

# Биологически активные соединения живых организмов

Мультимедийный курс для студентов  
старших курсов ФЕН и МедФ

А.М. Чибиряев

Подготовлен в рамках реализации  
Программы развития НИУ-НГУ



НГУ-2009, Новосибирск

**Липиды** – жиры и жироподобные вещества, являющиеся производными высших жирных кислот, высших жирных спиртов или высших жирных альдегидов. Как правило, это низкомолекулярные жирорастворимые органические вещества, которые извлекаются из клеток животных, растений и микроорганизмов неполярными растворителями.

## **Основные биологические функции липидов:**

- главные компоненты биологических мембран;
- запасной, изолирующий и защищающий органы материал;
- наиболее калорийная часть пищи;
- важная составная часть диеты человека и животных;
- транспорт некоторых витаминов внутри организма;
- регуляторы транспорта воды и солей;
- иммуномодуляторы; регуляторы активности некоторых ферментов;
- эндогормоны;
- передатчики биологических сигналов.

**Основные источники липидов:** молоко, растительные масла (оливковое, подсолнечное, льняное, кукурузное, кокосовое и т.д.), свиное сало и другие животные жиры, яйца, мозг и внутренности животных и др.

В состав липидов, помимо жирных кислот, спиртов и альдегидов, могут входить азотистые основания, фосфорная кислота, углеводы, аминокислоты, белки и т.п.

Подразделяются на простые и сложные. К простым относятся липиды, молекулы которых содержат только остатки жирных кислот (или альдегидов в енольной форме) и спиртов. Из простых липидов в растениях и животных встречаются жиры и жирные масла, представляющие собой триацилглицерины (триглицериды) и воски.

Воски состоят из сложных эфиров высших жирных кислот и одно- или двухатомных высших спиртов.

К жирам близки простагландины, образующиеся в организме из полиненасыщенных жирных кислот (в первую очередь - арахидоновой). По химической природе это производные протаноевой кислоты со скелетом из 20 атомов углерода и содержащие циклопентановое кольцо.

Сложные липиды делят на три большие группы: фосфолипиды (соединения, имеющие в своей структуре остаток фосфорной кислоты), гликолипиды (соединения, имеющие в своей структуре углеводный компонент) и сфинголипиды. Иногда сложные липиды дополнительно подразделяют на нейтральные, полярные и оксилипиды.

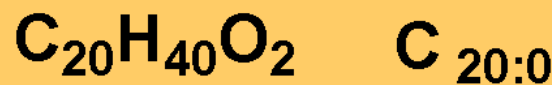
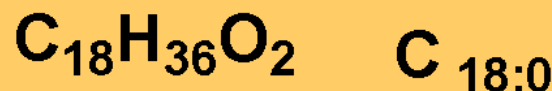
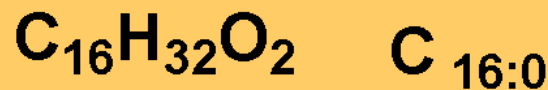
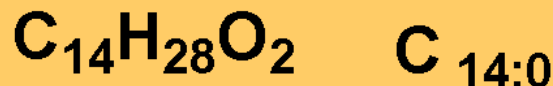


# Составные части липидов - жирные кислоты

3

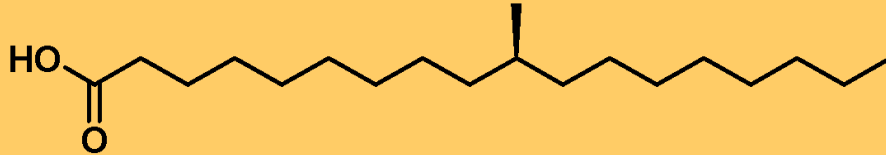
Известно более 800 жирных кислот, отличающихся по длине углеродной цепи, по степени и характеру её разветвления, числу и положению С=С связей, по природе и количеству других функциональных групп (COOH, OH, SH, NH<sub>2</sub> и др.).

## Í àñû ù áí í û á æøđí û á èèñëî ù



# Составные части липидов - жирные кислоты

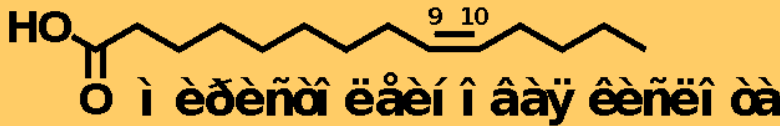
À ñĩ ñòàâà èèì èäì â áàèòáðèàèüí û õ èèäòì é ÷àñòì àñòðá÷àð òñÿ ðàçàâòàèáí í û á æèðí û á èèñëì òù, ñ òèèèì ï ðì ï áí í âùì ò ðàâ áí òì èèè ñ Í Í -äðí ï ï é.



òóáðèóèì ñòàðèì í âàÿ èèñëì òà

í áí àñù ù áí í û á æèðí û á èèñëì òù

í ï í áí í âù á



ì èðèñòì èäèì í âàÿ èèñëì òà



ï àèüì èðì èäèì í âàÿ èèñëì òà



î èäèì í âàÿ èèñëì òà

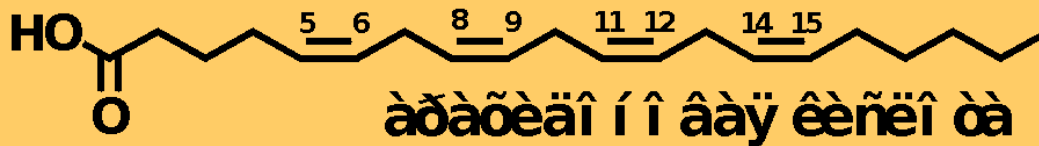
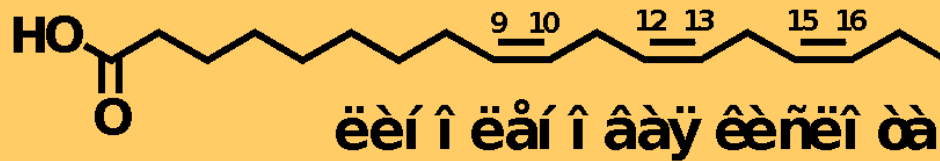
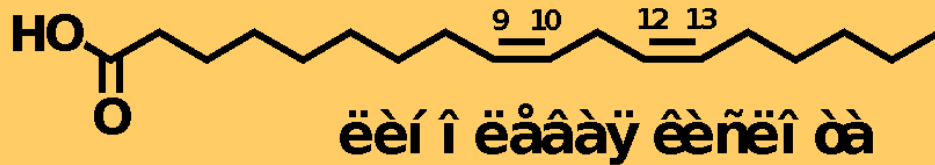


ýðóèì âàÿ èèñëì òà

(í ò42 áí 55% á ì àñèá ðàí ñà è ã ð÷èòù)

## Составные части липидов - жирные кислоты

ï î ëèáí î âùà



î ëääèí î âàÿ è ëèí î ëääàäÿ êèñëî òù ñí ñòàâëÿþò î êì ëî 60%  
 àññõ ÆË òàññòèòàëüí ù õ ì àññë.

# Состав жирных кислот некоторых растительных жиров и масел

Жирная кислота	Кокосовый орех	Арахис	Оливки	Масличная пальма (мяк.)	Рапс обычный	Рапс селекционный	Соевые бобы	Подсолнечник обычный	Подсолнечник селекц.	Семена льна
<12:0	21.5									
12:0	48.8			1.2						
14:0	14.8			1.0				0.2	0.1	
16:0	6.9	12.5	10.3	45.0	3	4	11	6.0	3.6	6.1
18:0	2.0	2.5	2.3	4.5	1	2	3.5	5.6	4.9	3.2
18:1n-9	4.5	37.9	78.1	37.5	16	56	22	17.8	80.6	16.6
18:2n-6	1.4	41.1	7.3	10.5	14	26	53	68.7	8.4	14.2
18:3n-3		0.3	0.6	0.4	10	10	7.5	0.2	0.1	59.8
20:1n-9			0.3		6	2	1.0	0.1	0.3	
22:1n-9					49	следы				

# Состав жирных кислот некоторых ЖИВОТНЫХ жиров и масел

Жирная кислота	Сливочное масло	Свиной жир	Говяжий жир	Бараний жир	Жир тихоокеанской сельди	Жир трески	Жир тихоокеанского анчоуса
<12:0	10.1						
12:0	2.8			0.6	0.2		
14:0	10.1	2.0	2.5	5.6	6.8	3.3	8.3
16:0	25.0	27.1	27.0	27.0	22.7	13.4	19.5
16:1	1.5	4.0	10.0	1.6	8.0	9.6	9.1
18:0	12.1	11.0	7.4	31.7	2.7	2.7	3.2
18:1n-7					5.0		2.5
18:1n-9	27.1	44.4	47.5	31.7	29.7	23.4	12.9
18:2n-6	2.4	11.4	1.7	1.6	0.7	1.4	0.9
18:3n-3	2.0		1.1	0.2	0.2	0.6	0.4
20:1n-9					4.4	7.8	1.2
20:1n-11					1.0		0.1
20:4n-6						1.4	0.5
20:5n-3					5.3	11.5	18.2
22:1n-11					3.9	5.3	1.4
22:5n-3					0.2	1.6	1.2
22:6n-3					1.5	12.5	10.9



# Мировое производство важнейших жиров и масел.

Жиры и масла	Миллионы тонн (% всего)				
	1965	1975	1985	1995	2005
Соевое	4.1 (13.0)	8.5 (19.7)	14.1 (22.1)	19.5 (22.1)	27.3 (23.8)
Пальмовое	1.4 (4.4)	2.8 (6.5)	6.7 (10.5)	13.9 (15.7)	21.4 (18.7)
Рапсовое	1.4 (4.4)	2.6 (6.1)	6.0 (9.4)	9.5 (10.7)	12.0 (10.5)
Подсолнечное	2.9 (9.2)	3.7 (8.6)	6.5 (10.2)	8.9 (10.0)	10.8 (9.4)
Хлопковое	2.6 (8.3)	2.9 (6.8)	3.4 (5.3)	4.4 (5.0)	5.2 (4.5)
Арахисовое	3.0 (9.5)	2.9 (6.8)	3.3 (5.2)	4.2 (4.7)	5.1 (4.4)
Кокосовое	2.0 (6.3)	2.6 (6.1)	2.7 (4.2)	3.2 (3.6)	3.5 (3.1)
Пальмитоядерное	0.4 (1.3)	0.5 (1.2)	0.9 (1.4)	1.7 (1.9)	2.7 (2.4)
Кукурузное	0.4 (1.3)	0.6 (1.4)	1.0 (1.6)	1.6 (1.8)	2.0 (1.7)
<b>Всего по группе</b>	<b>18.2 (57.7)</b>	<b>27.1 (63.2)</b>	<b>44.6 (69.9)</b>	<b>66.9 (75.5)</b>	<b>90.0 (78.5)</b>
Сливочное	4.6 (14.6)	5.3 (12.4)	6.3 (9.9)	6.7 (7.6)	7.3 (6.4)
Технический жир	4.3 (13.7)	5.5 (12.8)	6.1 (10.0)	7.3 (8.2)	8.1 (7.1)
Свиной	3.5 (11.1)	4.0 (9.3)	5.0 (7.8)	6.2 (7.0)	7.5 (6.6)
Рыбий	0.9 (2.9)	1.0 (2.3)	1.5 (2.4)	1.5 (1.7)	1.6 (1.4)
<b>Всего по группе</b>	<b>13.3 (42.3)</b>	<b>15.8 (36.8)</b>	<b>19.2 (30.1)</b>	<b>21.7 (24.5)</b>	<b>24.5 (31.5)</b>
<b>ВСЕГО</b>	<b>31.5</b>	<b>42.9</b>	<b>63.8</b>	<b>88.6</b>	<b>114.5</b>

# Масло растений с необычным составом жирных кислот.

Касторовое масло из клещевины – 90% рицинолевой кислоты 12-OH-18:1(n-9); годовое производство – более 500 тыс. т.



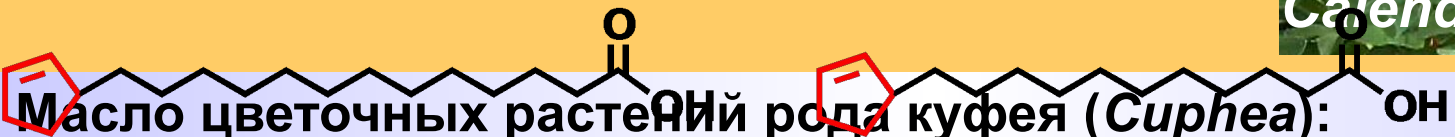
*Hydnocarpus laurifolia*  
 $C_{18}H_{34}O_2$   
 Масло дерева – 69% годовое произ-  
 12-OH-18:1 (9t)  
 рицинолевой кислоты



Масло индийских растений рода *Hydnocarpus*

*Hydnocarpus laurifolia* (*H. wightiana*) – 49% гид-  
 $C_{18}H_{34}O_2$   
*Hydnocarpus Kurzii* – 27% чаульмугровой к-ты

*Calendula officinalis*



*Cuphea palustris* – 82.2% каприновой кислоты 10:0  
 $C_{18}H_{32}O_2$   
*Cuphea peruviana* – 80.1% лауриновой кислоты 12:0  
 $C_{18}H_{34}O_2$

# Масло растений с необычным составом жирных кислот.

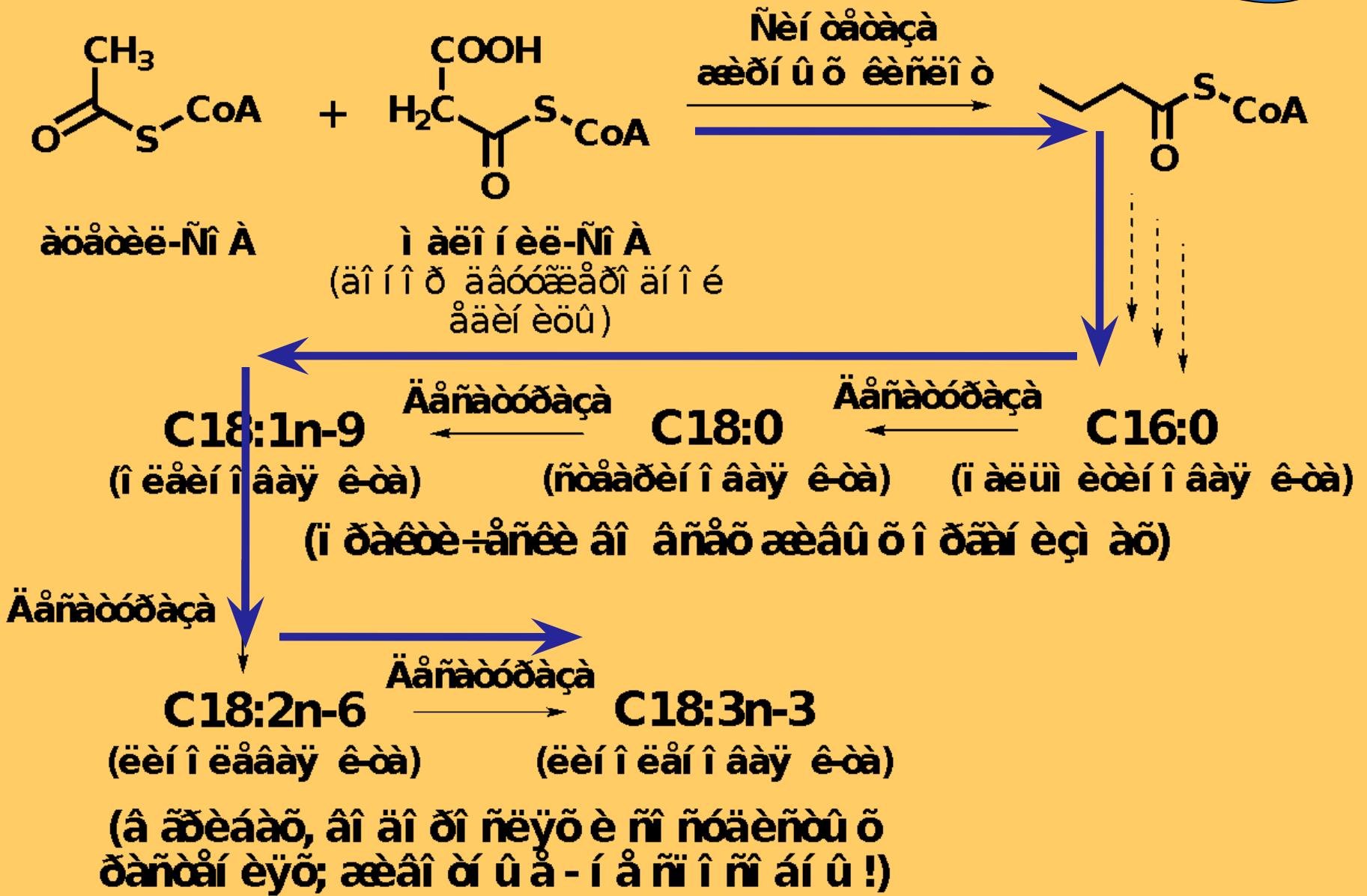
Масла с высоким содержанием стеариновой кислоты (18:0):

**масло какао из шоколадного дерева (*Theobroma cacao*) – 34.4% (+ 34.8% олеиновой кислоты);**

**масло салового дерева (*Shorea robusta*) – 44.3% (+ 40.4% олеиновой кислоты); в 1975 году было произведено 35 тыс. т.;**

**масло масляного дерева карите (*Butyrospermum parkii*) – 44.3% (+ 45.6% олеиновой кислоты); в 1979 году было произведено 35 тыс. т.**

# Биосинтез жирных кислот





# Биосинтез жирных кислот



Èèí î ëåààÿ è èèí î ëáí î âàÿ èèñëí òù í à ñèí òàçèđòð òñÿ â  
 î ðãáí èçì àõ âú ñø èõ æèâí òí ù ò, í î í áí áõí æè ù äëÿ í î ðì àëüí î ã  
 æèđí âí ã î áí á à => ÿâëÿð òñÿ í àçàì áí èì ùì è èèñëí òàì è.

# Биосинтез полиеновых кислот.

Ê-òù èèí î ëáâí ã ðÿäà

18:2n-6 → 18:3n-6 → 20:3n-6 → 20:4n-6 → 22:4n-6 → 22:5n-6

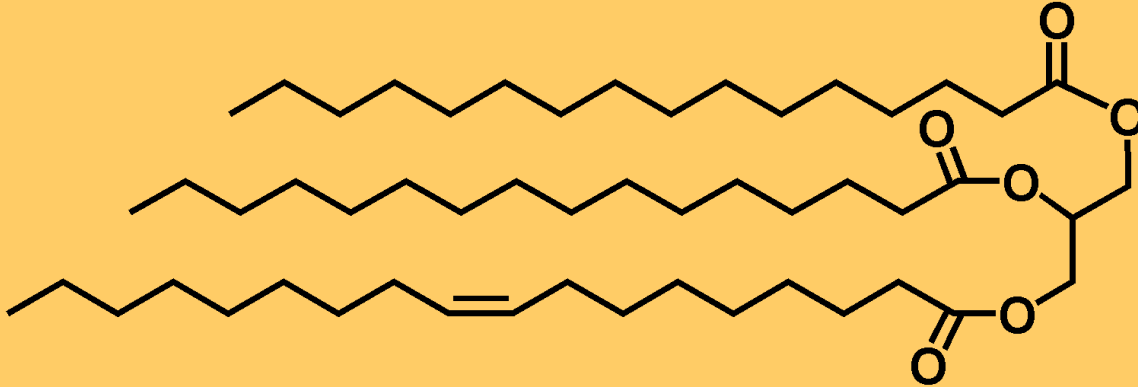
Ê-òù èèí î ëáí î âí ã ðÿäà

18:3n-3 → 18:4n-3 → 20:4n-3 → 20:5n-3 → 22:5n-3 → 22:6n-3

(í ðàèèè ðáñèè âí âññò æèâú ò î ðãáí èçì àõ, êđí ò á æèâí òí ù ò-  
 òèù í èéí â è òááòèí âú ò ðañòáí èé!)



# Простые липиды – жиры.



одеаөеëãëöåдеі û (æèđû)

# Составные простых липидов – жирные спирты.



оåөеëі âû é ñі èдò

C<sub>16</sub>H<sub>33</sub>OH



оåдеëі âû é ñі èдò

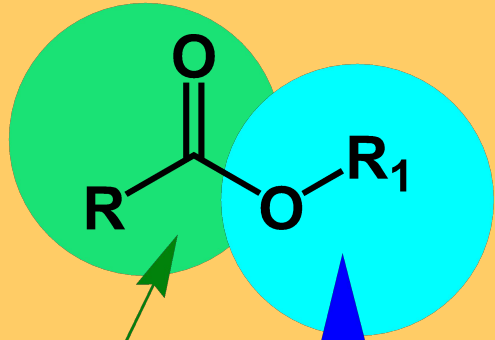
C<sub>26</sub>H<sub>53</sub>OH



і èдөөëëі âû é ñі èдò

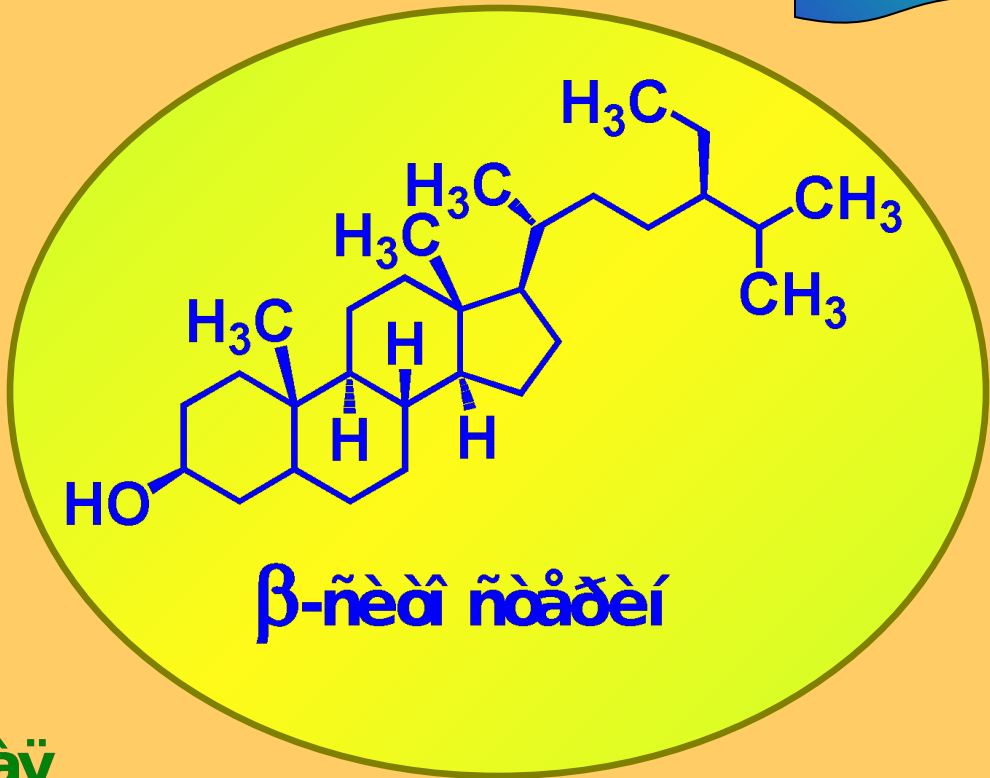
C<sub>30</sub>H<sub>61</sub>OH

# Простые липиды – воски.



Группа R  
 группа R<sub>1</sub>

Группа R<sub>1</sub>



β-ситостерин

$C_{15}H_{31}NO_2$  OH - стеариновая кислота

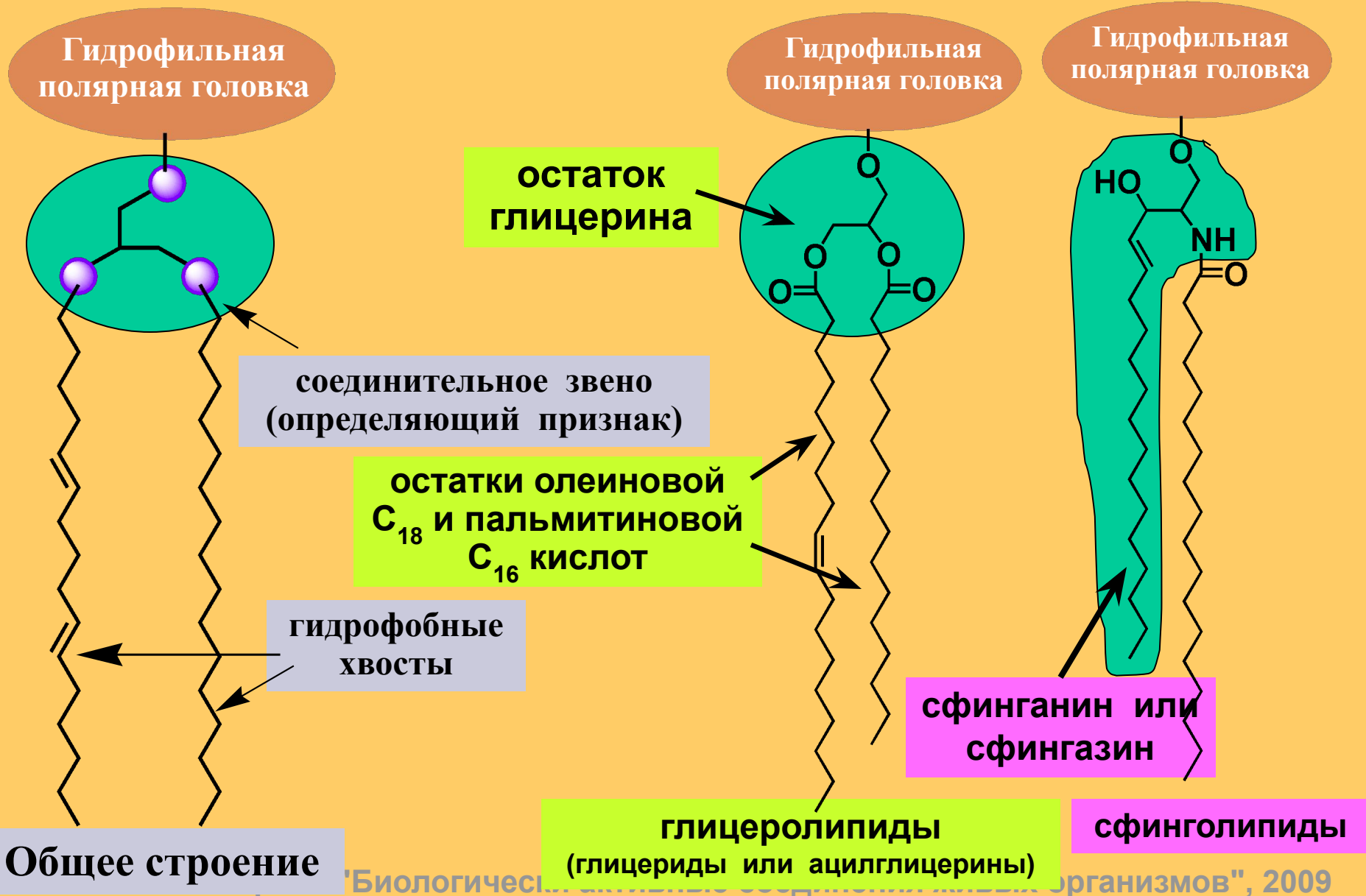
$C_{25}H_{51}NO_2$  OH - пальмитиновая кислота

$C_{19}H_{39}NO_2$  - холестерин

$n-C_{30}H_{61}OH$  - воски

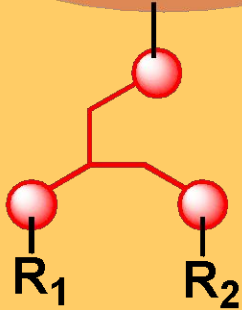
# Первичная классификация липидов биологических мембран

15

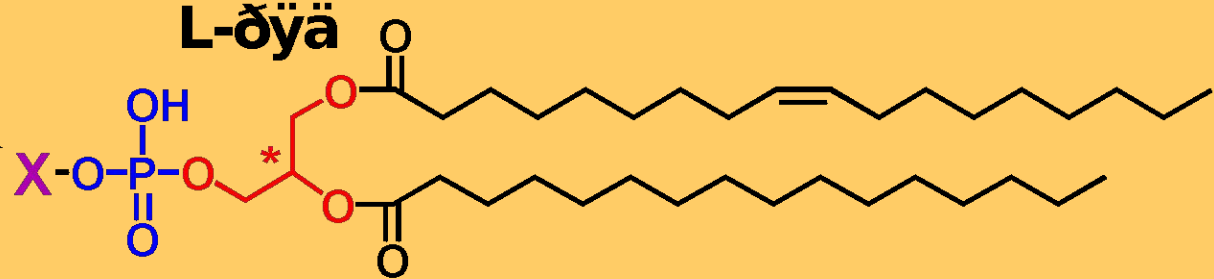


# Фосфолипиды – главные компоненты биологических мембран

$\text{R}_1$  и  $\text{R}_2$  – это гидрофобные группы, которые могут быть насыщенными или ненасыщенными углеводородными цепями.



$\text{R}_1$  и  $\text{R}_2$



L-фосфолипиды  
 $\text{X}-\text{O}-\text{P}(\text{OH})(\text{O})-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{O}-\text{C}-\text{R}_1)-\text{CH}_2-\text{O}-\text{C}-\text{R}_2$   
 (где  $\text{R}_1$  и  $\text{R}_2$  – это гидрофобные группы, которые могут быть насыщенными или ненасыщенными углеводородными цепями.)  
 $\text{O}=\text{C}$  – карбонильная группа,  $\text{O}$  – кислород,  $\text{C}$  – углерод,  $\text{H}$  – водород,  $\text{P}$  – фосфор,  $\text{X}$  – группа, связанная с фосфатом.

$\text{O}=\text{C}$  – карбонильная группа,  $\text{O}$  – кислород,  $\text{C}$  – углерод,  $\text{H}$  – водород,  $\text{P}$  – фосфор,  $\text{X}$  – группа, связанная с фосфатом.

(1-5% от общего количества липидов в мембране; они являются основными компонентами биологических мембран; их наличие обеспечивает текучесть и эластичность мембраны; они участвуют в передаче сигналов и в регуляции клеточных процессов.)

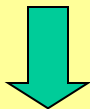
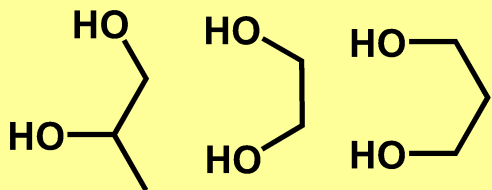
# Составные части липидов биологических мембран

ãëèöäðî ëèë èäû

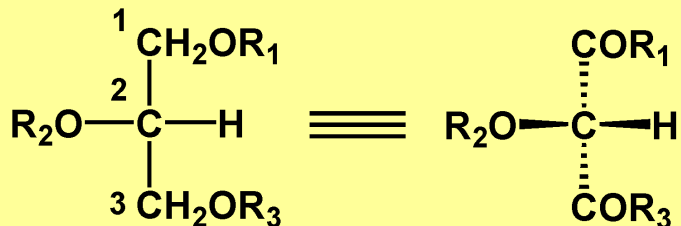


более 50% от встречающихся в природе

**ЖК + глицерин (или другие полиолы)**



äèî ëüí û ã ëèë èäû



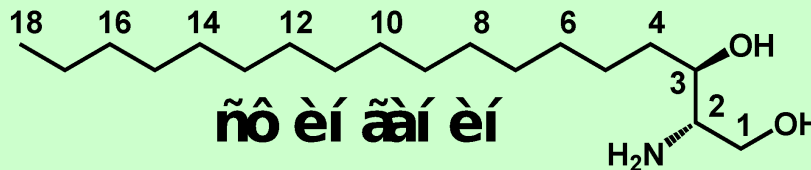
ï ðî äëöëü Õèø äðà ãëèöäðèäèäî ä

ñô èí ã ëèë èäû



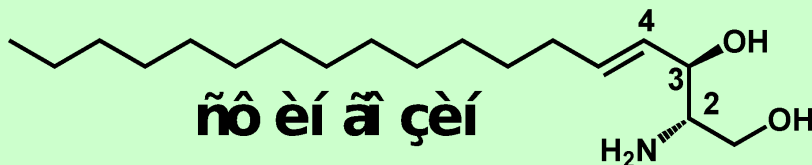
Строительный материал нервных тканей и мозга

**жирные кислоты + сфингозиновые основания**



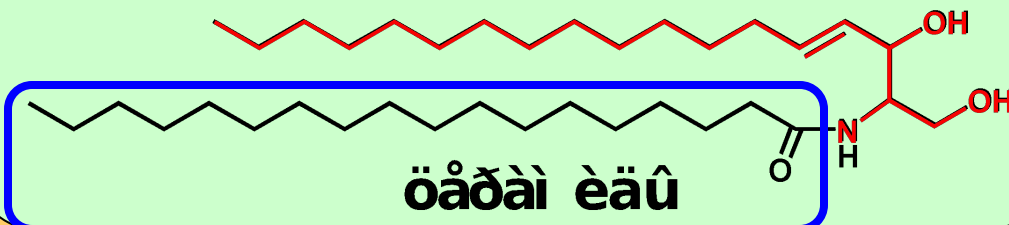
ñô èí ãäí èí

(2S, 3R)-2-àì èí î î èòäãäèäí äèì ë-1,3



ñô èí ã çèí

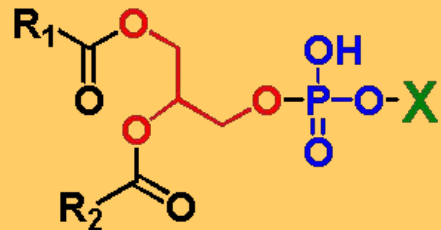
(2S, 3R, 4A)-2-àì èí î î èòäãäèäí -4-äèì ë-1,3



öäðàì èäû



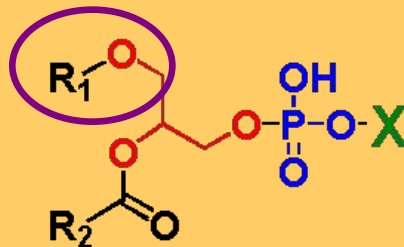
Глицерофосфолипиды



Глицерофосфолипиды

Глицерофосфолипиды

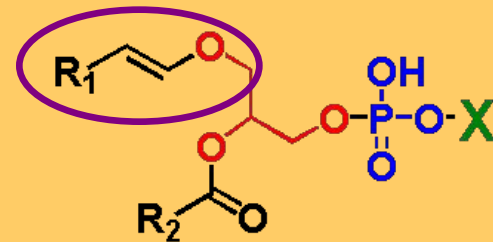
Сфингофосфолипиды



Сфингофосфолипиды

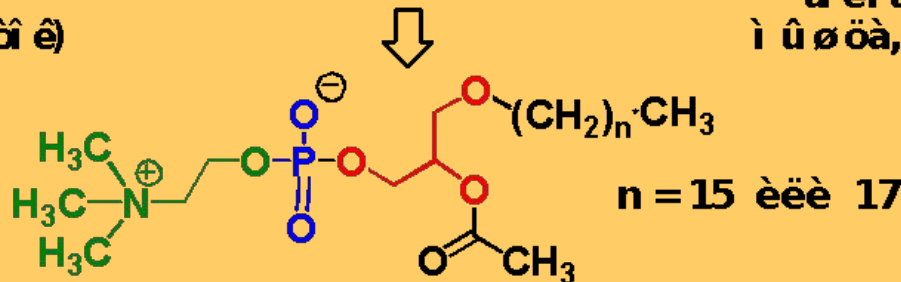
Сфингофосфолипиды

Сфинголипиды



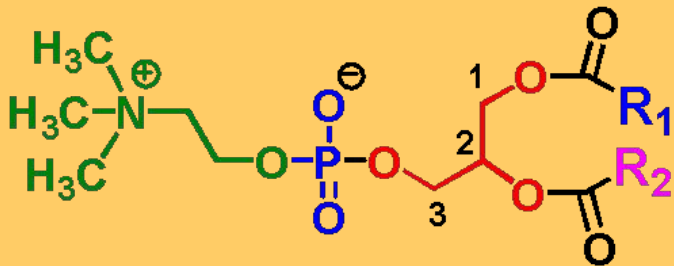
Сфинголипиды

Сфинголипиды



Сфинголипиды

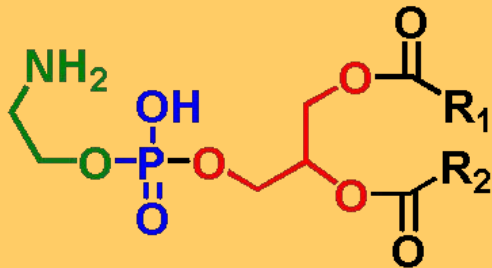
Сфинголипиды



$R_1CO$ ,  $R_2CO$  - преимущественно  $C_{16}$ - и  $C_{18}$ -кислоты, причем  $R_1$  - насыщенные, а  $R_2$  - ненасыщенные.

## Они являются

50% их составу принадлежит фосфолипиды. А именно: фосфатидилхолин, фосфатидилэтаноламин, фосфатидилсерин, фосфатидилinositol.

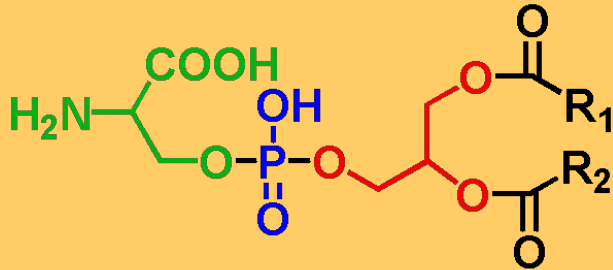


Их составу принадлежит 15-30% их общего количества. А именно: фосфатидилхолин, фосфатидилэтаноламин, фосфатидилсерин, фосфатидилinositol.

## Они являются

А именно: фосфатидилхолин, фосфатидилэтаноламин, фосфатидилсерин, фосфатидилinositol.

# Фосфолипиды

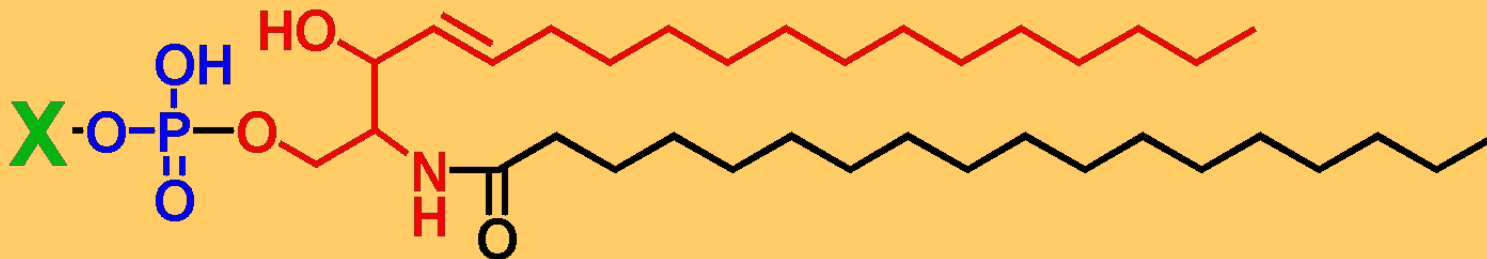


Аи 10-15% î ò î áù áã ã è èè-ãñòâà  
 ô î ñô î èèì èäî â â òèáí ýõ ì èãèî èòàð-  
 ù èõñü. Èî èàèèçàöèÿ: ì î çã, ñãðäöâ,  
 î á-áí ü, î î ÷èè, ñãèãç, í èà, è, ãèèã.

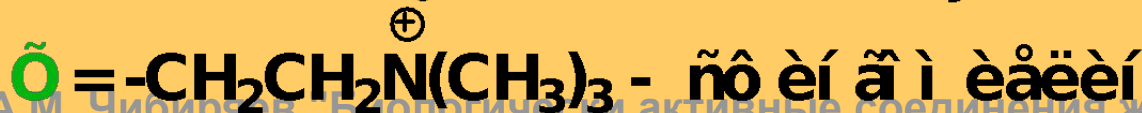
## Ôî ñô àèèäèèñãðèí ù

Âù ñòóí ààò ðããðèÿü ðí ì àèèèáí î ñèè ðÿâà ì àì áðáí î ñãÿçáí í ù õ  
 ô áðì áí õî â; ÿãèÿãòñÿ î ðããø ãñòãáí í èè ì î ðè àéí ñèí òãçã  
 ô î ñô àèèäèèÿòáí î èàì èí î â.

## Ñò èí ãî î ñô î èèè èäü .

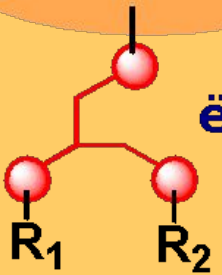


(ñèí æ ù é ýò èð ô î ñô î ðí î é èèñèí òù è  
 ñò èí ã çèí î âí ã î ñí î âáí èÿ)

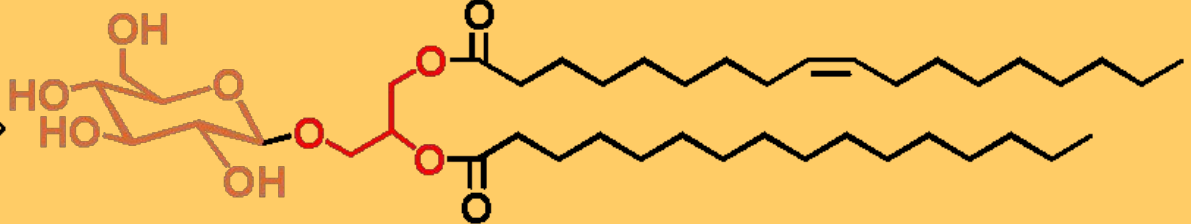


# Фосфолипиды

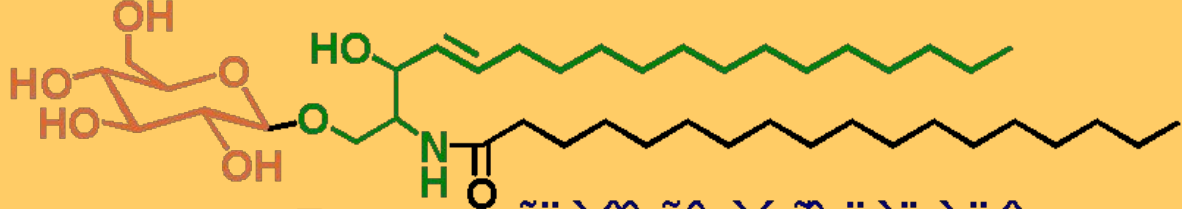
**Àëèëî ëèì èäû .**



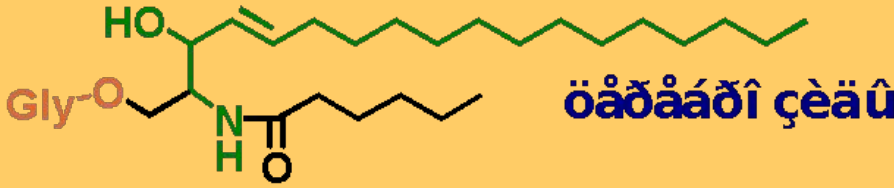
**ëèì èäû**



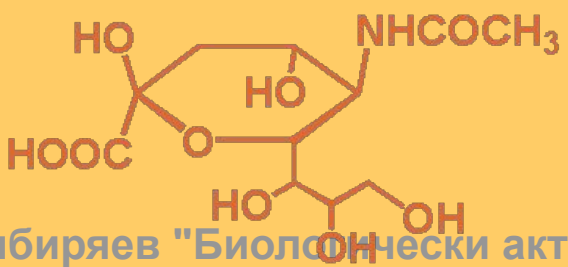
**äëèëî äëèöäöí ëèì èäû**



**äëèëî ñò èí äí ëèì èäû**



**öäöäöí çèäû**



**Ñèàëí äàÿ èèñèí à  
(N-äöäòèëí äéäàí èí î äàÿ èèñèí òù ),  
äöí äèò ä ñí ñòää äáí äëèì çèäí ä**

# Каскад арахидоновой К-ТЫ

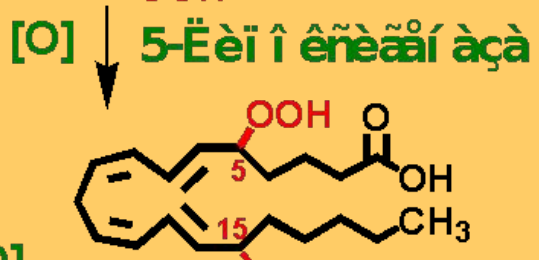
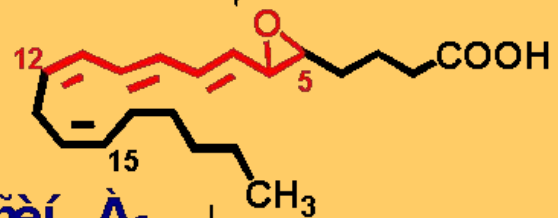
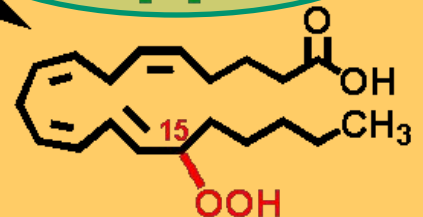
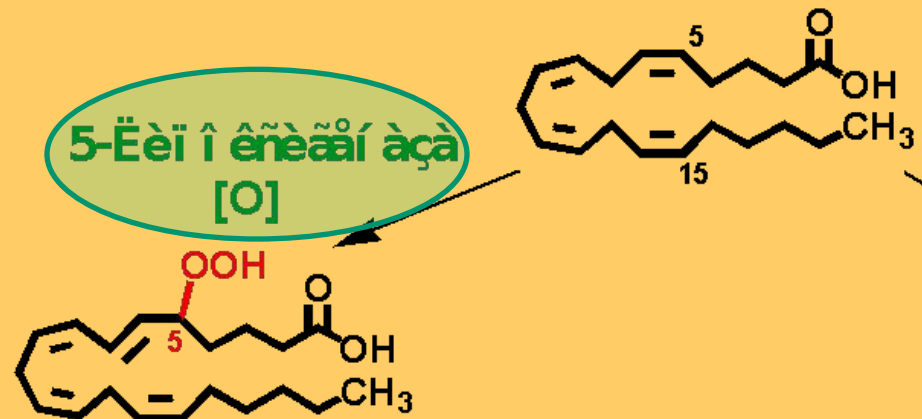
àðàõèäî í î âàü èèñèî à

Öèñ, öèñ, öèñ, öèñ - Ýéë çà-5,8,11,14-òàððàáî í âàü èèñèî à

$C_{20}H_{32}O_2$  C 20:4

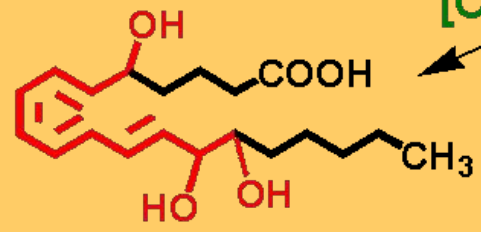
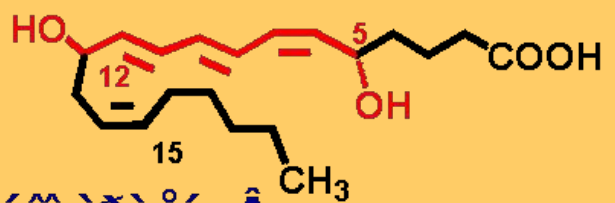
5-Èèî î èñèääí àçà  
[O]

15-Èèî î èñèääí àçà  
[O]

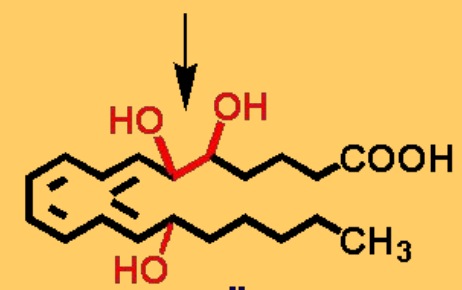


Èèî î èñèí À<sub>1</sub>

[O]



Èèî î èñèí À

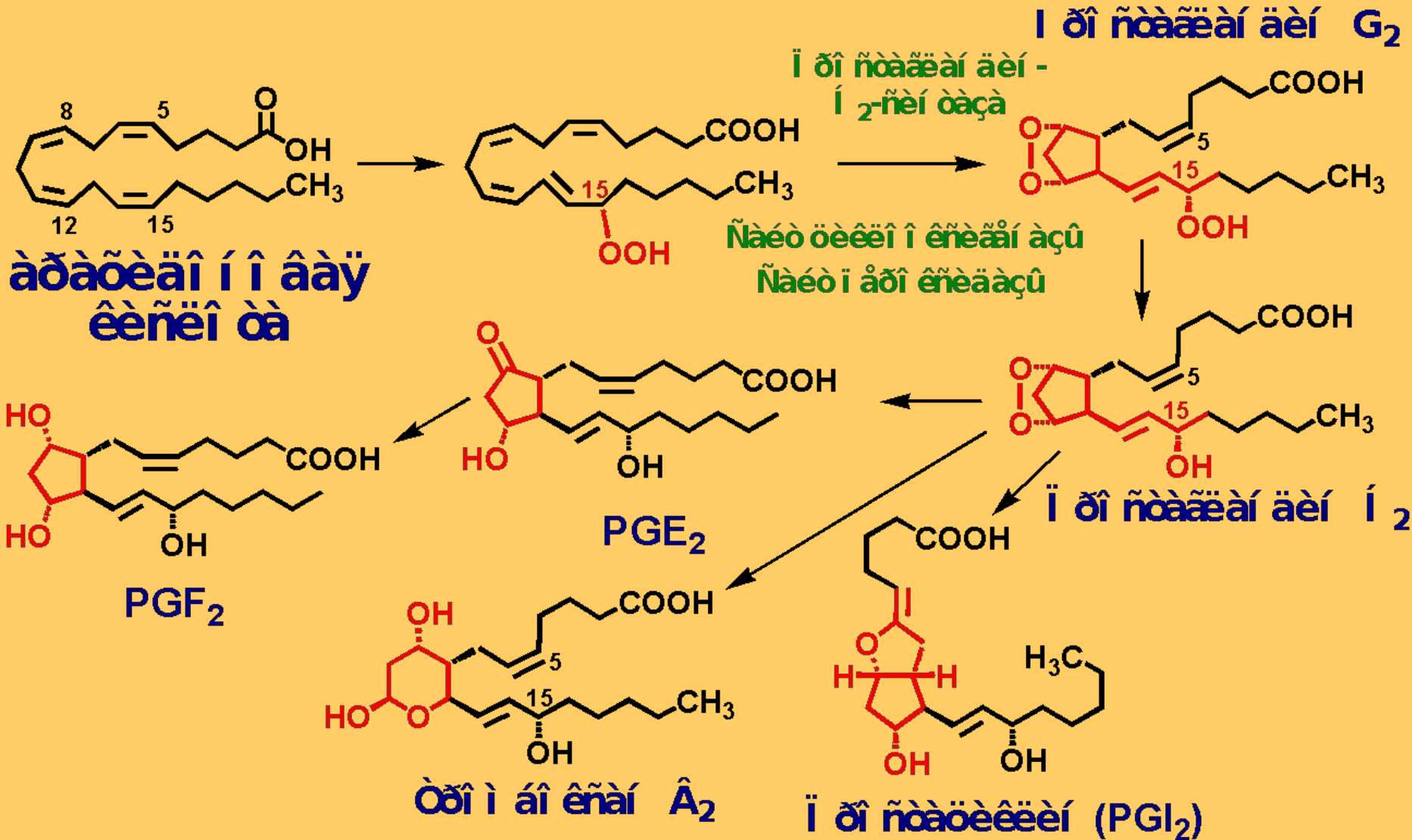


Èèî î èñèí À

Èàééî òðèáí À<sub>4</sub>



# Каскад арахидоновой К-ТЫ





# Простаноиды

25

ФЕРМЕНТАТИВНО

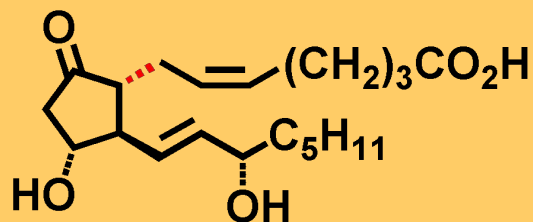
Не ферментативно

$\alpha$ - $\epsilon$  $\epsilon$  $\epsilon$   $\hat{i}$   $\epsilon$  $\hat{a}$  $\hat{i}$   $\hat{i}$   $\hat{a}$  $\hat{a}$  $\hat{y}$   $\hat{e}$ - $\hat{o}$  $\hat{a}$   $\tilde{N}18:3$

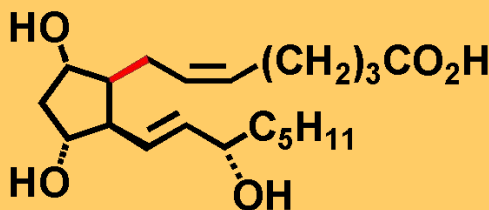
$\hat{a}$  $\hat{d}$  $\hat{a}$  $\hat{o}$  $\hat{e}$  $\hat{a}$  $\hat{i}$   $\hat{i}$   $\hat{i}$   $\hat{a}$  $\hat{a}$  $\hat{y}$   $\hat{e}$ - $\hat{o}$  $\hat{a}$   $\tilde{N}20:4$

$y$  $\epsilon$  $\epsilon$  $\hat{i}$   $\mathcal{C}$  $\hat{a}$  $\hat{i}$   $\hat{a}$  $\hat{i}$   $\hat{o}$  $\hat{a}$  $\hat{a}$  $\hat{i}$   $\hat{i}$   $\hat{a}$  $\hat{a}$  $\hat{y}$   $\hat{e}$ - $\hat{o}$  $\hat{a}$   $\tilde{N}20:5$

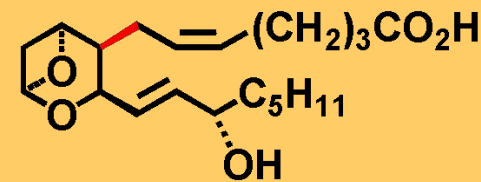
$\hat{a}$  $\hat{i}$   $\hat{e}$  $\hat{i}$   $\mathcal{C}$  $\hat{a}$  $\hat{a}$  $\hat{e}$  $\hat{n}$  $\hat{a}$  $\hat{a}$  $\hat{i}$   $\hat{i}$   $\hat{a}$  $\hat{a}$  $\hat{y}$   $\hat{e}$ - $\hat{o}$  $\hat{a}$   $\tilde{N}22:6$



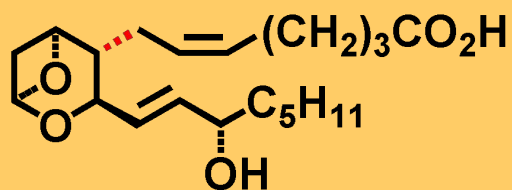
$\hat{i}$   $\hat{d}$  $\hat{i}$   $\hat{n}$  $\hat{o}$  $\hat{a}$  $\hat{a}$  $\hat{e}$  $\hat{a}$  $\hat{i}$   $\hat{a}$  $\hat{e}$  $\hat{i}$   $E_2$



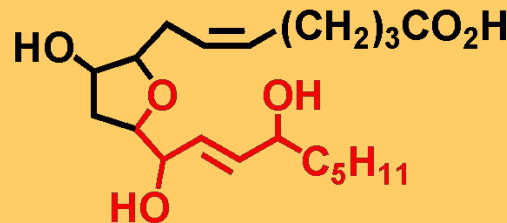
$\epsilon$  $\mathcal{C}$  $\hat{i}$   $\hat{i}$   $\hat{d}$  $\hat{i}$   $\hat{n}$  $\hat{o}$  $\hat{a}$  $\hat{i}$   $15-F_{2t}$



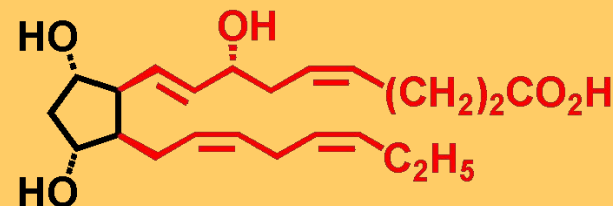
$\epsilon$  $\mathcal{C}$  $\hat{i}$   $\hat{o}$  $\hat{d}$  $\hat{i}$   $\hat{i}$   $\hat{a}$  $\hat{i}$   $\hat{e}$  $\hat{n}$  $\hat{a}$  $\hat{i}$   $15-A_2$



$\hat{o}$  $\hat{d}$  $\hat{i}$   $\hat{i}$   $\hat{a}$  $\hat{i}$   $\hat{e}$  $\hat{n}$  $\hat{a}$  $\hat{i}$   $A_2$



$\epsilon$  $\mathcal{C}$  $\hat{i}$   $\hat{o}$   $\hat{o}$  $\hat{d}$  $\hat{a}$  $\hat{i}$   $\hat{u}$



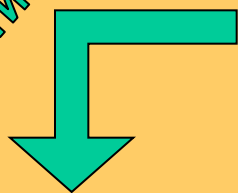
$\hat{i}$   $\hat{a}$  $\hat{e}$  $\hat{d}$  $\hat{i}$   $\hat{i}$   $\hat{d}$  $\hat{i}$   $\hat{n}$  $\hat{o}$  $\hat{a}$  $\hat{i}$   $7-F_{4t}$

Объект - животные

# Простаноиды

26

ферментативно



$\alpha$ - $\omega$ -18:3

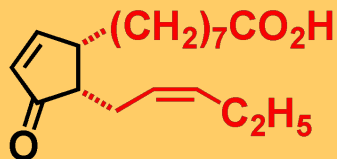
$\alpha$ - $\omega$ -20:4

$\gamma$ - $\omega$ -20:5

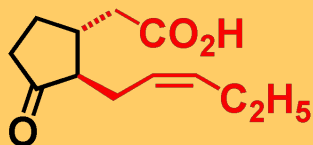
$\alpha$ - $\omega$ -22:6



не ферментативно

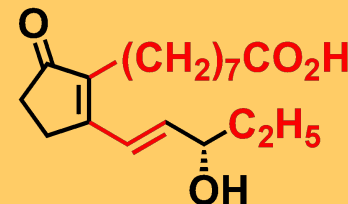


12- $\omega$ -ethyl-10-oxo- $\Delta^5$ -prostanic acid

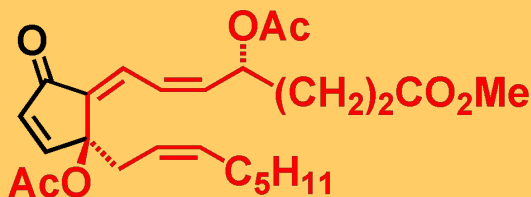


12-ethyl-10-oxo- $\Delta^5$ -prostanic acid

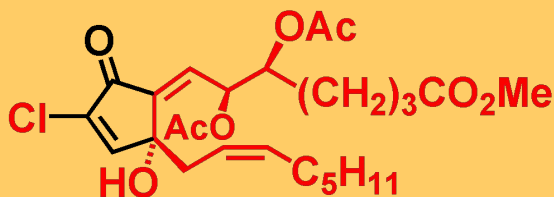
растения



6-ethyl-10-oxo- $\Delta^5$ -prostanic acid



12-ethyl-10-oxo- $\Delta^5$ -prostanic acid



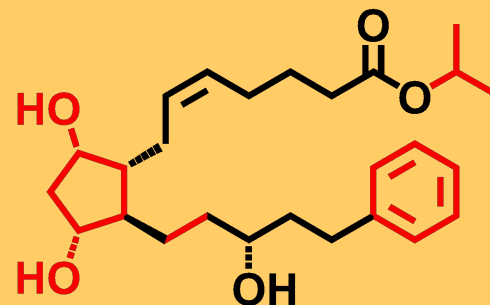
12-ethyl-10-oxo- $\Delta^5$ -prostanic acid

морские организмы

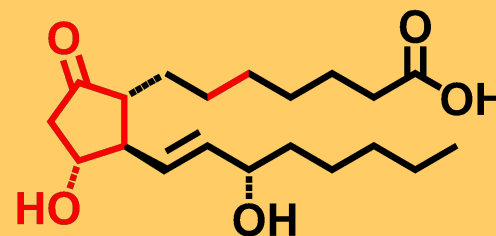
# Препараты простагландинов.

27

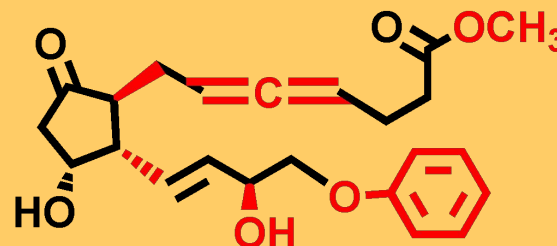
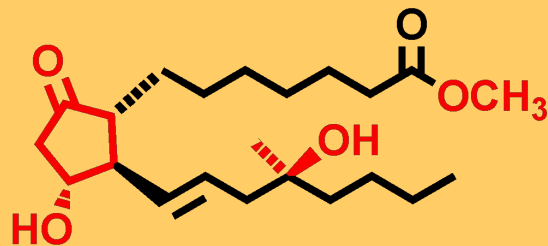
Латанопрост (Ксалатан) – антиглаукомное средство (на основе синтетического простагландина группы  $F_{2\alpha}$ ).



Алпростадил – для лечения эректильной дисфункции (на основе синтетического простагландина группы  $E_1$ ).



Мизопростол и Энпростил – противоязвенные средства (на основе синтетических простагландинов группы  $E_1$ ).



Динопрост (PGF<sub>2α</sub>) и Динопростон (PGE<sub>2</sub>) – в акушерской практике для стимулирования родовой деятельности в любой период беременности