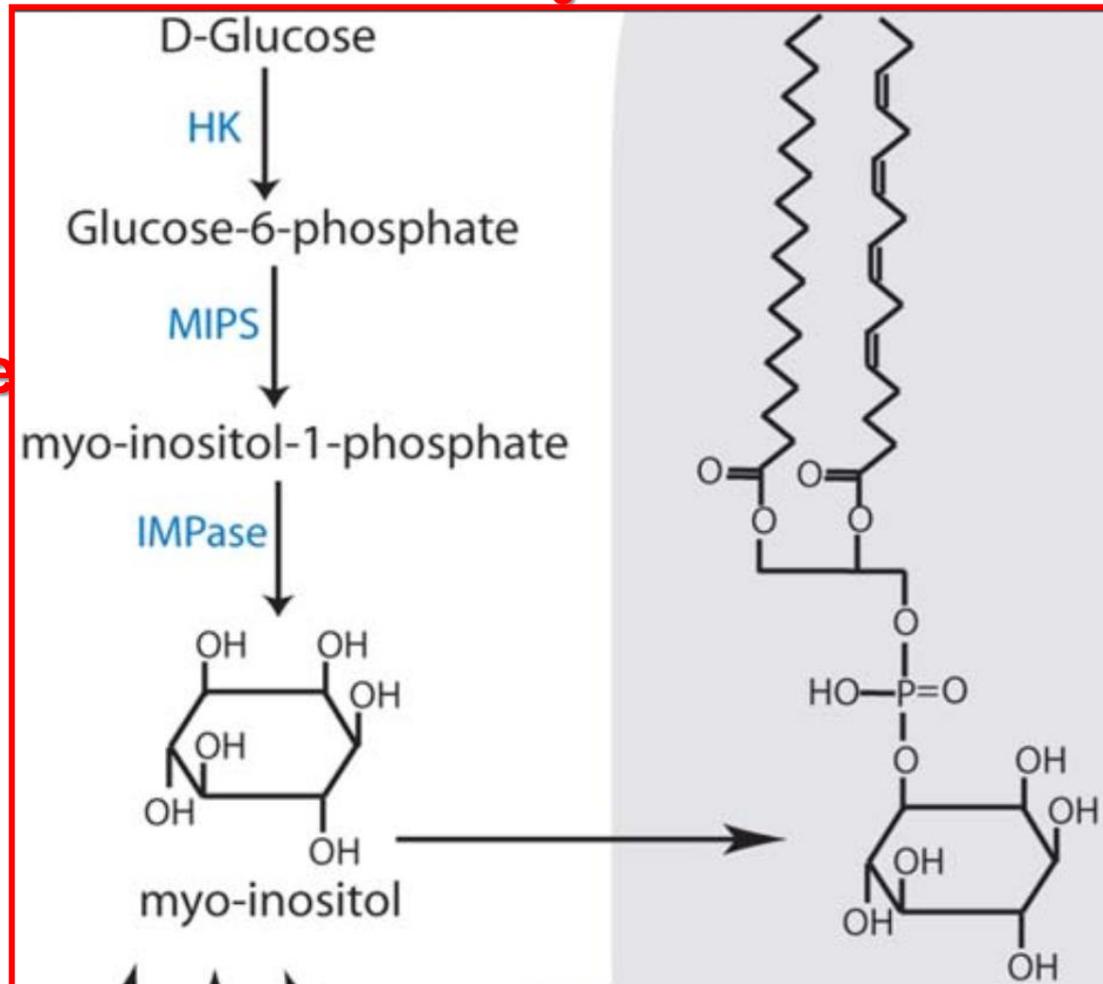
Мио-инозитол

- шестиатомный спирт, 1902 — **мио-инозитол** вошёл в классификацию витаминов как **витамин В₈** или «витами́н юности».

Синтезируется из **гл-6-ф** **myo-inositol-1-phosphate synthase (MIPS)** и **inositol monophosphatase (IMPase)**.

Недостаток приводит к нарушениям внутриутробного развития

- **дефектам нервной трубки (NTD)**
- **спина бифида,**
- **аненцефалии**



Мио-инозитол или его фосфат-производные содержатся во фруктах (дыня, апельсин), в бобовых, зернах, орехах.

В растениях, мио-инозитол встречается в форме **фитиновой кислоты** (гексафосфата мио-инозитола) и её солей, **фитатов**.

Фитиновая кислота плохо усваивается организмом человека.

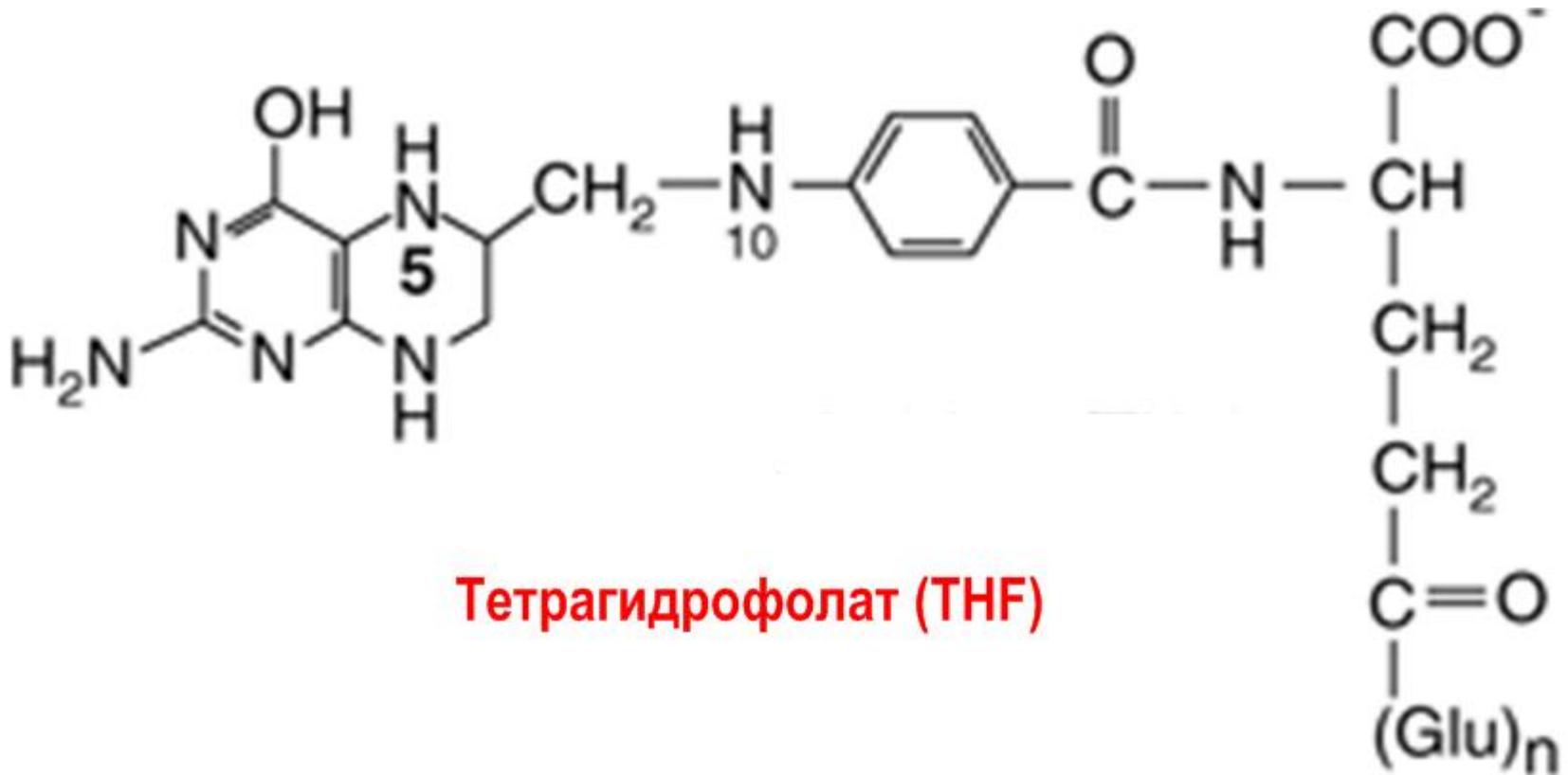
Фитаты хелатируют Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} - снижая их биоусвояемость и т.о. вызывают **дефицитов минералов**.

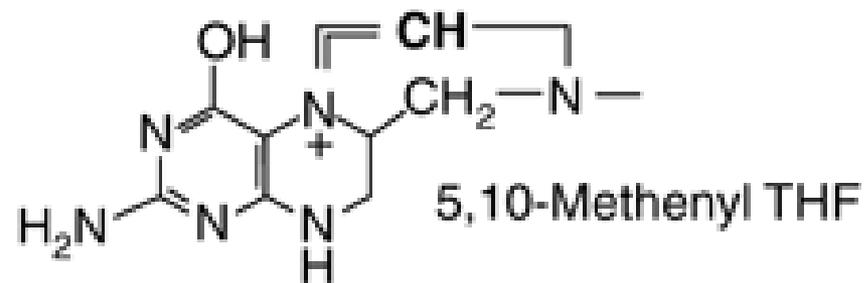
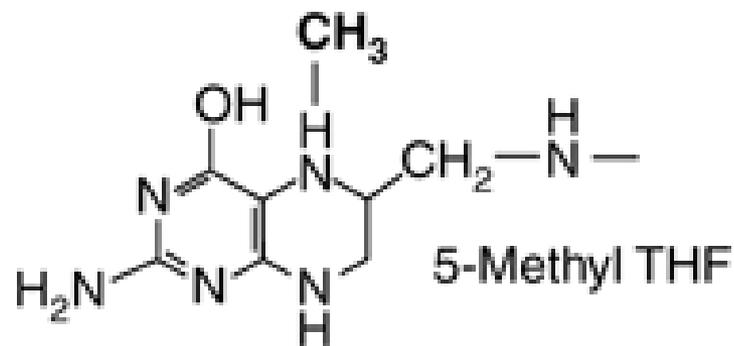
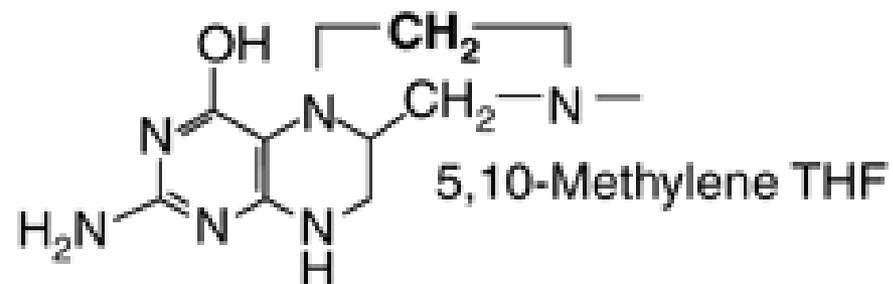
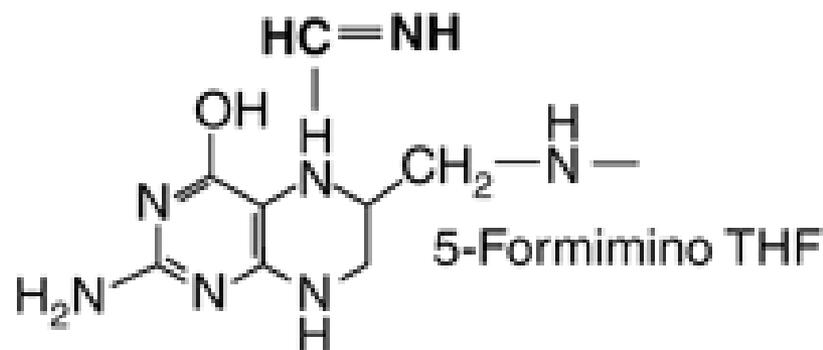
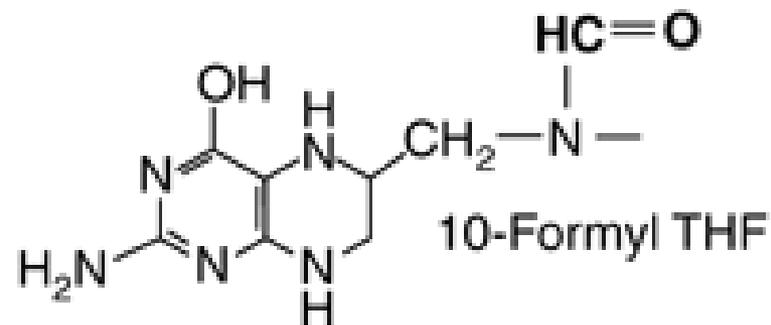
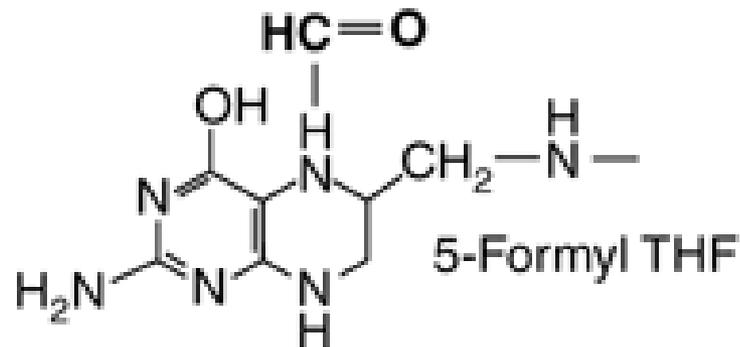
В таблицах, описывающих содержание **мио-инозитола** в различных продуктах, не всегда делается различие между **мио-инозитолом** и **фитиновой кислотой**.

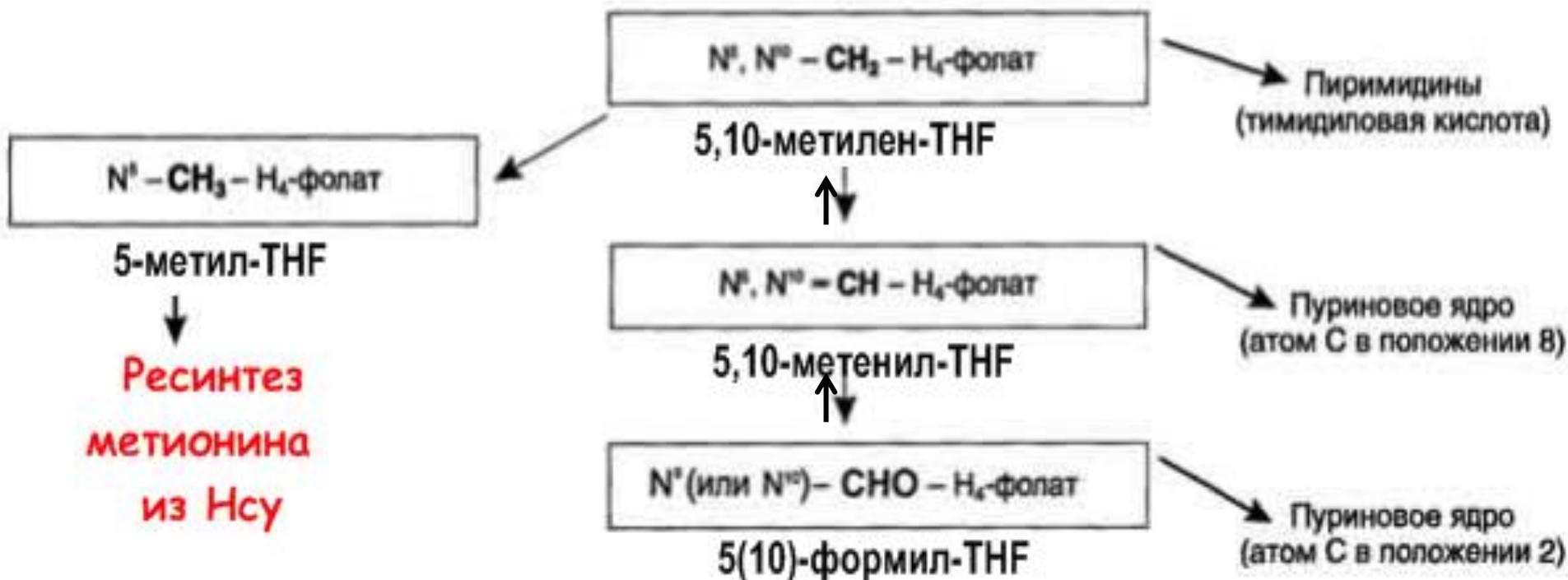
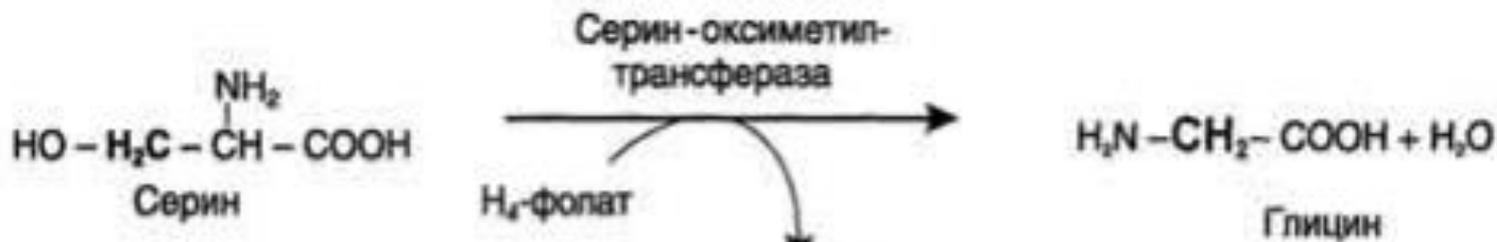
Наиболее высокое содержание всех форм **мио-инозитола**:

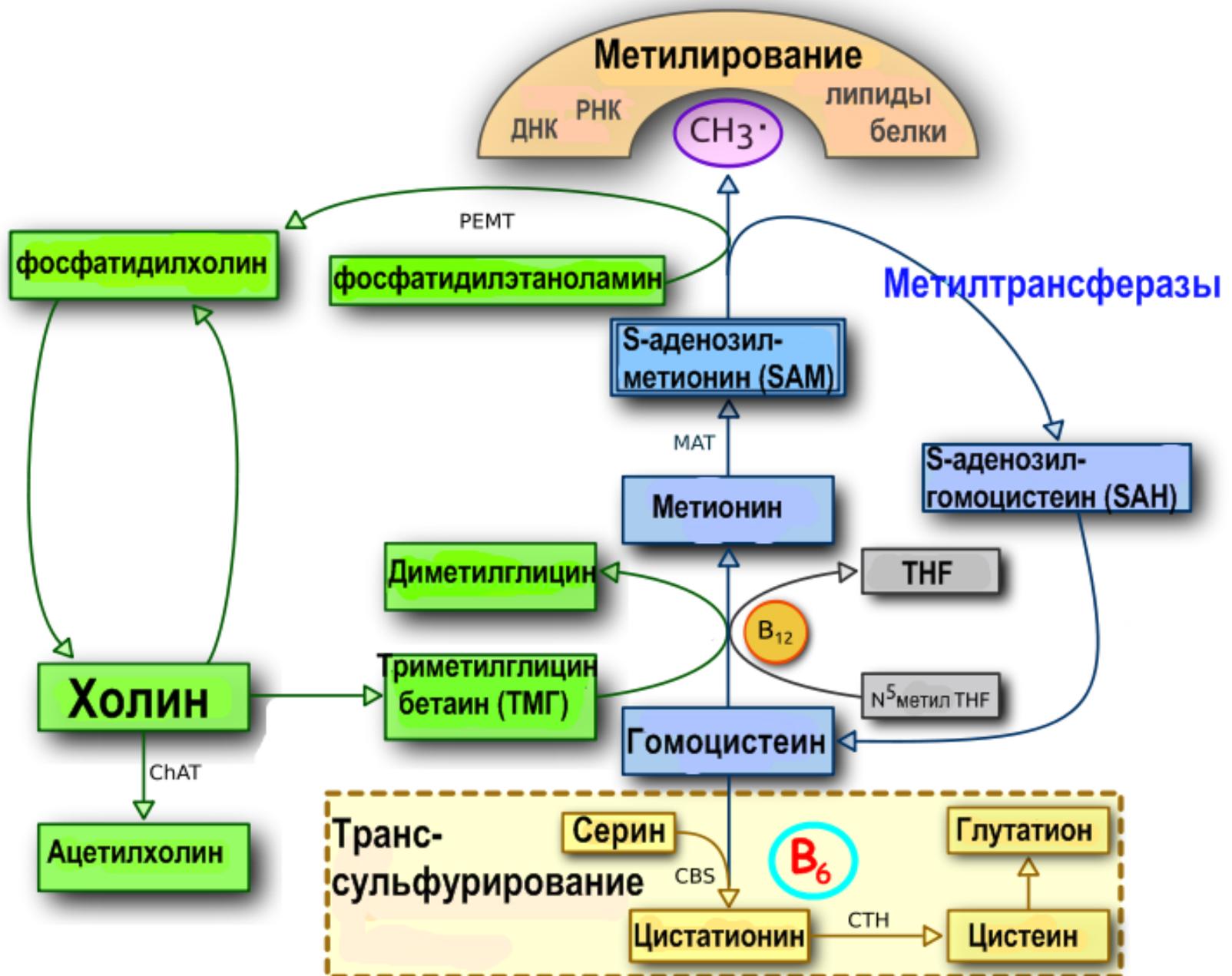
- в проростках пшеницы (**700 мг/100г**),
- рисовых отрубях (**460 мг/100 г**),
- свежем зелёном горохе (**240 мг/100г**)
- апельсинах (**210мг/100г**).

Витамин В₉ - фолиевая кислота. (витамин В_с, М, S, В₁₁).









Фолат переносящие белки.

γ-глутамил гидролаза;

- мембраносвязанная;
- растворимая (внутриклеточная) Zn^{2+} -зависимая.

• *конъюгаза щитовидной каёмки;*

• *фолат деконъюгаза поджелудочной железы.*

• **фолат связывающий белок** (кровь, молоко);

- связанный с мембраной – **рецептор фолата** (FBP-M, **RF**);
- растворимый (FBP-S).

• **переносчик восстановленных фолатов** (**RFT-1**).

• переносчик фолатов **RFC-1** ($K_m < 5$ мкМ);

• Na^+ -зависимый переносчик восстановленных фолатов (**SLC19A1**).

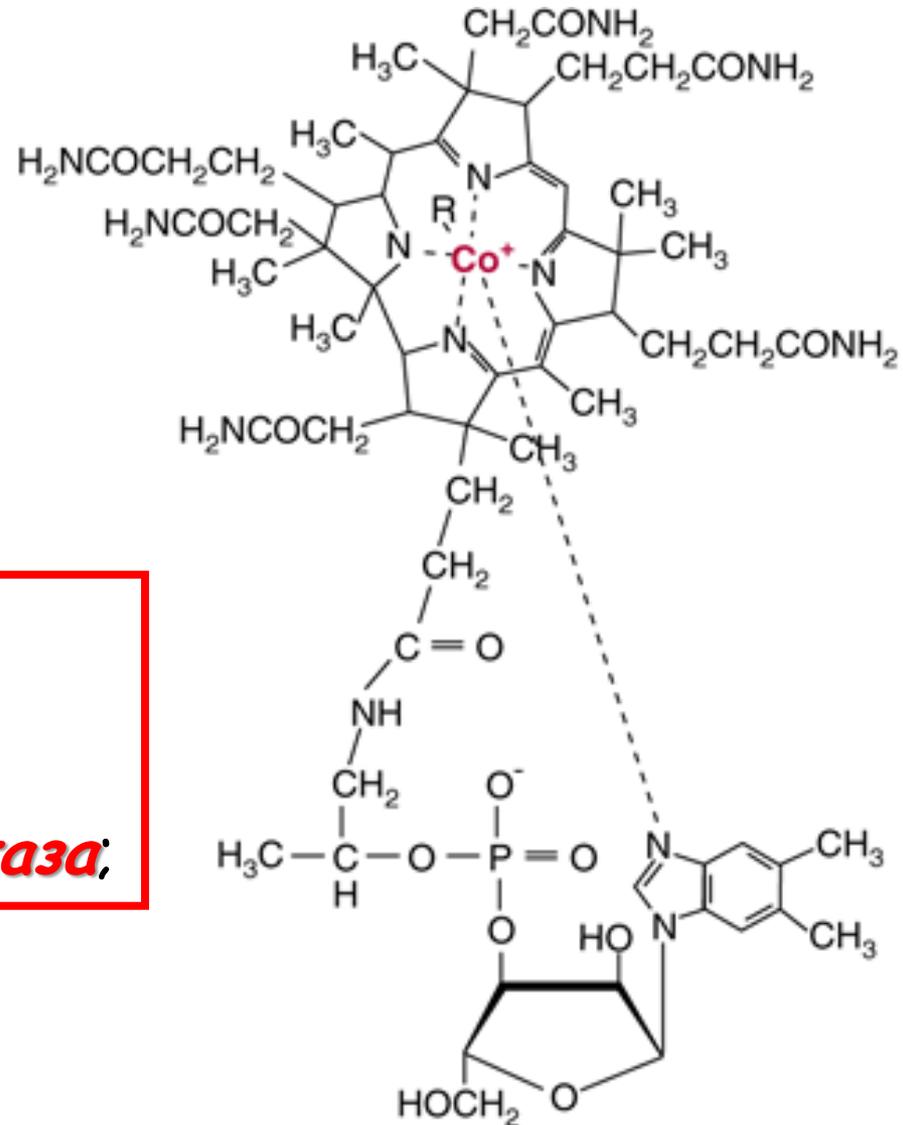
Витамин В₁₂ - кобаламин.

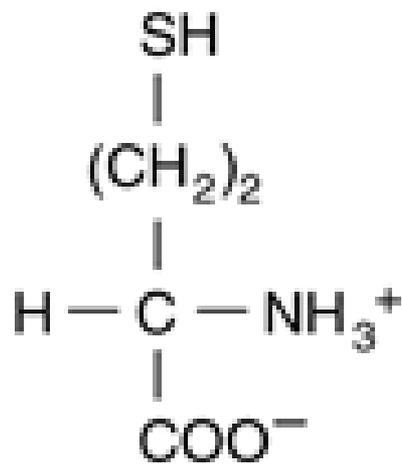
Белки переносчики:

- белок слюны - R-протеин (транскобаламин I, гаптокоррин, кобалофилин)
- внутренний фактор Кастла;
- транскобаламин II.

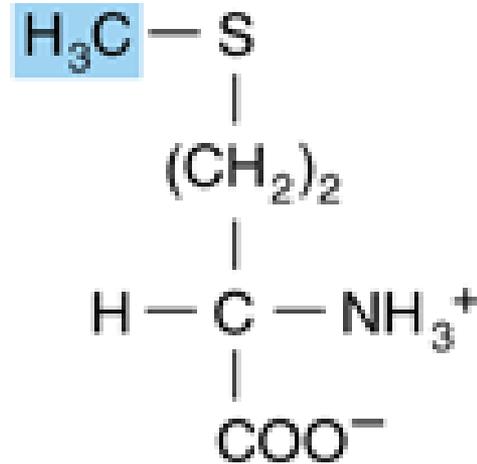
Ферменты:

- **метионин синтаза;**
- **метилмоланил-КоА мутаза;**





Гомоцистеин



Метионин

Метионин
синтаза

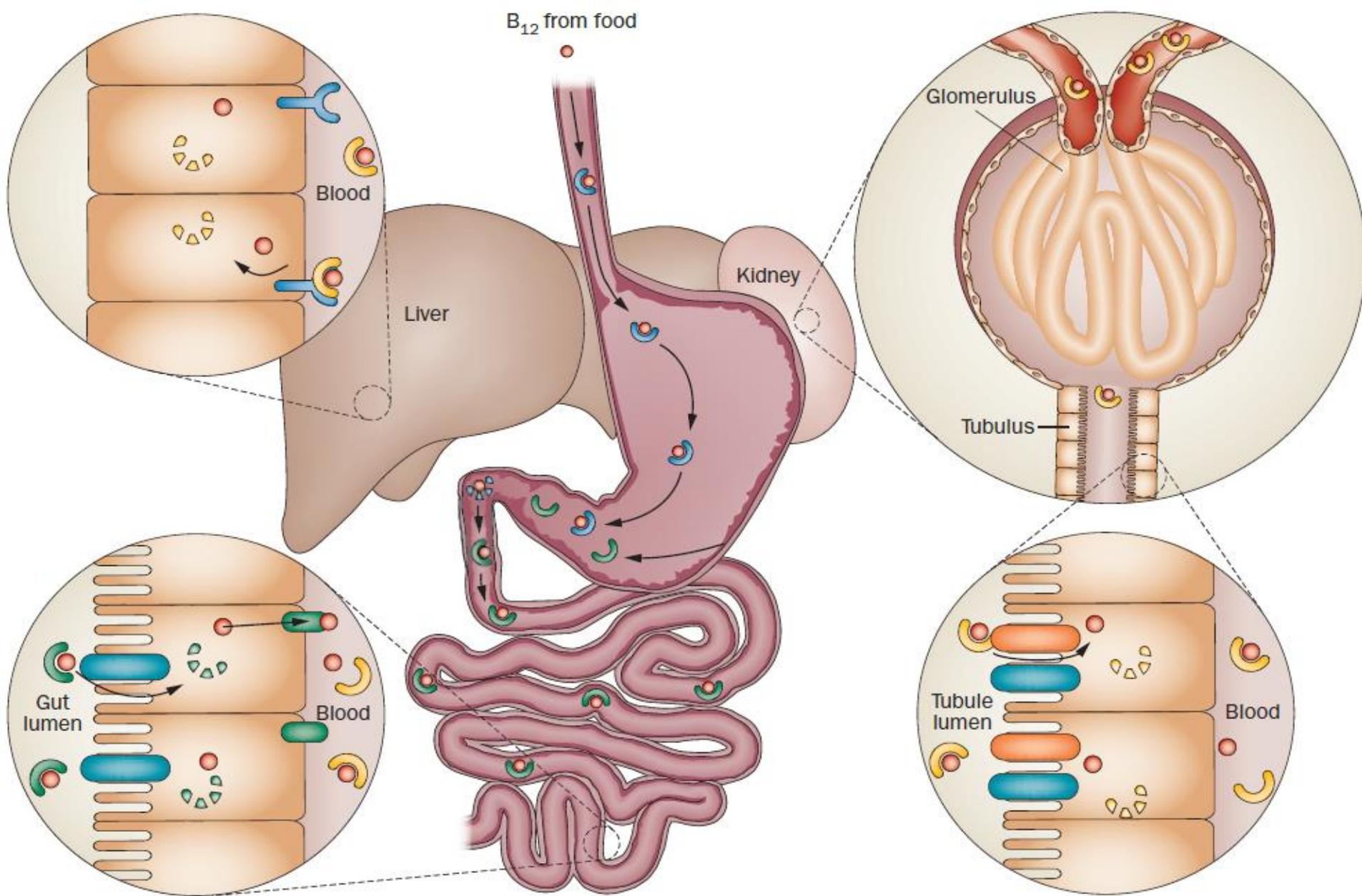
Метилкобаламин

Метил — H_4 фолат

B_{12}

H_4 фолат





- B₁₂
- U Intrinsic factor
- O Cubam
- O Megalin
- Y Haptocorrin
- U Transcobalamin
- O MRP1
- Y CD320

[Nielsen MJ. 2012]

B_{12} exited from the lysosome is bound by the cytosolic **cobalamin C protein**, which is involved in **decyanation** of cyanocobalamin and **dealkylation** of alkylcobalamins.

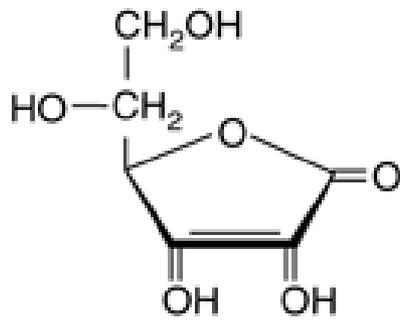
Cytosolic **cobalamin D protein**, trafficking B_{12} to ***apo-methionine synthase*** in the cytosol and ***apo-methylmalonyl-CoA mutase*** in the mitochondrion.

The B_{12} fraction entering the mitochondrion is modified by the **cobalamin B protein** to generate the active cofactor ***5'-deoxyadenosylcobalamin***, which is then used by ***methylmalonyl-CoA mutase (MUT)***. In this process, the **cobalamin A protein** might have an important role in ensuring that the cofactor remains in its active, adenosylated state.

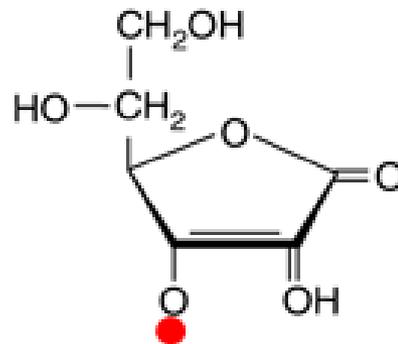
The B_{12} remaining in the cytosol is guided to the second of the two B_{12} -dependent enzymes, ***methionine synthase*** (**cobalamin G protein**).

Here, the **cobalamin E protein** is thought to catalyse generation of ***methylcobalamin***, the active cofactor form used by ***methionine synthase***.

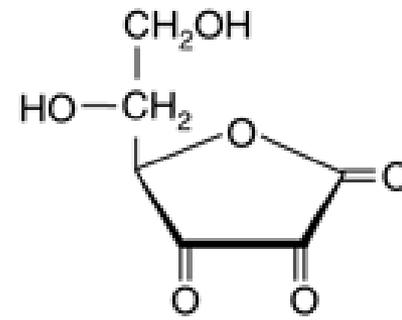
Витамин С - аскорбиновая кислота.



Аскорбат



Монодегидроаскорбат



Дегидроаскорбат

У человека отсутствует
гулонолактон оксидаза.

Витамин С – коэнзим двух групп гидроксилаз:

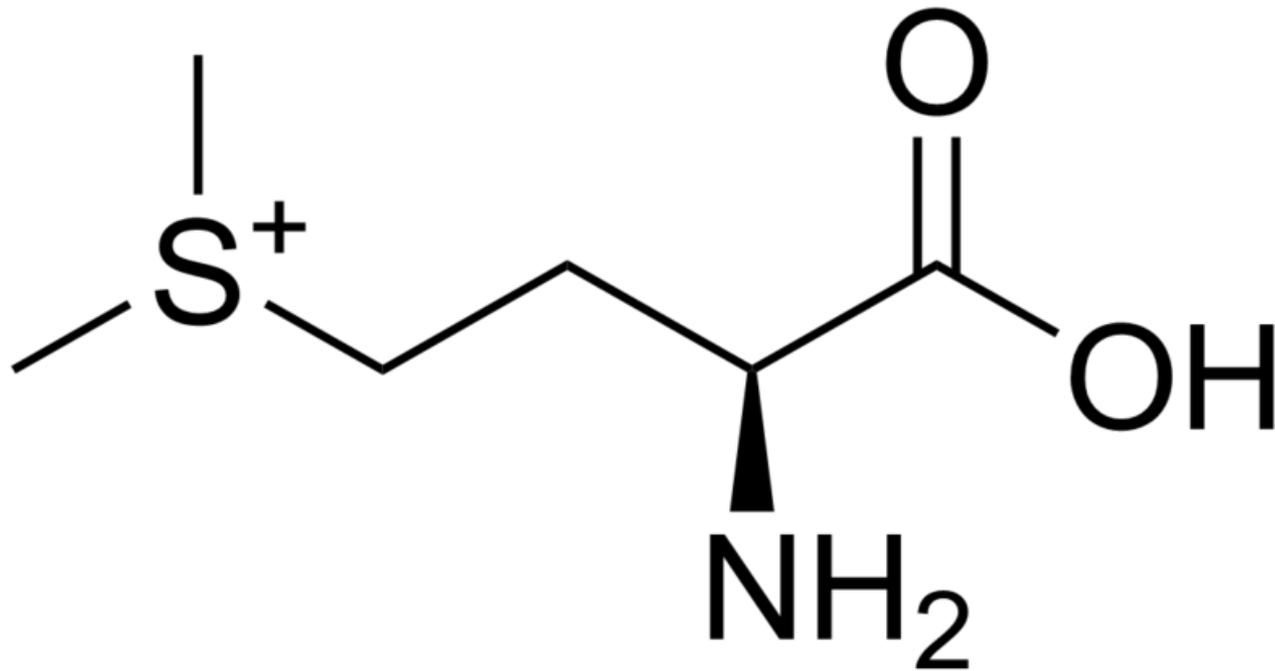
1. медь содержащих;

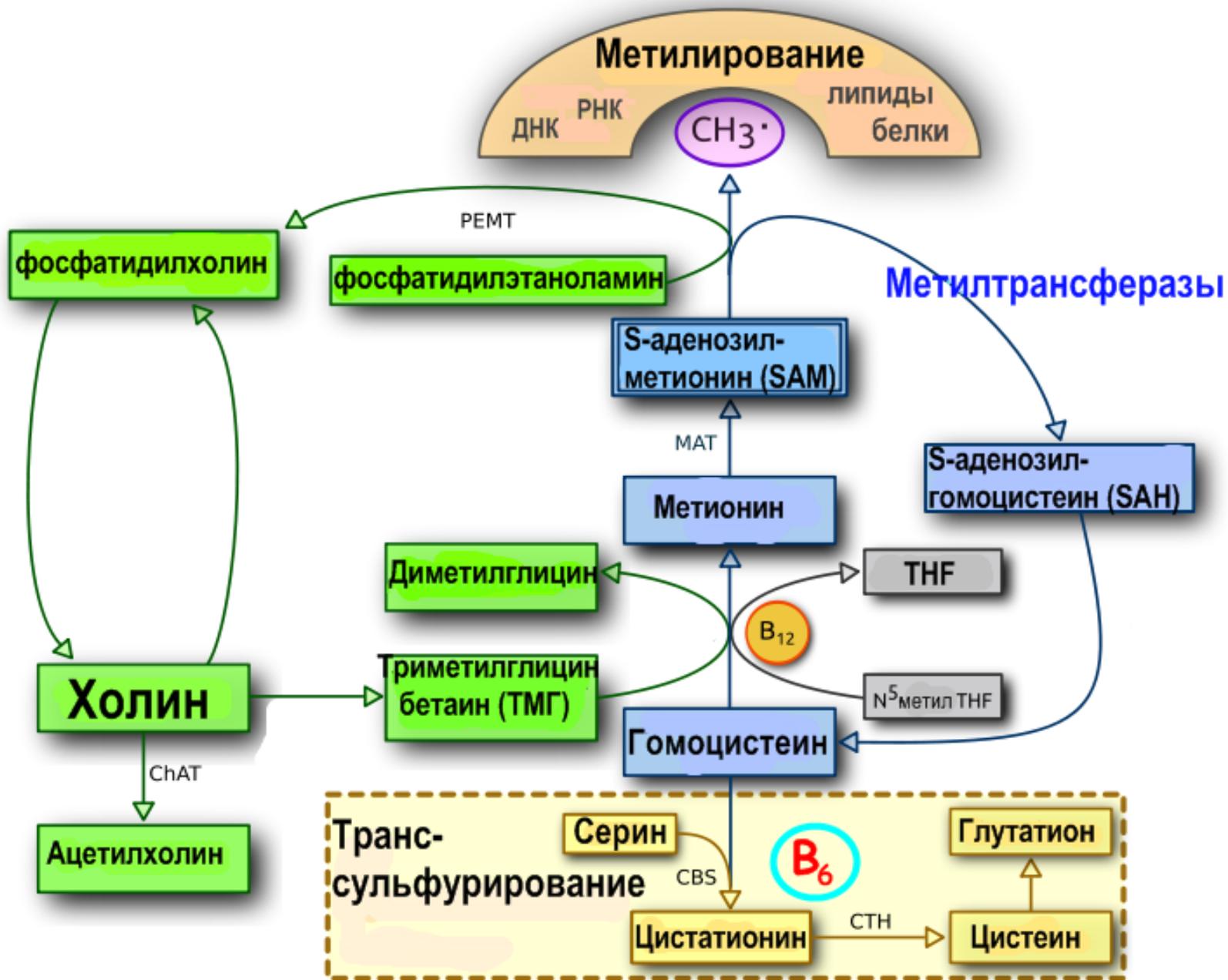
- *Допамин β -гидроксилаза* (катехоламины);
- *Пептидилглицин гидроксилаза* (С-концевой амид пептидных гормонов).

2. α -кетоглутарат зависимых Fe-содержащих.

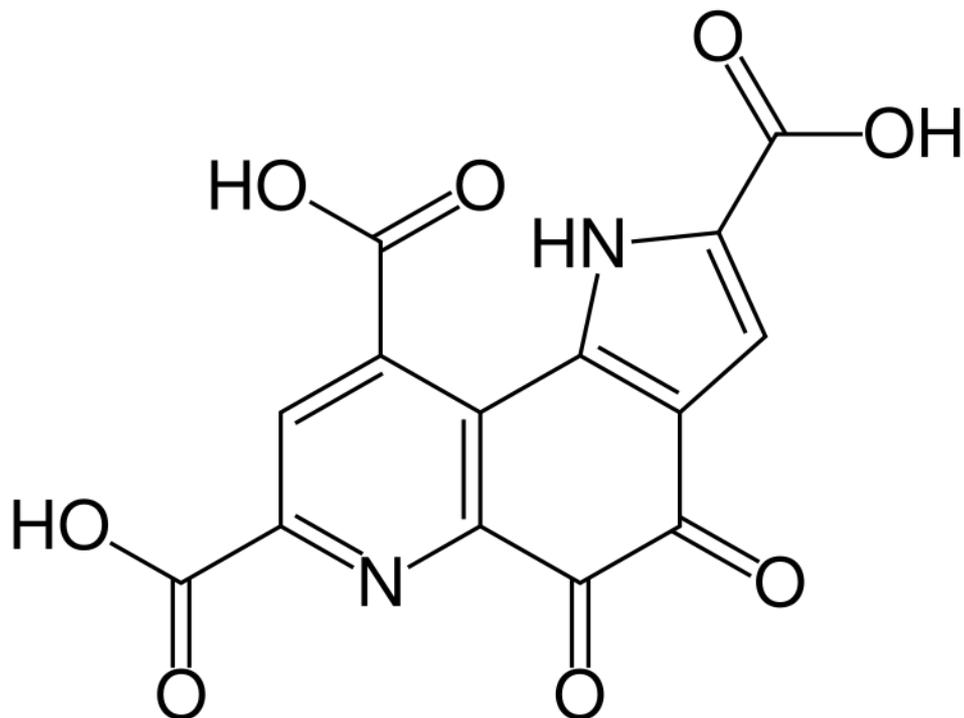
- *пролин (лизин) гидроксилаза* (коллаген, остеокальцин, С1q);
- *аспартат β -гидроксилаза* (протеин С);
- *триметиллизин и γ -бутиробетаин гидроксилазы* (синтез карнитина).

Витамин U -
S-метилметионин.





Витамин PQQ (пирролохинолин хинон)



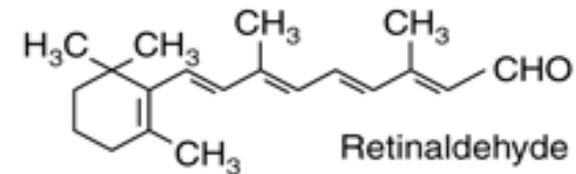
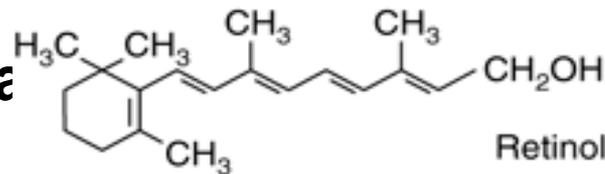
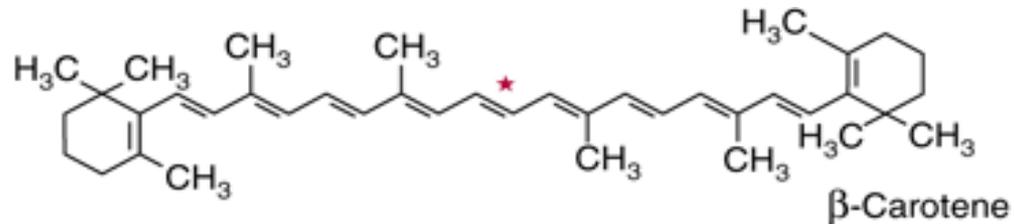
Открыт в 2012 году. [Saihara K. 2017].

Витамин А.

Компоненты, имеющие активность витамина А:

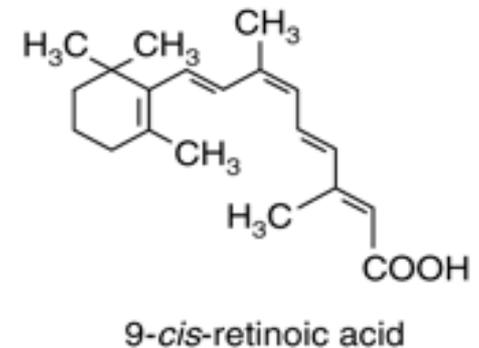
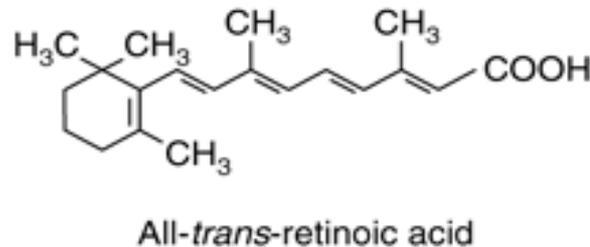
1. Ретиноиды:

- ретинол;
- ретинальдегид;
- ретиноевая кислота



2. Каротиноиды.

- α , β , γ -каротины;
- Ликопен, лютеин.



Каротин диоксигеназа

β -каротин \longrightarrow ретинальдегид \longrightarrow ретинол

Функции витамина А:

- участие в зрительном акте.



- активация экспрессии генов (клеточный рост, развитие и дифференцировка).

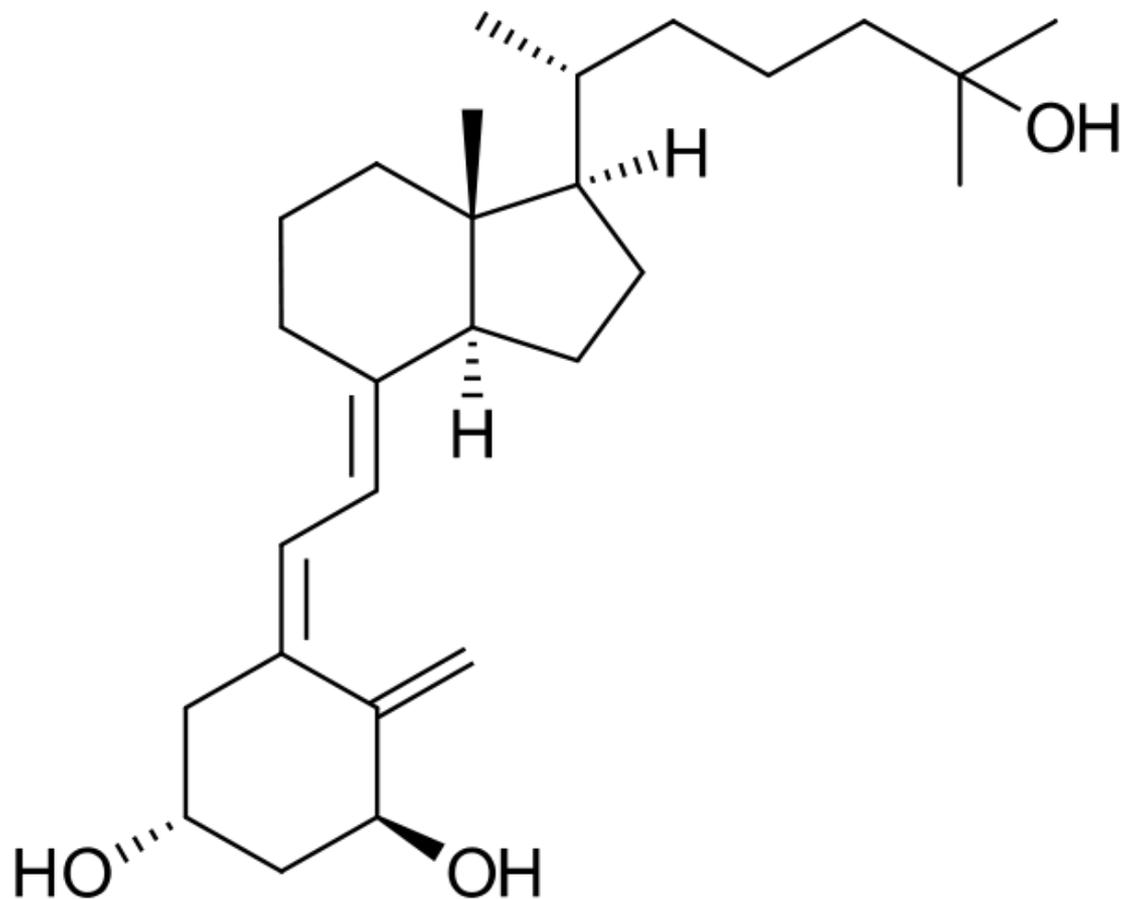
- **RAR** – рецептор ретиноевой кислоты;

- **RXR** – X рецептор ретиноидов*.

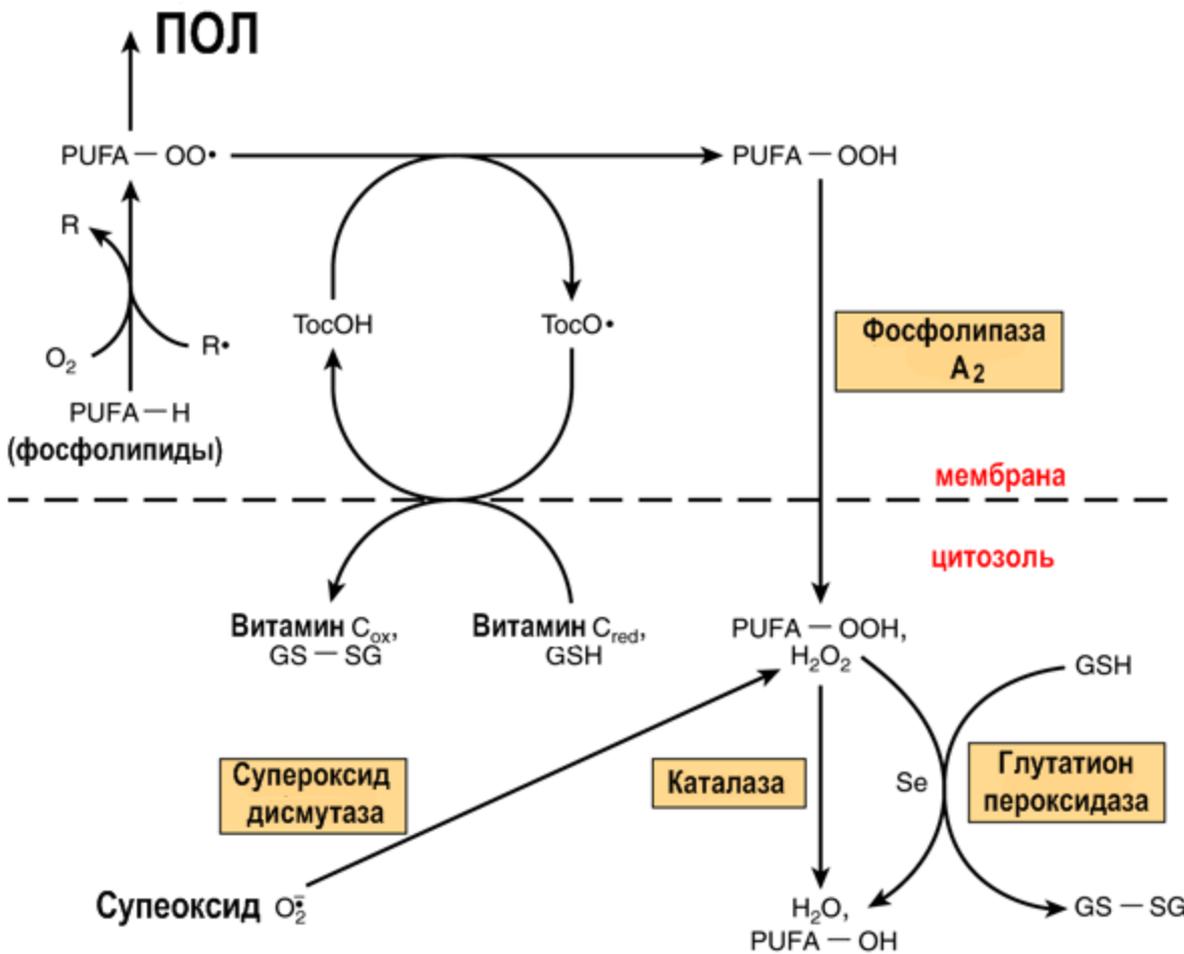
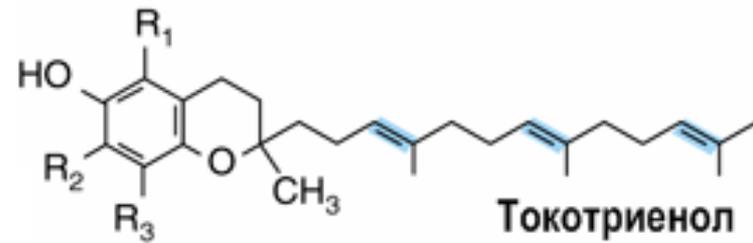
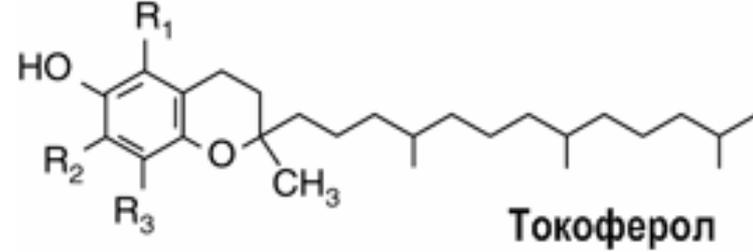
Витамин А играет важную роль в дифференцировке иммунных клеток.

Инфекции снижают синтез **ретинол связывающего белка** (отрицательный белок острой фазы).

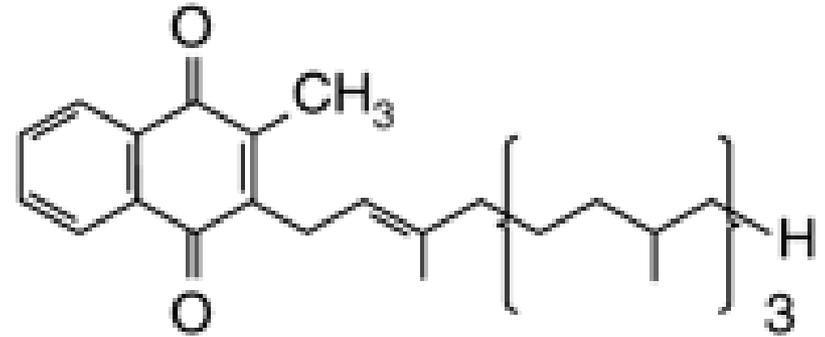
Кальцитриол



Витамин Е. Токоферол.



Витамин К. Филохинон.



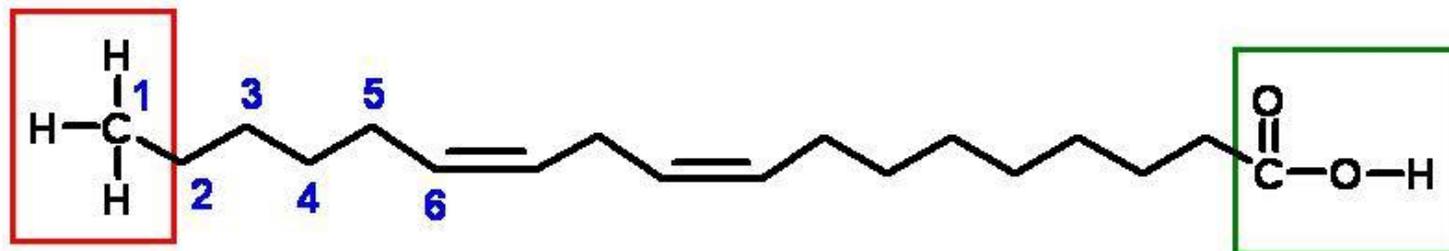
Коэнзим для карбоксилирования глутамата в

γ-карбоксиглутамат.

- Факторы VII, IX, X, протеин C и S);
- Остеокальцин, белок матрикса кости, нефрокальцин.

Суточная потребность в витаминах

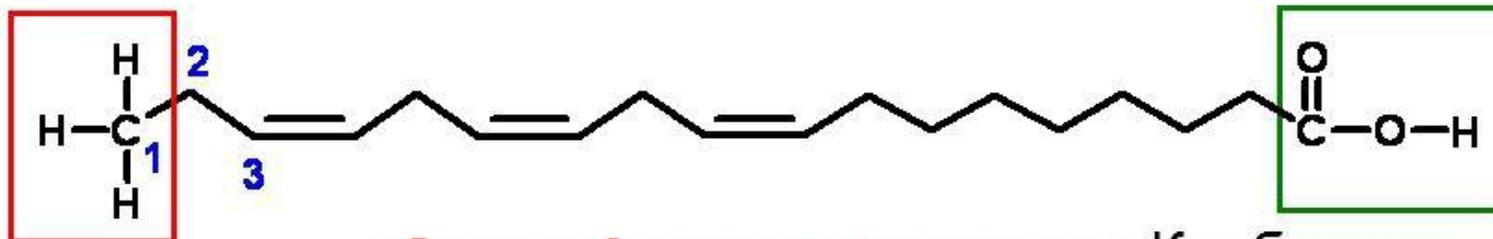
витамин	мин	рекоменд	макс	Ед	продукты
Витамин А	1,5	2,0	3,0	мг	Морковь, тыква
Витамин D	5	20	100	мкг	Морская рыба, дрожжи, сливочное масло, яичный желток
Витамин К	-	120	-	мкг	Капуста, шпинат
Витамин Е	12	15	1000	мг	Растительные масла,
Витамин В ₁	1.0	1.2	-	мг	ржаной хлеб
Витамин В ₂	1.1	1.3	-	мг	ржаной хлеб, молоко, печень, яйца, овощи, дрожжи.
Витамин В ₃	12	16	35	мг	мясо, бобовые, орехи, рыба
Витамин В ₄	-	550	3500	мг	брокколи, говяжья печень, молоко сгущенное, арахис
Витамин В ₅	-	5	-	мг	печень, почки, дрожжи
Витамин В ₆	1.1	1.3	100	мг	ржаной хлеб, горох, картофель, мясо, печень
Биотин (В ₇)	-	30	-	мкг	цельное зерно, миндаль, арахис, говяжья печень, яйца, лосось
Витамин В ₉	320	400	1000	мкг	Зелень (петрушка, салат)
Витамин В ₁₂	2.0	2.4	-	мкг	Моллюски, печень, мясо красное
Витамин С	75	90	2000	мг	Фрукты, овощи
Витамин U		200		мг	в капусте, свекле, петрушке
Витамин PQQ		20		мг	чай, петрушка, сладкий перец, киви



Метильный
конец

Омега-6 жирная кислота

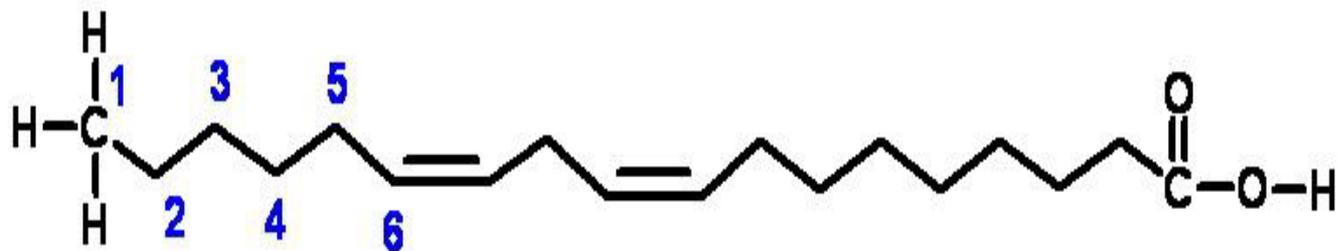
Карбоксильная
группа



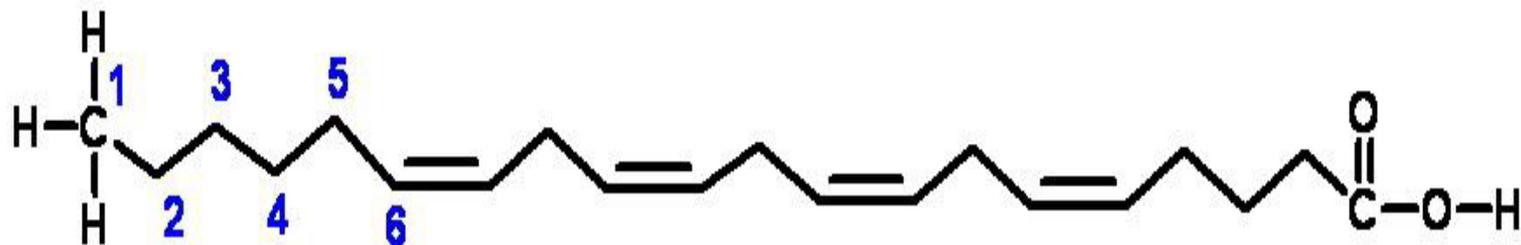
Метильный
конец

Омега-3 жирная кислота

Карбоксильная
группа



Линолевая кислота **C18:2**



Арахидоновая кислота **C20:4**



Доля **эруковой кислоты** среди прочих жирных кислот в составе растительных масел (по массе) составляет:

- рапсовое масло — 56—65 %;
- горчичное масло — 50 %;
- сурепное масло — 47 %.

Виды масел	Насыщенные ЖК %	Моно-ненасыщенные ЖК %	Полиненасыщенные ЖК			<u>Oleic acid</u> (ω-9)
			Total poly	linolenic acid (ω-3)	Linoleic acid (ω-6)	
Рапсовое	7.4	63.3	28.1	9-11	19-21	-
Кокосовое	91.0	6.0	3.0	-	2	6
Кукурузное	13.0	27.6	54.7	1	58	28
Хлопковое	25.9	17.8	51.9	1	54	19
Льняное	6 - 9	10 - 22	68 - 89	44 - 61	15 - 30	13 - 29
Оливковое	14.0	72.0	14.0	<1.5	9-20	-
Пальмовое	49.3	37.0	9.3	-	10	40
Арахисовое	16.9	46.2	32.0	-	32	48
Сафлоровое	8.0	15.0	75.0	-	-	-
Соевое	15.6	22.8	57.7	7	54	24
Подсолнечное	10	84	3,8	~ 1	42-62	24-40

Подсолнечное масло

Ретинол (вит. А)	0 мкг
Пиридоксин (В6)	0 мг
Фолацин (В9)	0 мкг
Аскорбиновая кислота (вит. С)	0 мг
Витамин D	0 мкг
Токоферол (вит. Е)	46-60 мг *
Витамин К	5,4 мкг
Кальций	0 мг
Железо	0 мг
Магний	0 мг
Фосфор	0 мг
Калий	0 мг
Натрий	0 мг
Цинк	0 мг

* - В ОЛИВКОВОМ - ~ **5 мг**



**Суточная
потребность в
микронутриентах.**

	мин	реком	макс	Ед	продукты
Цинк	9.4	14	40	мг	Устрицы, омары, красное мясо (говядина, баранина) и печень
Ca	800	1000	2500	мг	капуста, миндаль, молоко сгущенное, коровье, сыр, рис, апельсиновый сок
Натрий	-	1500	2300	мг	Поваренная соль
Селен	45	55	400	мкг	Пищевые добавки, с/х продукты с богатых Se территорий.
Калий	-	4700	-	мг	Овощи (картофель, томаты, горох), фрукты, сухофрукты.
Фосфор	580	700	4000	мг	Мука, сгущенное молоко
Железо	6	8	45	мг	Мясо красное, печень
Cl	-	2300	3600	мг	соль пищевая
Хром	-	35	-	мкг	
Медь	700	900	10000	мкг	семечки, устрицы, омары
Фтор	NE	4	10	мг	Обогащённая соль, напитки
Йод	95	150	1100	мкг	Йодированная соль
Магний	330	400	350	мг	каши (гречневая), овощи, мясо
Марганец	-	2.3	11	мг	овсяные отруби, цельные зерна пшеницы, мука грубого помола
Молибден	34	45	2000	мкг	бобовые, зерновые продукты, орехи и семечки

The background is a smooth blue gradient. On the left side, there is a bright, vertical streak of light that fades into the blue, resembling a reflection of the sun on water. The overall tone is a deep, calm blue.

Спасибо за внимание