

# БИОХИМИЯ МОЛОКА

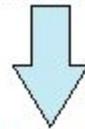
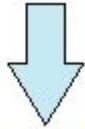
КАФЕДРА  
БИОХИМИИ  
им.проф.Г.Я.Городисской



МАМА,  
ПЕРВЫЕ ПОЛГОДА-  
ТОЛЬКО ТЫ  
И ТВОЕ  
МОЛОКО!

Лекция профессора кафедры  
биохимии им. Г.Я. Городисской  
Обуховой Ларисы Михайловны

# ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕВАРИВАНИЯ ПИЩИ У ДЕТЕЙ СОБСТВЕННОЕ ПИЩЕВАРЕНИЕ



## ВНУТРИКЛЕТОЧНОЕ

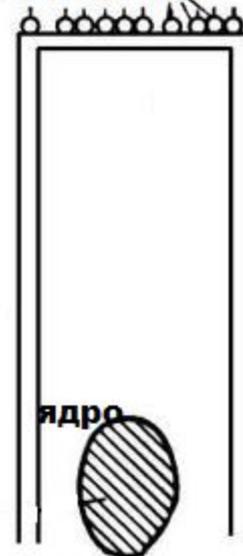
## ПРИСТЕНОЧНОЕ

## ПОЛОСТНОЕ



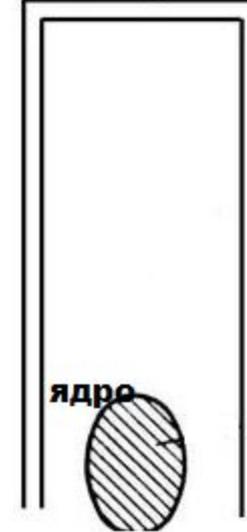
гидролиз частиц, поступивших в клетку путем эндоцитоза, при действии на них лизосомальных ферментов

ферменты



(МЕМБРАННОЕ) осуществляется гидролитическими ферментами, адсорбированными на гликокаликсе кишечных клеток

ферменты



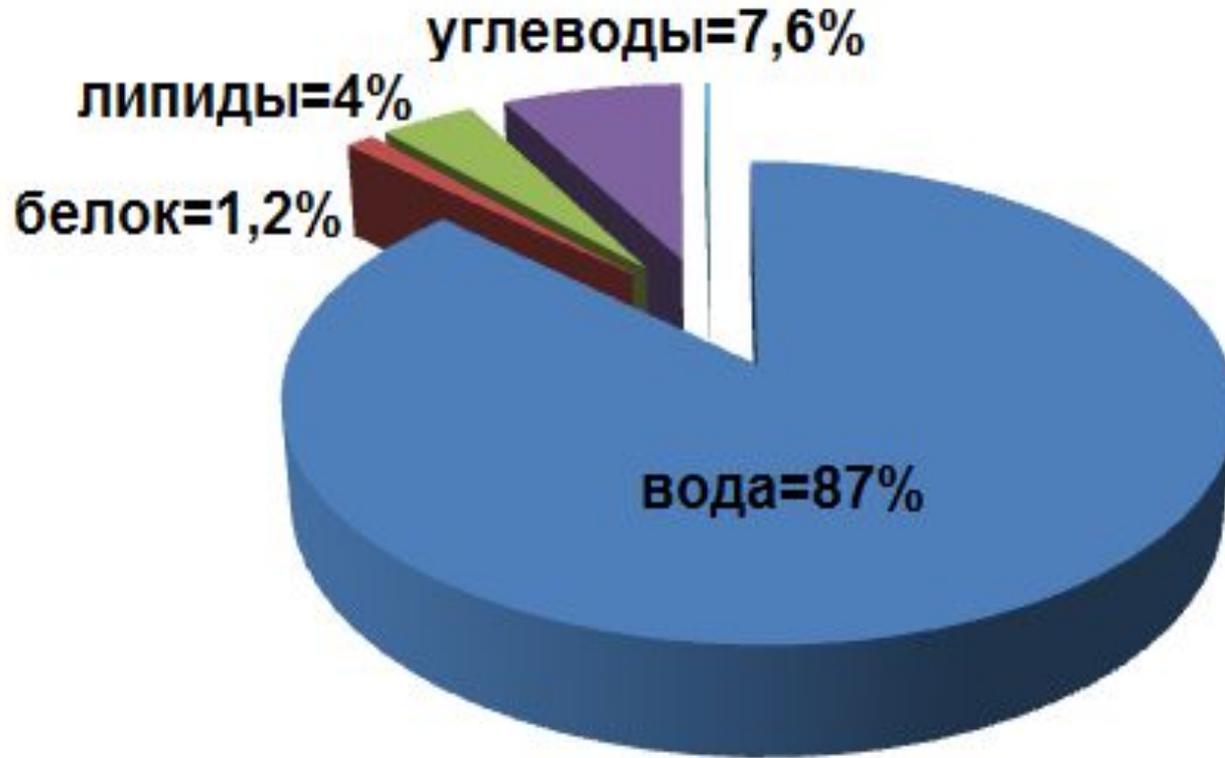
обеспечивает гидролиз пищевых веществ ферментами в полостях пищеварительного тракта: ротовой полости, желудке и тонкой кишке

← ЗА СЧЕТ ФЕРМЕНТОВ ГРУДНОГО МОЛОКА

ДЕТИ РАННЕГО ВОЗРАСТА

ВЗРОСЛЫЕ

# СОСТАВ ГРУДНОГО МОЛОКА



Грудное молоко содержит в оптимальных количествах все вещества, необходимые для жизни и роста ребенка. Грудное молоко содержит ферменты, осуществляющие гидролиз белков, жиров, углеводов. Грудное молоко является источником гормонов и различных факторов роста, которые играют важнейшую роль в регуляции аппетита, метаболизма, роста и дифференцировки тканей и органов ребёнка.

# БЕЛКОВЫЕ ФРАКЦИИ ГРУДНОГО МОЛОКА

В грудном молоке суммарное содержание белков ниже, чем в коровьем: **11,5-15** г/л в отличие от коровьего- **34** г/л.

## БЕЛКОВЫЕ ФРАКЦИИ ЖЕНСКОГО МОЛОКА



**МЕТАБОЛИЗИРУЕМЫЕ  
(ПИЩЕВЫЕ) БЕЛКИ**

**70-75%**

**α-лактоальбумин,  
казеин**



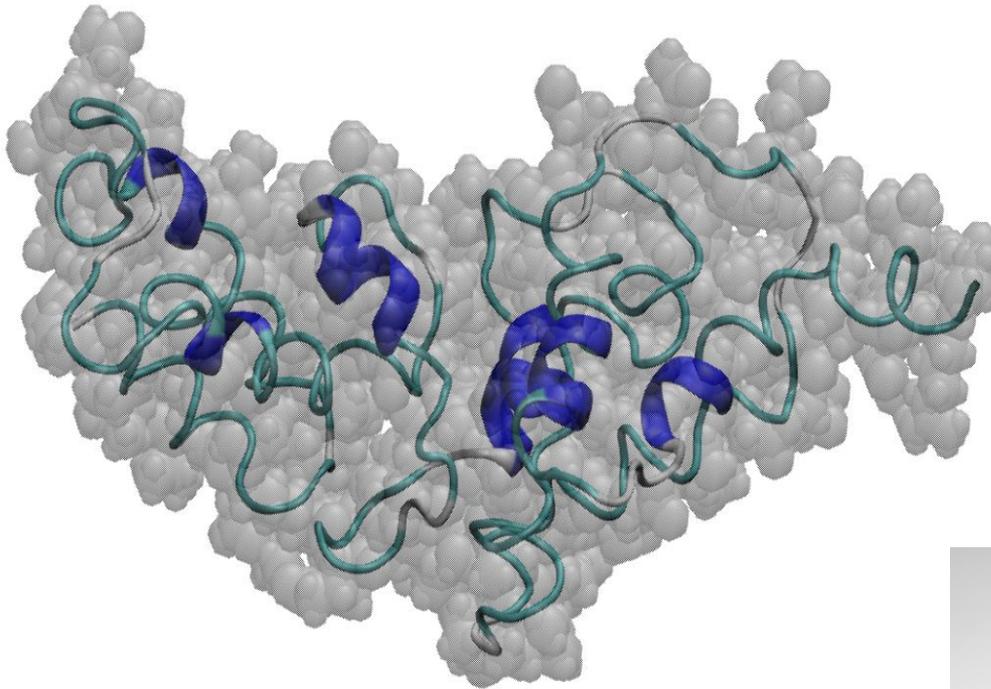
**НЕМЕТАБОЛИЗИРУЕМЫЕ  
БЕЛКИ**

**25-30%**

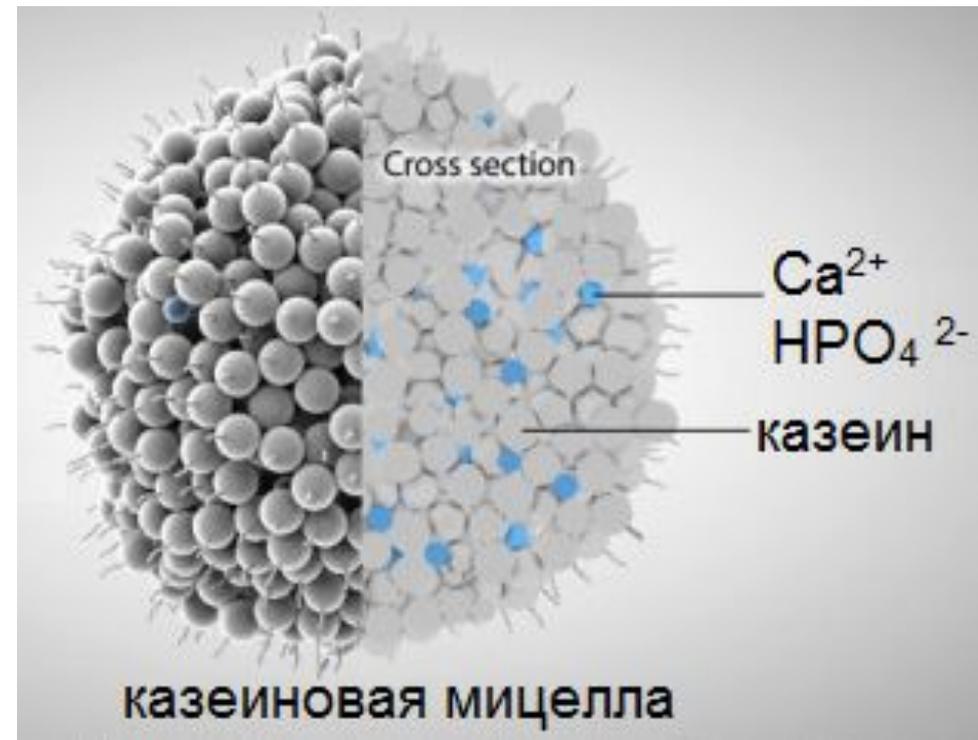
**Ig A, Ig M, Ig G,  
лактоферрин,  
лизоцим, ферменты**

# МЕТАБОЛИЗИРУЕМЫЕ БЕЛКИ ЖЕНСКОГО МОЛОКА

## КАЗЕИН

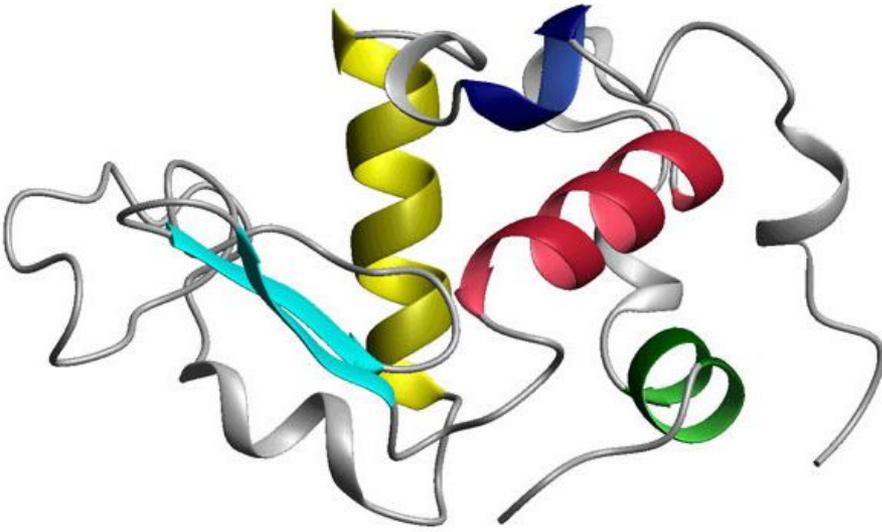


Фосфогликопротеин. Содержит все незаменимые аминокислоты  
Связывает ионы кальция и фосфора.  
**20-40%** от всех белков молока.  
Из него образуются пептиды, участвующие в психомоторном развитии (казаморфины)



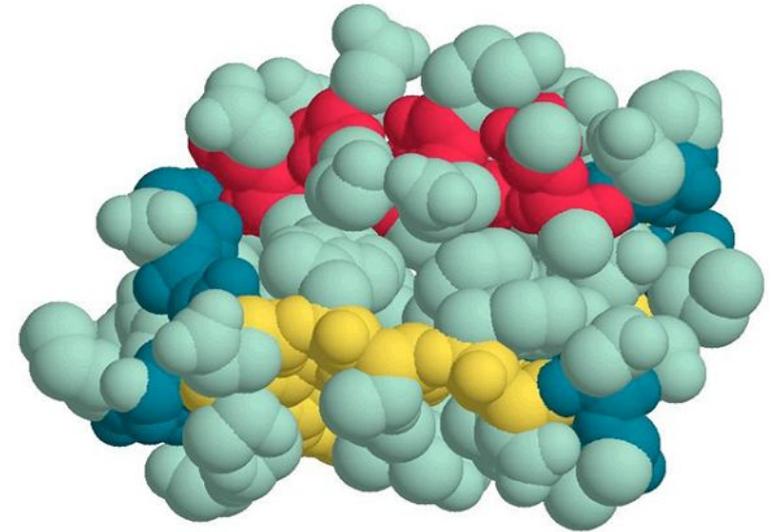
# МЕТАБОЛИЗИРУЕМЫЕ БЕЛКИ ЖЕНСКОГО МОЛОКА

## $\alpha$ -ЛАКТОАЛЬБУМИН



**$\alpha$ -лактальбумин (25-35% общего белка молока)-простой белок, богат эссенциальными аминокислотами (триптофан, цистеин, лизин). Способствует росту бифидобактерий, усвоению кальция и цинка из желудочно-кишечного тракта ребёнка.**

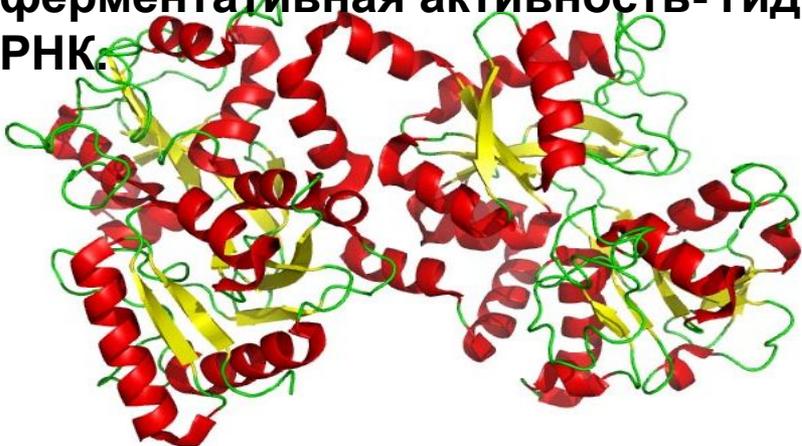
## СЫВОРОТОЧНЫЙ АЛЬБУМИН



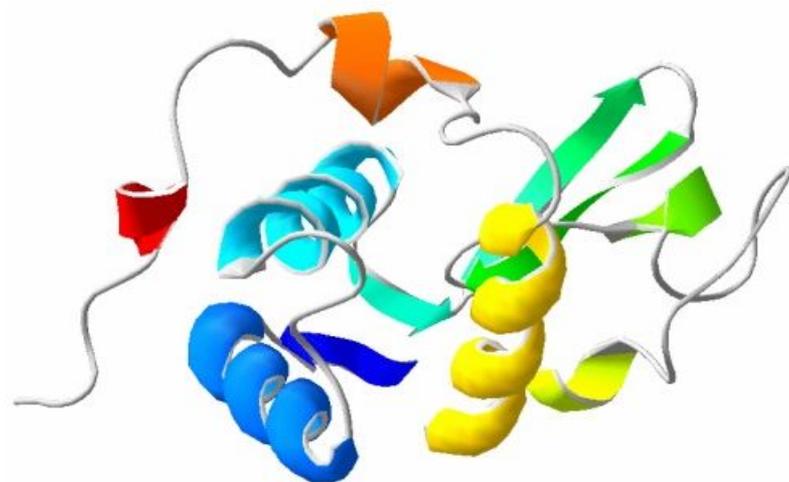
**Сывороточный альбумин (5% от общего белка молока)-простой белок, небольшой гидрофильный, по аминокислотному составу максимально близок к белкам организма, содержит много лейцина, изолейцина и валина.**

# НЕМЕТАБОЛИЗИРУЕМЫЕ БЕЛКИ ЖЕНСКОГО МОЛОКА

**Лактоферрин**- глобулярный гликопротеин сем. трансферринов. Компонент иммунной системы, транспорт железа, ферментативная активность- гидролиз РНК.

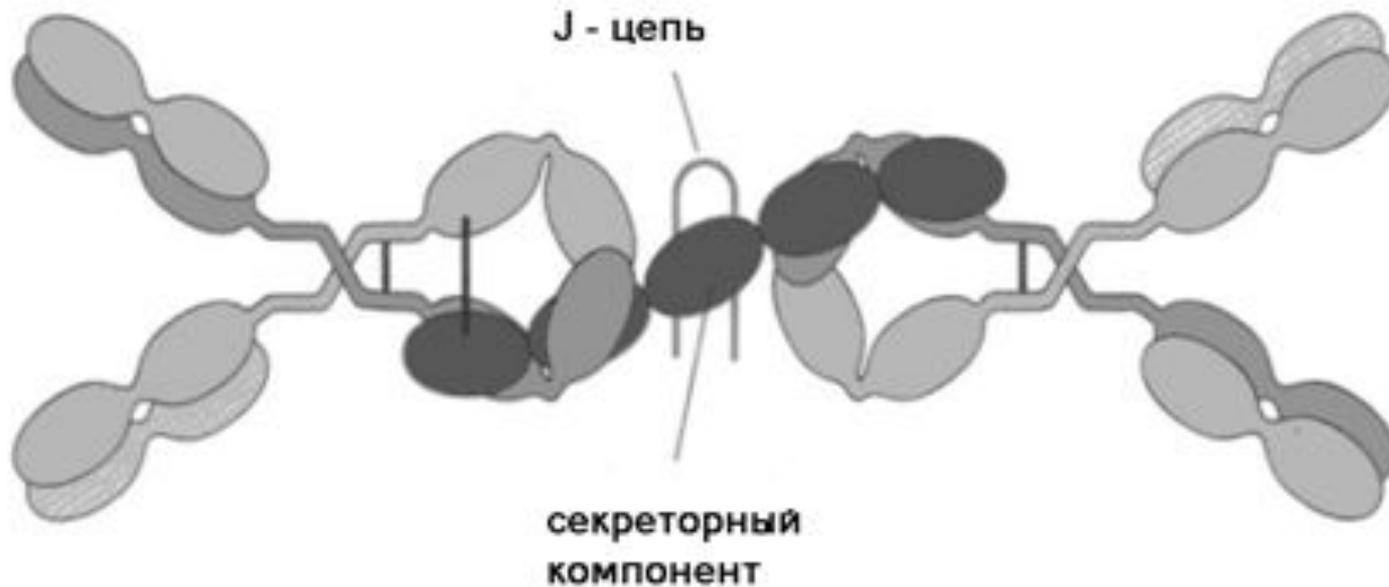


**Лизоцим**- антибактериальный агент, фермент класса гидролаз, разрушающий клеточные стенки бактерий путём гидролиза пептидогликана клеточной стенки. В грудном молоке- около 400 мг/л.



# НЕМЕТАБОЛИЗИРУЕМЫЕ БЕЛКИ ЖЕНСКОГО МОЛОКА

Среди иммуноглобулинов грудного молока доминирует **Ig A**, обеспечивающий защиту младенцев от кишечных инфекций



**IgG** (функция - образование комплекса «антиген-антитело») имеют небольшой молекулярный вес и могут проникать через плаценту от матери к плоду, обеспечивая пассивный иммунитет новорожденного ребенка к инфекционным заболеваниям.

# БЕЛКИ ГРУДНОГО И КОРОВЬЕГО МОЛОКА

Грудное молоко	Коровье молоко
Самое низкое содержание белка среди молока млекопитающих. В среднем: 1,2 г/100 мл (12 г/л)	Среднее содержание белка: 3,2 г/100 мл (32 г/л). В сравнении: козье молоко – 3,0 г/100 мл (30 г/л)
Преобладают мелкодисперсные белки (альбумины), которые при створаживании образуют мелкие хлопья, более доступные для воздействия желудочного сока	Преобладают крупнодисперсные белки (казеиноген). Казеиноген под воздействием соляной кислоты и лактофермента превращается в казеин, то есть створаживается
Молекула казеина женского молока мельче, чем коровьего. Сокращается время опорожнения желудка и облегчается пищеварение	Молекула казеина коровьего молока крупнее, чем женского. Для переваривания требуется в 3 раза больше времени, соляной кислоты и ферментов
Сывороточно-казеиновый коэффициент = 3 : 2	Сывороточно-казеиновый коэффициент = 1 : 4
Содержатся белки, выполняющие ферментативные функции	Ферментативная активность белков низкая
Преобладает белок $\alpha$ -лактоальбумин – 26 % (компонент энзимной системы в синтезе лактазы). Отсутствует $\beta$ -лактоглобулин	Основной белок $\beta$ -лактоглобулин – 43 %. Ни один из белков коровьего молока не идентичен ни одному из белков женского молока
Белки молока сходны по составу с белками плазмы	Белки молока обладают антигенными свойствами, обуславливая аллергизацию организма
Аминокислотный состав представлен более оптимальным и более высоким содержанием незаменимых аминокислот, например цистина, особенно необходимого из-за отсутствия у новорожденных детей фермента цистиназы	Относительно более высокая концентрация тирозина и фенилаланина, что при низкой скорости их метаболизации несет потенциальную опасность повреждения растущего головного мозга
Серосодержащая аминокислота таурин стимулирует рост и дифференцировку нервной ткани, сетчатки глаза, эпифиза и гипофиза	Таурин содержится в следовых количествах
Белки содержат большое количество секреторного IgA (142 мг/100мл), выполняющего защитную роль	Не выполняют защитную роль
Лактоферрин, связывая ионы железа, подавляет рост микробов, который связан с захватом железа	Лактоферрин в коровьем молоке отсутствует
Лизоцим грудного молока обладает бактериостатическим и противовоспалительным действием	Лизоцим в коровьем молоке отсутствует

# ЗАЩИТНЫЕ ФАКТОРЫ ГРУДНОГО МОЛОКА

Защитные компоненты грудного молока

Пассивный иммунитет

**Гуморальное звено**

- sIgA
- другие иммуноглобулины

**Клеточное звено**

- нейтрофилы
- лимфоциты
- макрофаги
- стволовые клетки

Другие защитные компоненты

- олигосахариды
- лактоферрин
- $\alpha$  – лактальбумин
- нуклеиновые кислоты
- цитокины
- антиоксиданты
- живые бактерии
- бифидо- и лактобактерии

В грудном молоке присутствуют лимфоидные клеточные элементы, нейтрофилы, макрофаги, обладающие фагоцитарной активностью, Т- и В- лимфоциты, способные к синтезу иммуноглобулинов и антител, продукции интерферонов и комплемента

# БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ГРУДНОГО МОЛОКА



## ГОРМОНЫ

**тироксин**

**эндорфины**

**простагландины**

**лептин**- подавляет аппетит.

**грелин**- стимулирует аппетит,

способствует улучшению набора массы, моторику желудочно-кишечного тракта, секрецию инсулина, регуляцию иммунной системы, улучшению сна.

**адипонектин**- регулирует метаболизм

липидов и глюкозы, повышает чувствительность к инсулину, окисление жирных кислот, снижает синтез глюкозы, противовоспалительные свойства.

**резистин**- увеличивает количество жира

в организме, регулятор углеводного обмена, антагонист инсулина, защищает новорожденных от гипогликемии.

**обестатин**- подавляет аппетит,

регулирует метаболизм глюкозы, моторику желудочно-кишечного тракта, подавляет жажду, улучшает память, сон.



## ФАКТОРЫ РОСТА

**эпидермальный фактор роста**

(регулирует созревание и восстановление слизистой оболочки кишечника)

**гепарин- связывающий фактор**

**роста** (регулирует восстановление повреждений после гипоксии, геморрагий и некрозов)

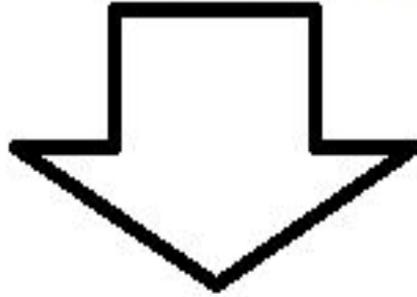
- **фактор роста нервов** (увеличивает выживаемость и рост нейронов)

- **инсулиноподобные факторы роста** (активируют рост ткани, предупреждают атрофию кишечника)

- **фактор роста эндотелия сосудов** (активатор ангиогенеза, предупреждает ретинопатию недоношенных)

-**эритропоэтин** (активатор эритропоэза, предотвращает анемию)

# ФЕРМЕНТЫ ГРУДНОГО МОЛОКА



## ГИДРОЛАЗЫ

(осуществляют аутолитическое пищеварение, т.е. расщепление пищевых веществ, содержащихся в самом молоке)

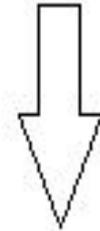
пепсиноген

трипсин

липаза

$\beta$ -лактаза

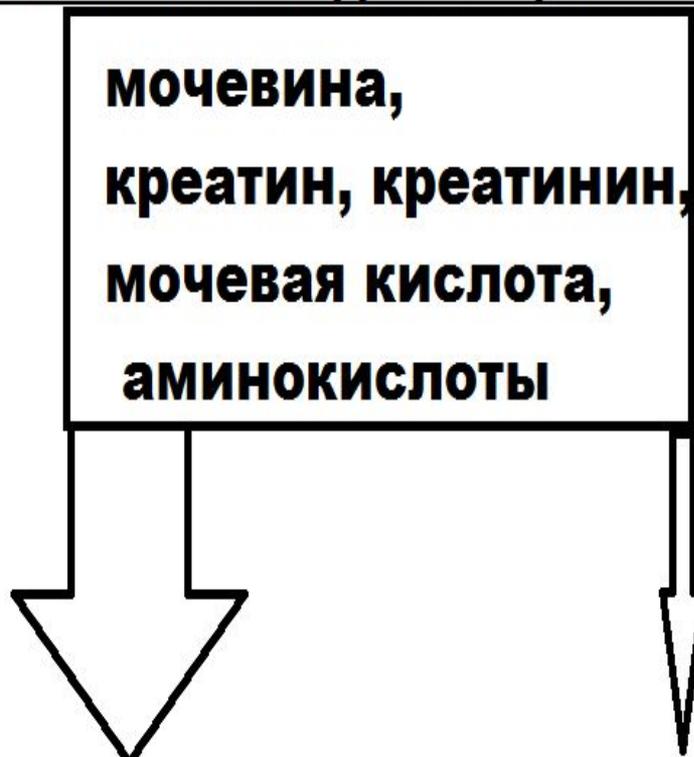
### ПРОТЕАЗЫ



**ферменты других классов**

Расщепление жира липазой молока способствует появлению активной кислотности желудочного сока и улучшению процессов пищеварения. Процессы аутолитического пищеварения, особенно расщепление жира липазой молока, имеют большое значение для детей первых месяцев жизни, так как секреция ферментов пищеварительных желез у детей на ранних этапах онтогенеза значительно снижена.

## НЕБЕЛКОВЫЕ АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ВЕЩЕСТВА



**женское грудное молоко**

**(25% всех азотсодержащих веществ)**

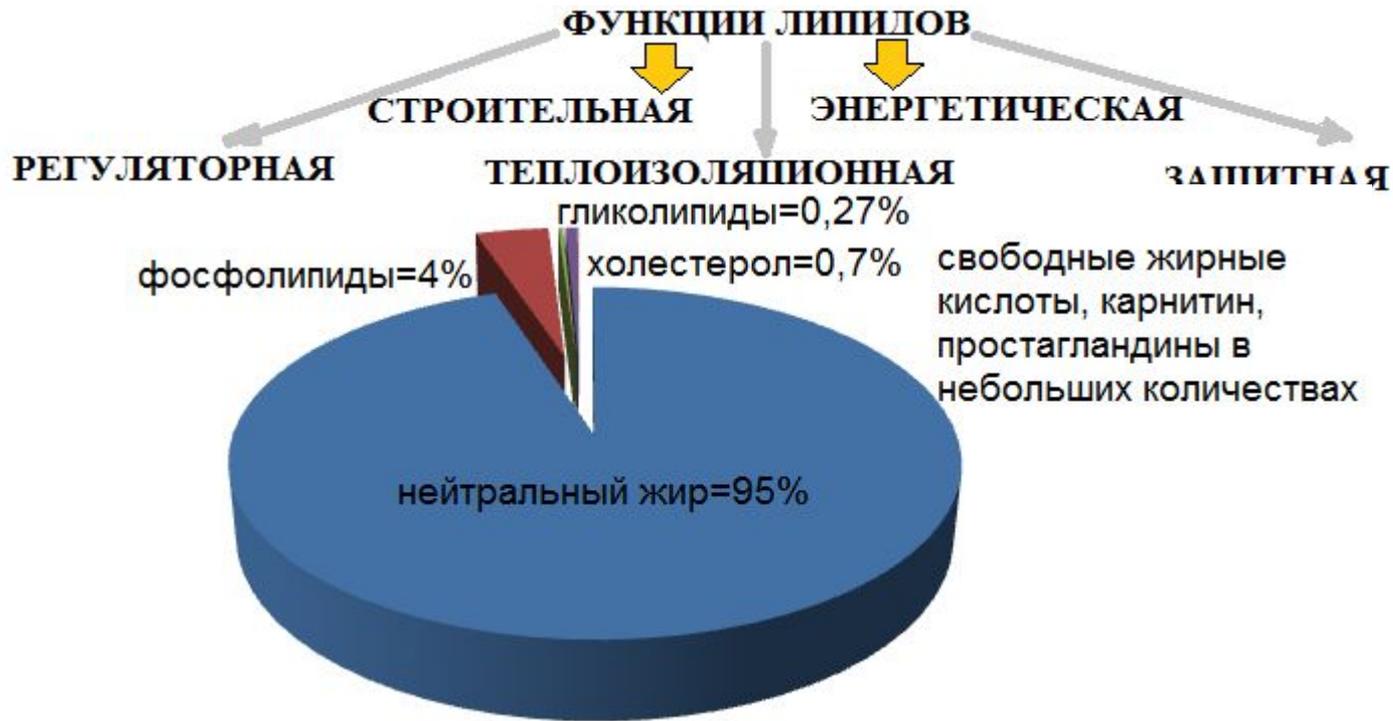
**КОРОВЬЕ МОЛОКО**

**(5% всех азотсодержащих веществ)**

В молоке обнаружен бифидогенный фактор, который способствует быстрому заселению кишечника новорожденных детей бифидобактериями. Бифидус- фактор является азотсодержащим олигосахаридом, его концентрация в женском молоке значительно выше, чем в коровьем.

# ЛИПИДЫ ГРУДНОГО МОЛОКА

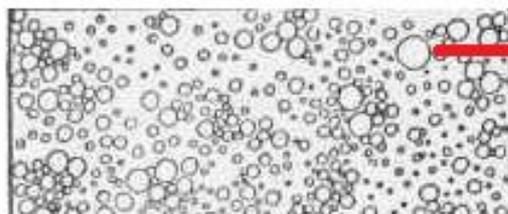
47% энергетической ценности женского молока складывается за счет липидов



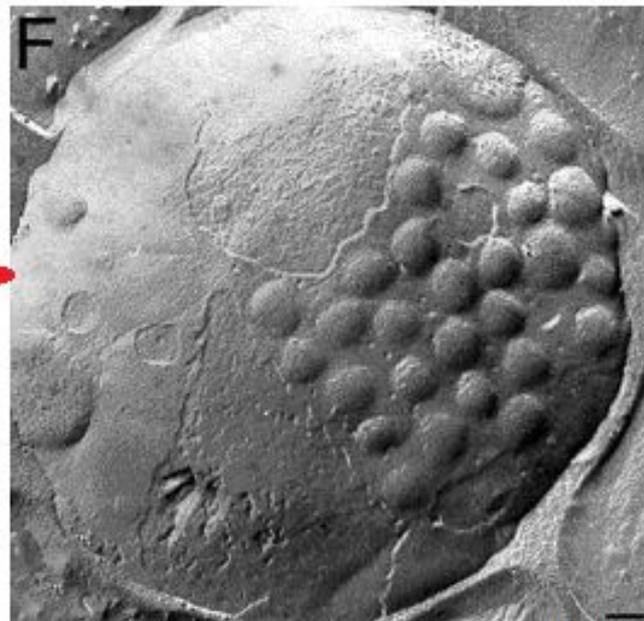
Среднее содержание липидов в женском молоке колеблется от **31** до **52** г/л. Жир женского молока по количественному содержанию не отличается от жира коровьего молока, однако значительно отличается по составу. В женском молоке выше, чем в коровьем содержании фосфолипидов, полиненасыщенных высших жирных кислот (в 4-7 раз), витамина Е (в 4-10 раз). В большом количестве в молоке содержится холестерин, который участвует в выработке гормонов и витамина Д, необходимого для нормального развития костной ткани. В отличие от жиров человеческого молока, активно питающих мозг младенца, жиры молока коровьего или козьего в первую очередь способствуют росту скелета и мышечной ткани животного.

## ЛИПИДЫ ГРУДНОГО МОЛОКА

В грудном молоке жиры находятся в эмульгированной форме – в виде глобул. В ядре глобулы содержатся нейтральные жиры. Оболочка состоит из белков, фосфолипидов, гликолипидов, холестерина. В ее состав входят ферменты и нуклеиновые кислоты.



**Жировые шарики молока  
(x200)**



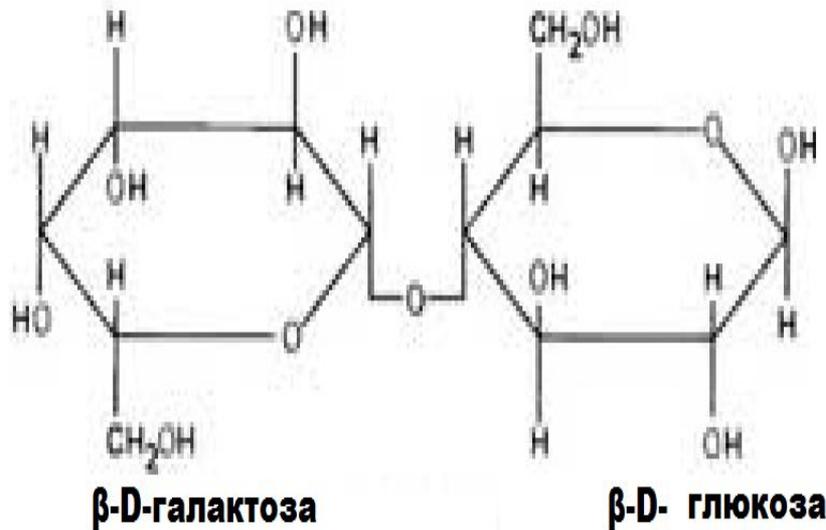
0.1  $\mu\text{m}$

В женском молоке содержится липаза, превышающая активность липазы коровьего молока в 15-25.

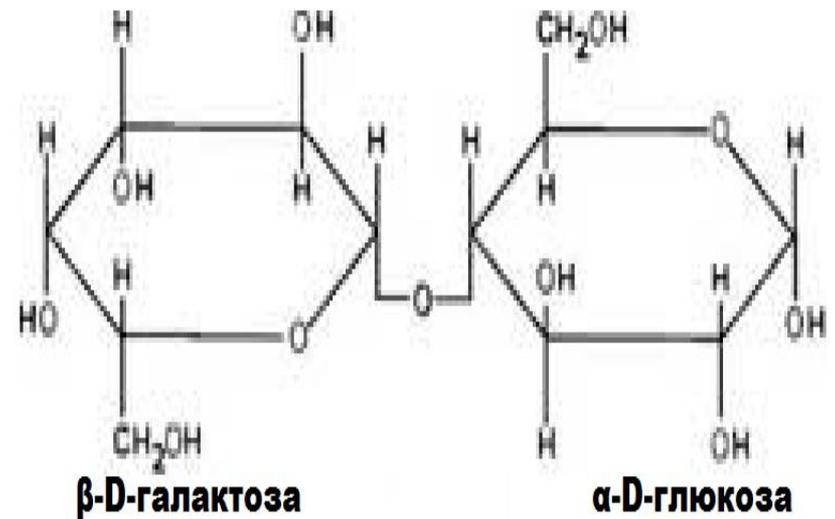
Женское молоко содержит 57% ненасыщенных жирных кислот (на 25% выше, чем в коровьем) и около 43% насыщенных жирных кислот. Отмечается высокое содержание пальмитиновой и олеиновой кислот. Количество полиненасыщенных (имеющих 2 и более двойных связей) жирных кислот в грудном молоке в 4-7 раз выше, чем в коровьем.

# УГЛЕВОДЫ ГРУДНОГО МОЛОКА

## $\beta$ -лактоза (женское молоко)



## $\alpha$ -лактоза (коровье молоко)



**МОНОСАХАРИДЫ-** глюкоза, галактоза, фукоза

**ДИСАХАРИДЫ-** сахароза

**БИФИДУС-ФАКТОР-** олигоаминосахар

Содержание углеводов в женском молоке составляет **68-74** г/л. 85-90% всех углеводов приходится на дисахарид  $\beta$ -лактозу

## ВИТАМИНЫ ГРУДНОГО МОЛОКА

водорастворимые	Витамины	Грудное молоко	Молозиво
	<b>В1 (тиамин), мкг/л</b>	<b>44,73±8,58</b>	<b>440</b>
	<b>В2 (рибофлавин), мкг/л</b>	<b>360</b>	<b>1750</b>
	<b>В3 (никотинамид), мкг/л</b>	<b>1470</b>	<b>940</b>
	<b>В5 (пантотеновая кислота), мг/л</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	<b>В6 (пиридоксин), мкг/л</b>	<b>233,15±5,75</b>	<b>640</b>
	<b>С (аскорбиновая кислота), мг/л</b>	<b>43-62</b>	<b>70-72</b>
жирорастворимые	<b>А (ретинол), мкг/л</b>	<b>206,06 ±5,57</b>	<b>2380,97 ±130,50</b>
	<b>Д (кальциферол), МЕ/л</b>	<b>22</b>	<b>14</b>
	<b>Е (токоферол), мг/л</b>	<b>3,87±0,18</b>	<b>24,11±5,58</b>
	<b>К (нафтохинон), мкг/л</b>	<b>15</b>	<b>60</b>

В женском молоке присутствуют все водо- и жирорастворимые витамины. В женском молоке содержится в несколько раз больше жирорастворимых витаминов (А, Д, Е, К), чем в коровьем. Содержание витамина С также превышает его концентрацию в коровьем. Витамин Д грудного молока обладает большей биодоступностью по сравнению с коровьим. Содержание витамина К в грудном молоке мало.

# МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ГРУДНОГО МОЛОКА

Общее количество минеральных солей в женском молоке меньше, чем в коровьем.

Это позволяет избегать задержки осмотически активных ионов в организме ребенка первых месяцев жизни, имеющего низкую экскреторную функцию почек.

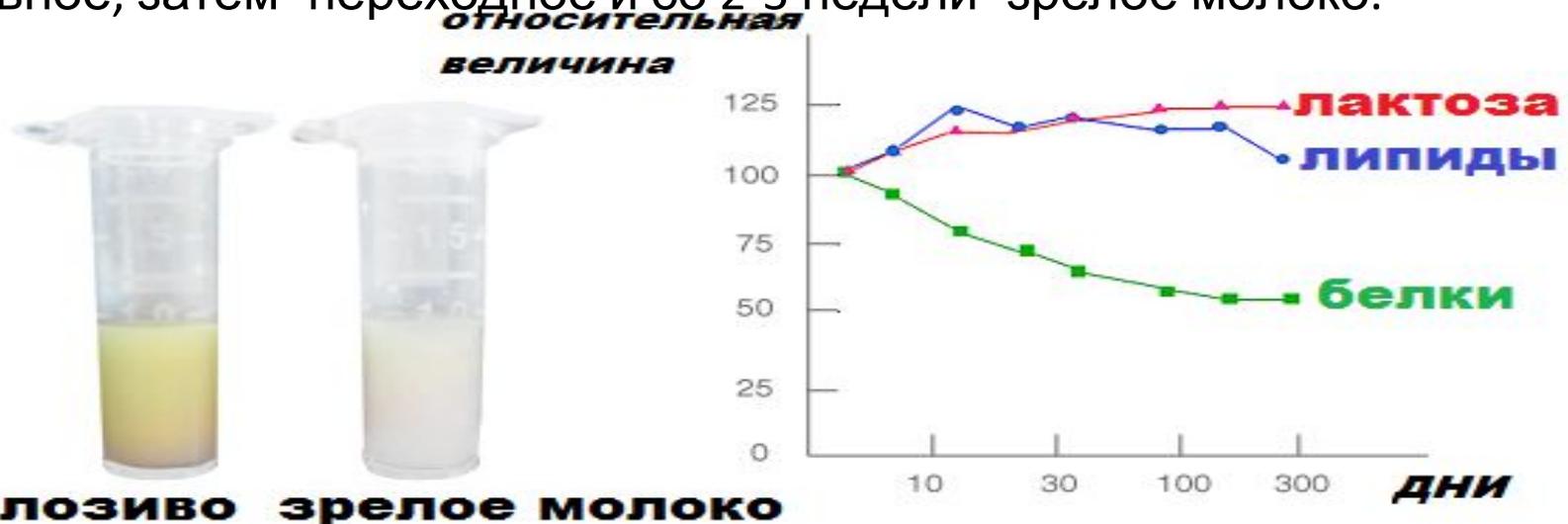
Отмечается значительная разница в соотношении различных элементов в грудном и коровьем молоке. Так, содержание кальция и фосфора в женском молоке составляет **2:1**, а в коровьем **1:1**. Это имеет отношение к всасыванию этих элементов в желудочно-кишечном тракте.

Коэффициент усвоения кальция женского молока составляет более **60%**, а коровьего- всего **20%**, что сказывается на процессе минерализации костной ткани.

Женское молоко значительно богаче коровьего цинком, медью, железом.

# МОЛОЗИВО КАК ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ПИЩА НОВОРОЖДЕННЫХ

До 2-3 дня после родов грудные железы выделяют молозиво; со 2-3 дня- молозивное, затем- переходное и со 2-3 недели- зрелое молоко.



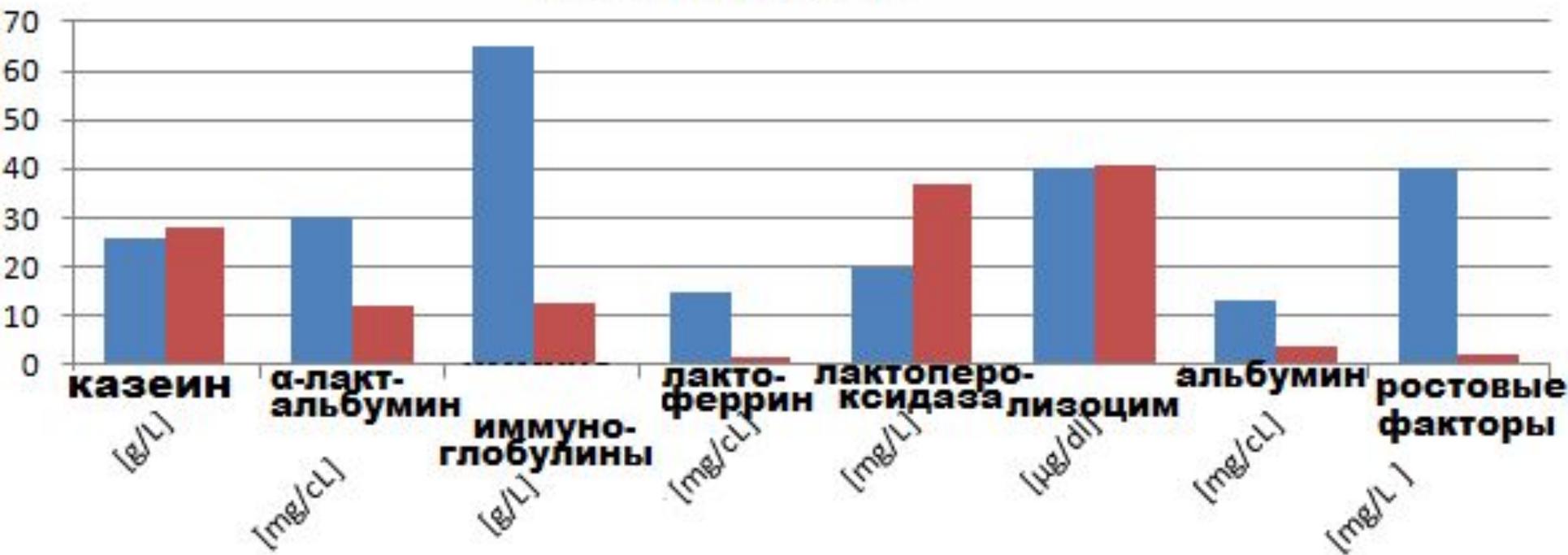
Количественный состав грудного молока женщины в г/л

Вид молока	Белки	Жиры	Углеводы	Минеральные вещества
Молозиво	80-110	28-41	41-76	4,8-8,1
Переходное молоко (с 4-5-го дня)	14-23	29-44	57-78	2,4-3,4
Зрелое молоко (с 3-й недели)	12-14	33-36	73-75	1,8-2,1

По составу молозиво значительно отличается от зрелого молока- в нем содержится больше белка, меньше углеводов, больше витаминов, в частности А, В12, Е, аскорбиновой кислоты.

# БЕЛКИ МОЛОЗИВА

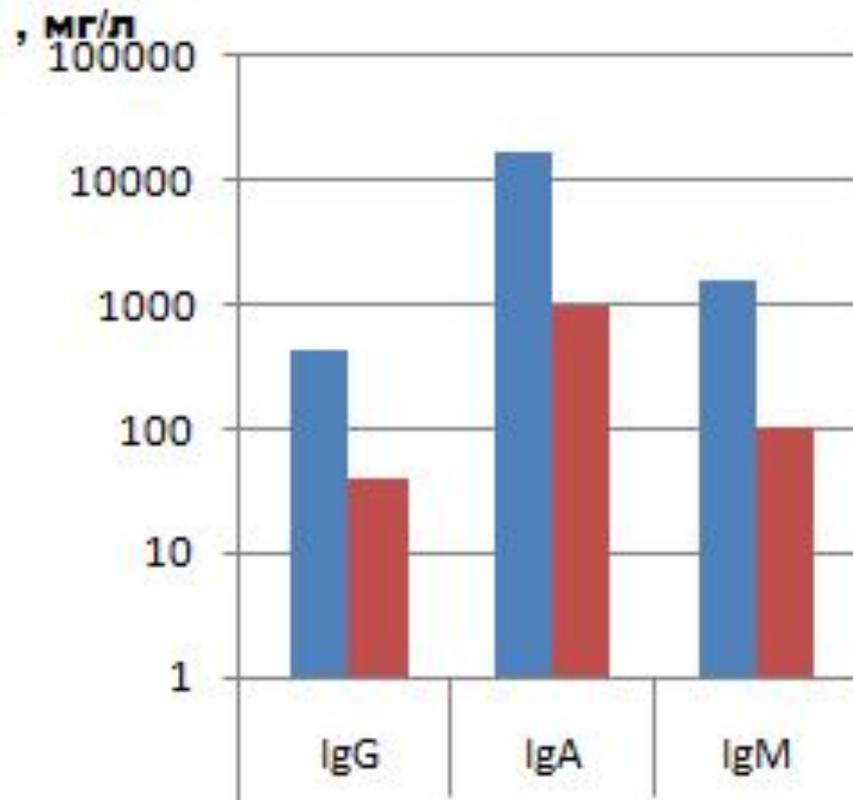
МОЛОЗИВО МОЛОКО



**Содержание белка в молозиве в 1-ый день после родов составляет 5-6 %, со 2-3 дня снижается до 2,1- 2,8 %, а к 7-10 дню до 1,2-1,6%. Белковый состав молозива близок к белкам крови новорожденного: альбуминовые и глобулиновые фракции. Белки молозива представлены преимущественно альбуминовой фракцией (64%), более богатой незаменимыми аминокислотами, чем фракция казеина (36%). Молозиво отличается высоким содержанием незаменимых аминокислот: в нем много триптофана, тирозина, цистеина.**

# РОЛЬ БЕЛКОВ МОЛОЗИВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ ИММУНИТЕТА

концентрация ■ МОЛОЗИВО ■ МОЛОКО



Молозиво является источником иммунных тел, защищающих организм ребенка от инфекции. В нем присутствуют иммуноглобулины кл. А, М, G, лимфоциты, макрофаги, лизоцим. Поэтому молозивный период лактации рассматривают как продолжение иммунобиологического контакта матери и ребенка и как дополнительное обеспечение пассивного иммунитета. В наибольшем количестве в молозиве содержится IgA, концентрация которого к моменту родов достигает 9,5 г/л. Повышение количества иммуноглобулинов этого класса имеет большое значение для защиты кишечника новорожденного от инфекции в первые дни жизни, когда собственный IgA в его организме еще не вырабатывается.

Содержание жира в молозиве- около **3,2 %**.

Жир молозива состоит в основном из олеиновой кислоты (**50%**), которая легче по сравнению с другими жирными кислотами усваивается в первые дни жизни.

Молозиво богато биологически активными полиненасыщенными жирными кислотами. Содержание линолевой кислоты в молозиве- **7-15%**, линоленовой-**0,1-0,7%**.

Молозиво богато минеральными элементами: натрием, фосфором, цинком.

Основные пищевые вещества молозива, несмотря на низкую активность пищеварительных ферментов новорожденного, как правило, гидролизуются в желудочно-кишечном тракте и хорошо усваиваются. Это связано с высоким содержанием в молозиве таких гидролитических ферментов как трипсин, триацилглицероллипаза,  $\alpha$ -амилаза.