

# Биологически активные соединения живых организмов

А.М. Чибиряев

Подготовлен в рамках реализации  
Программы развития НИУ-НГУ

**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 оксилипины.

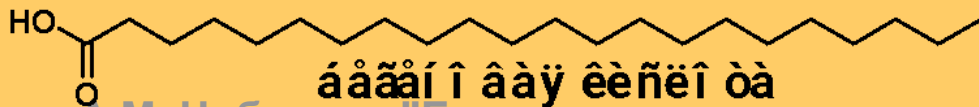
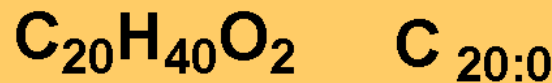
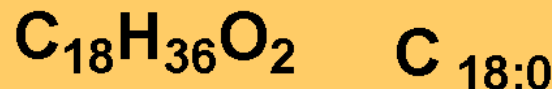
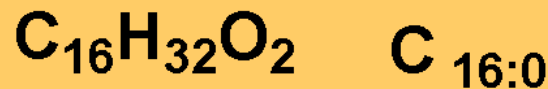
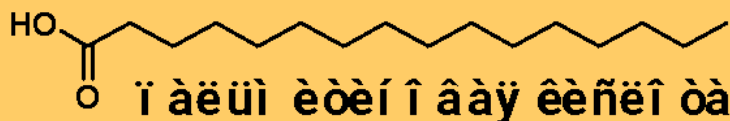
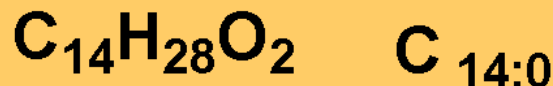
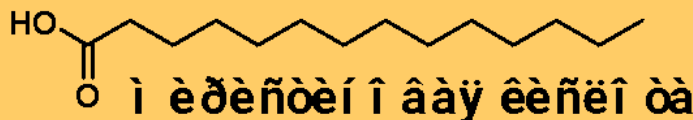


# Составные части липидов - жирные кислоты

3

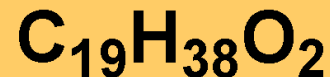
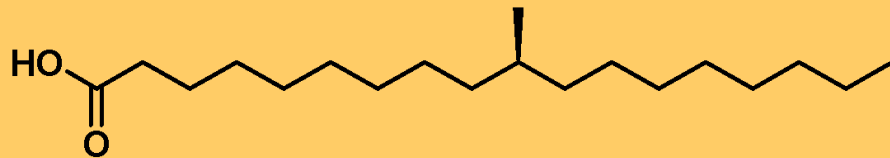
Известно более 800 жирных кислот, отличающихся по длине углеродной цепи, по степени и характеру её разветвления, числу и положению С=С связей, по природе и количеству других функциональных групп (COOH, OH, SH, NH<sub>2</sub> и др.).

Í àñû ù áí í û á æèđí û á èèñëî òû



# Составные части липидов - жирные кислоты

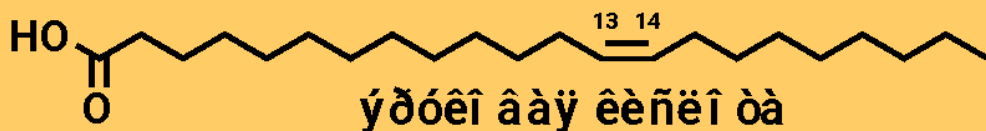
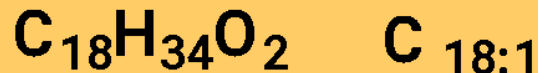
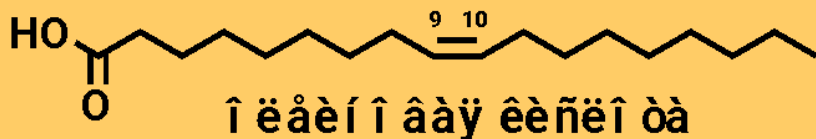
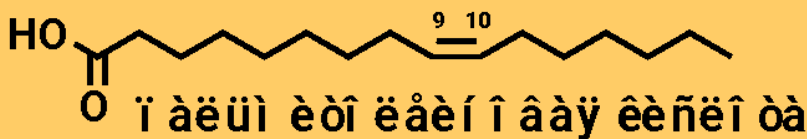
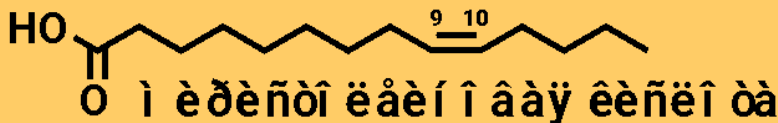
À ñî ñòàâå èèì èäîî â áàèòàððèàëüîí ù õ èëåòîì è ÷àñòîì âñòàâëåíîì òñþ ðàççàðòåäåíîì ù á æèðíîì ù á èèñëèòó, ñ òèèèì ðîòîáîðòîì ò ðàâíîáåñèè èèè ñ îî-ðîòîòîé.



òóáàððèàëüîí ñòàâëåíîì ù á æèðíîì ù á èèñëèòó

í àí àñòó ù áîòî ù á æèðíîì ù á èèñëèòó

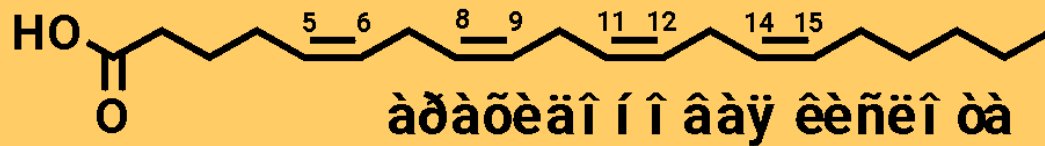
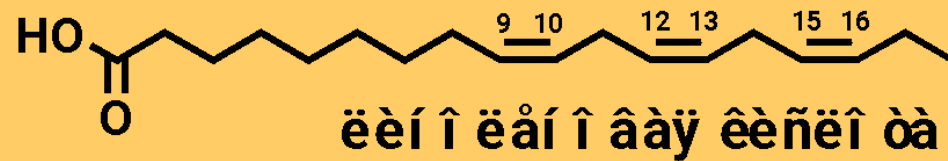
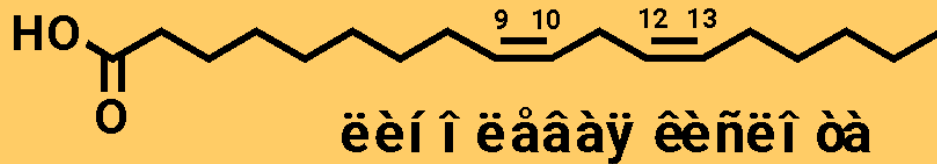
í î ñòàâëåíîì ù áîòî ù á



(î ò 42 äî 55% â î àñåä ðàî ñà è ã ð÷èòó)

## Составные части липидов - жирные кислоты

ï î ëäí î âü à



î ëäèí î âü è ëèí î ëääâü êèñëî òü ñî ñòàâëÿð ò î êî ëî 60%  
 ãñã ÆÊ ðàñòèòàëüí ù õ ì àñä.

# 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*  
 8H<sub>34</sub>O<sub>2</sub>  
 8H<sub>30</sub>O<sub>2</sub>  
 8H<sub>30</sub>O<sub>2</sub>



Масло индийских растений рода *Hydnocarpus*

*Hydnocarpus laurifolia* (*H. wightiana*) – 49% гид  
 18.3 (8t, 10t, 12c)  
*Hydnocarpus Kurzii* – 27% чаульмугровой к-ты

*Calendula officinalis*



*Cuphea leptostachya* – 82.2% каприновой кислоты 10:0  
*Cuphea polytricha* – 80.1% лауриновой кислоты 12:0

# Масло растений с необычным составом жирных кислот.

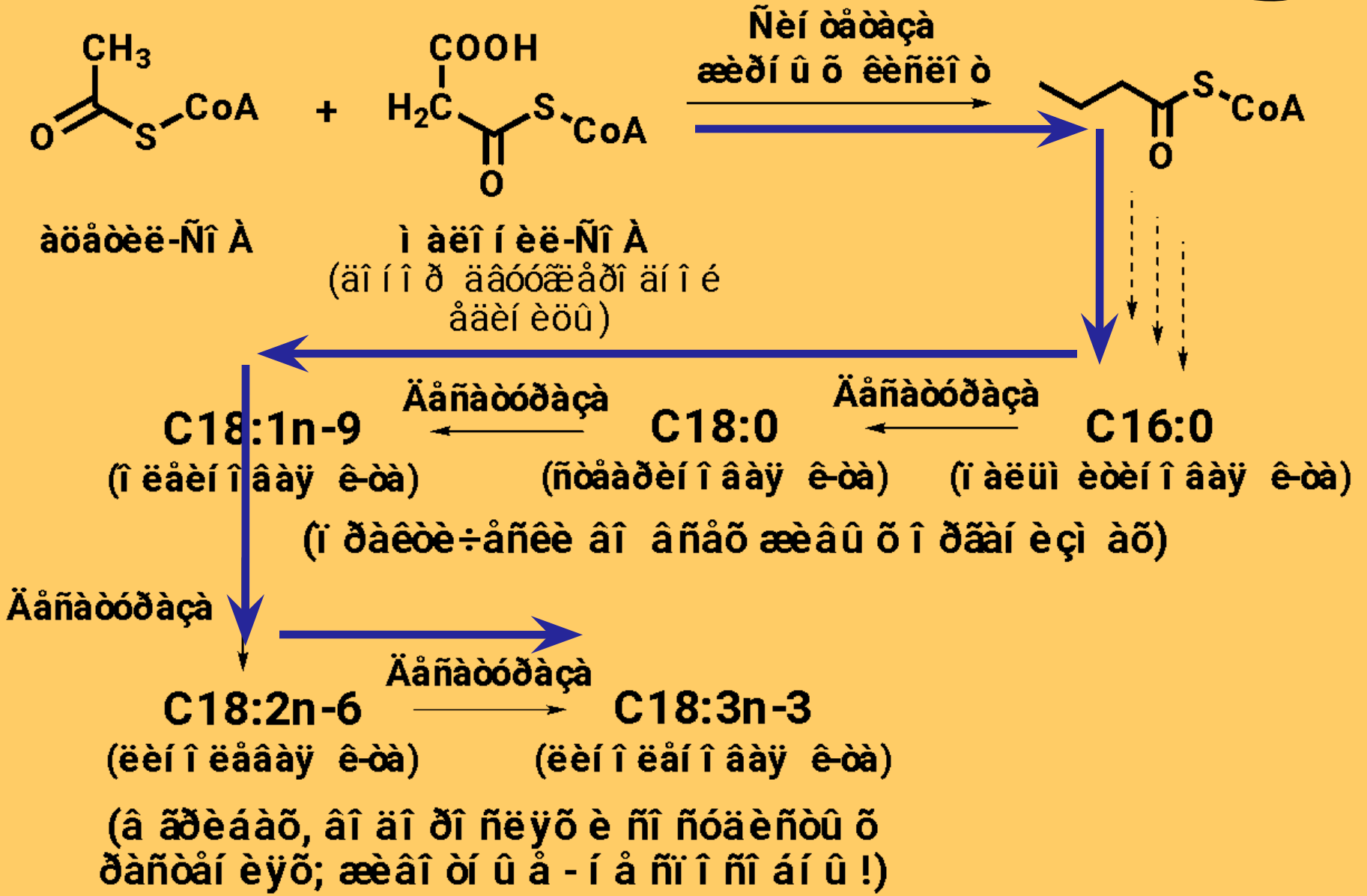
Масла с высоким содержанием стеариновой кислоты (18:0):

**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.;**

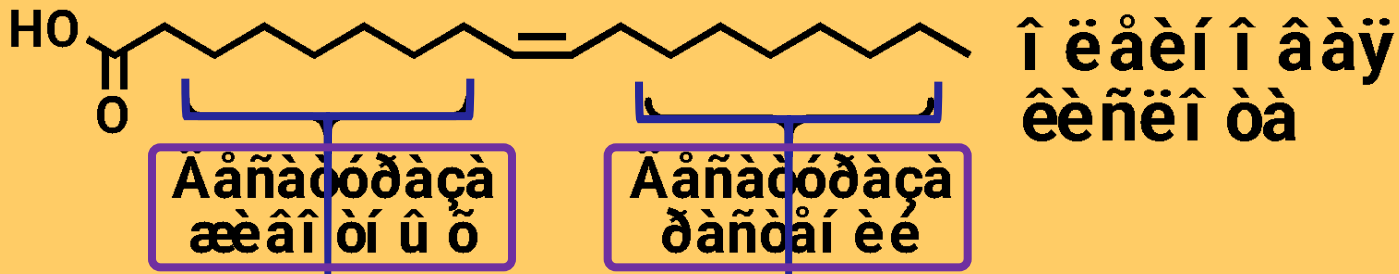
**масло масляного дерева карите (*Butyrospermum parkii*) – 44.3% (+ 45.6% олеиновой кислоты); в 1979 году было произведено 35 тыс. т.**

# Биосинтез жирных кислот





# Биосинтез жирных кислот



È è í î ë å à à ÿ è è è í î ë å á í â à ÿ ê ñ ë î ò ù í à ñ è í ò à ç è ð ó þ ò ÿ â  
 î ð å à í è ç ì à õ â û ñ ø è õ æ è â î ó í û õ, í î í á î á ó ì ä è ì û ä ë ÿ í î ð ì à ë ü í â  
 æ è ð ì â î ã î á ì á í à => ÿ å ë ÿ þ ò ÿ í à ç à í è ì û ì è è ñ ë î ò à ì è.

# Биосинтез полиеновых кислот.

Ê-òû è è í î ë å â î ã ð ÿ ä à

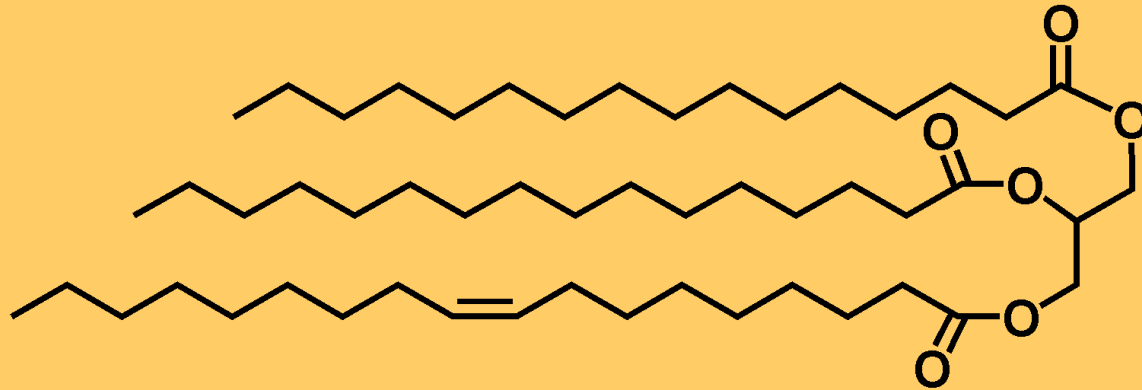
18:2n-6 → 18:3n-6 → 20:3n-6 → 20:4n-6 → 22:4n-6 → 22:5n-6

Ê-òû è è í î ë å á í â î ã ð ÿ ä à

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

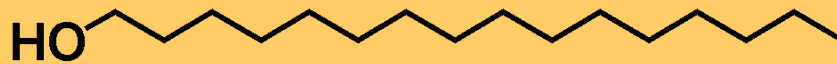
(ì ð à è ò è ÷ à ñ è è â î â ñ à õ æ è â û õ î ð å à í è ç ì à õ, ê ð ì ì à æ è â î ó í û õ-  
 ò è ù í è è î â è ö å à ò è î â û õ ð à ñ ò à í è é!)

# Простые липиды – жиры.



òðèàöèëæèöåðèí û (æèðû )

# Составные простых липидов – жирные спирты.



öåðèëî âû é ñî èðò

$C_{16}H_{33}OH$



öåðèëî âû é ñî èðò

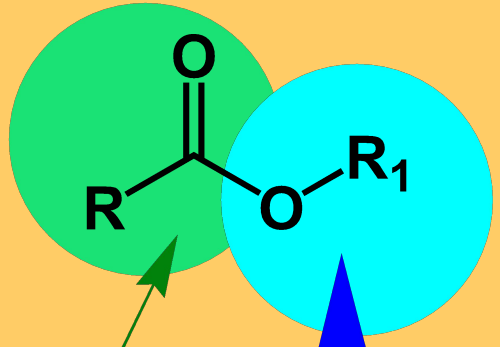
$C_{26}H_{53}OH$



öåðèëî âû é ñî èðò

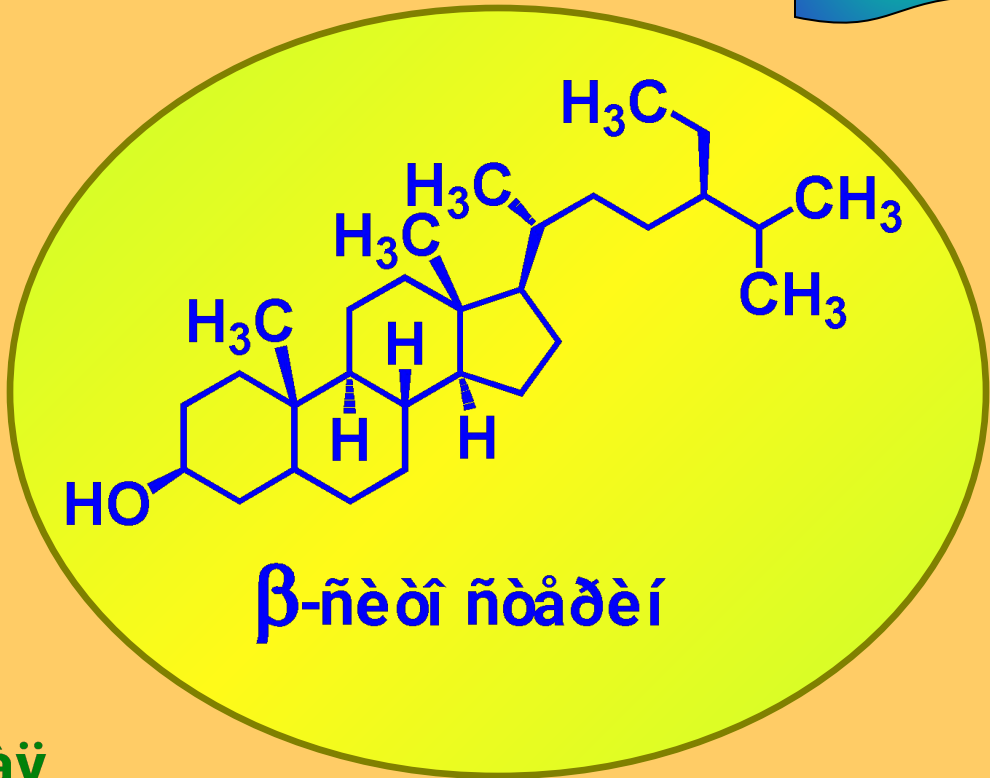
$C_{30}H_{61}OH$

# Простые липиды – воски.



Группа R  
 группа R<sub>1</sub>

Группа R<sub>1</sub>



β-ситостерин

$C_{15}H_{31}NOH$  - пальмитин

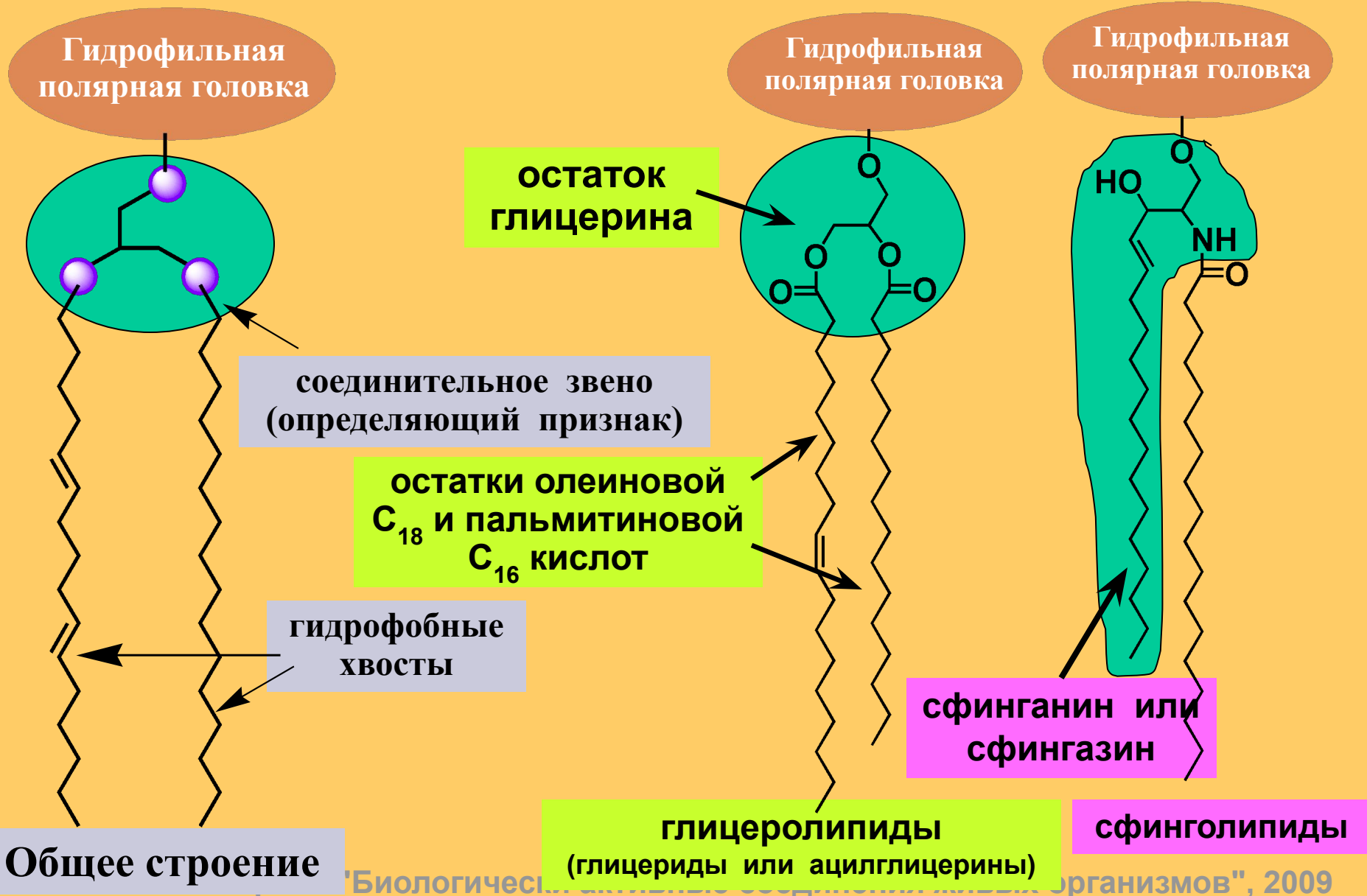
$C_{25}H_{51}NOH$  - стеарин

$C_{19}H_{39}NOH$  - холестерин

$n-C_{30}H_{61}OH$  - триаколан

# Первичная классификация липидов биологических мембран

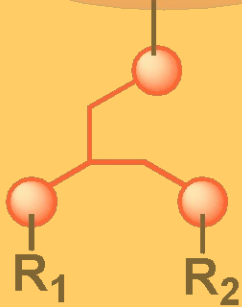
15



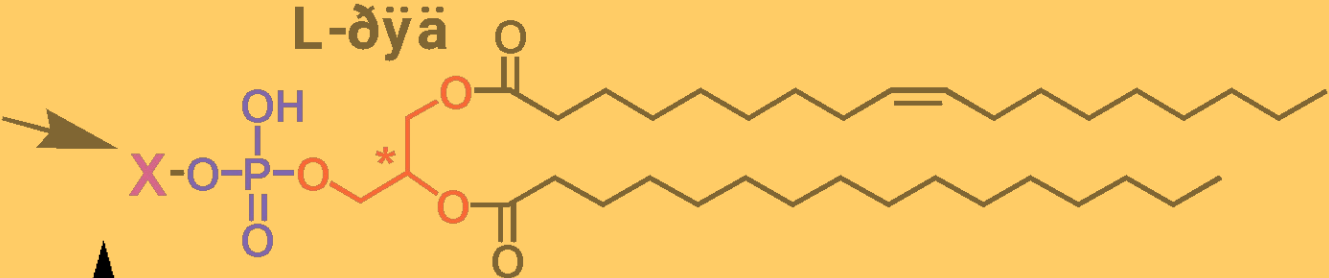


# Фосфолипиды – главные компоненты биологических мембран

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



Гидрофильная группа



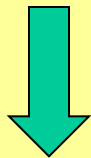
X – это группа, которая определяет свойства фосфолипидов.
   
 \* – это место, где происходит гидролиз фосфолипидов.

**О = Í - ô î ñô àèäî âàÿ êèñëî à**

(1-5% î ò î áù åãî êî èè÷ãñòâà ô î ñô î èèî èäî â; í àéääáí à  
 â òèàí ÿõ æèâî òí ù õ, ðàñòàí èé è ì èêðî î ðãàí èçî î â;  
 î ðãäø åñòâáí í èê âñãõ äðóæèõ æèèöãðî î î ñô î èèî èäî â)

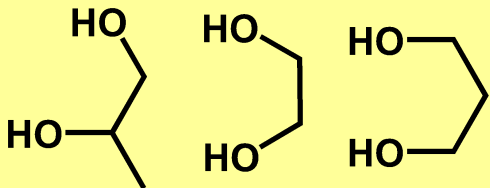
# Составные части липидов биологических мембран

жирные кислоты

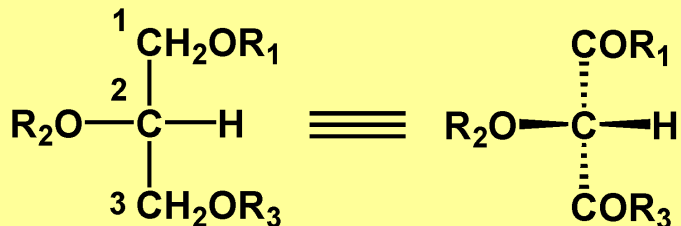


более 50% от встречающихся в природе

ЖК + глицерин (или другие полиолы)



триглицериды



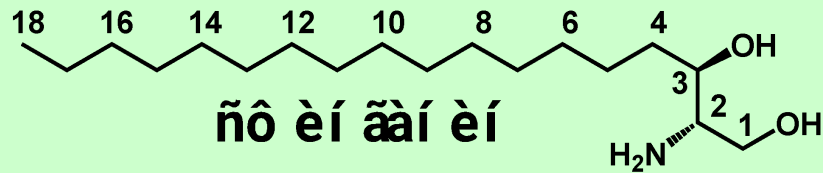
липиды

сфинголипиды



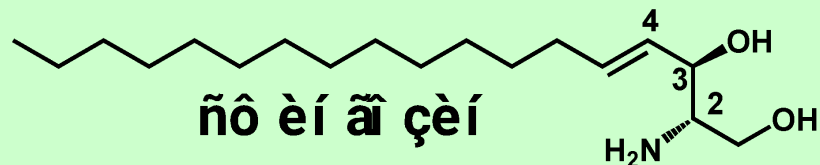
Строительный материал нервных тканей и мозга

жирные кислоты + сфингозиновые основания



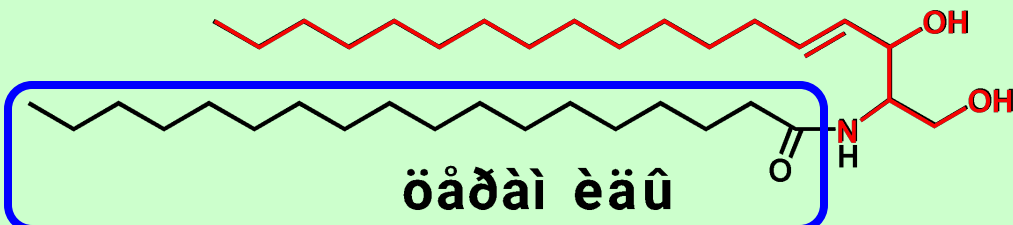
сфингозин

(2S, 3R)-2-амино-3-гидрокси-1,3-дигидро-2H-1,4-бензотиазин-4-он



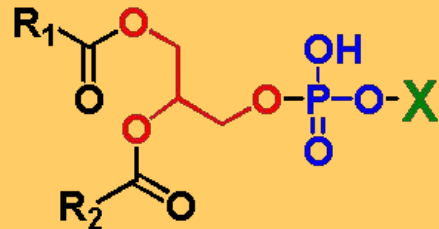
сфингозин

(2S, 3R, 4A)-2-амино-4-гидрокси-1,3-дигидро-2H-1,4-бензотиазин-4-он



сфинголипид

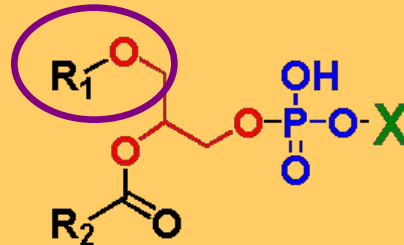
Àèàöèëüí û á  
æèëöäđî ô î ñô î èèì èäû



ô î ñô àèèäèè

(î áýçàòäëüí û é  
èì ì î í í áí ò áí èüø éí ñòää  
ì àì áðáí æèáí òí û ò,  
ðàñòèòäëüí û ò è  
áàèòäðèàèüí û ò èèäòí è)

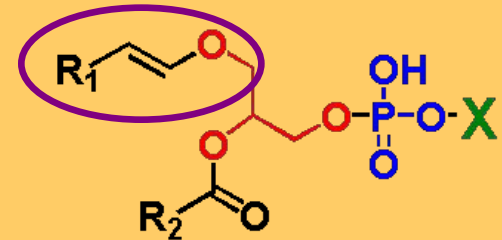
Àèèèèàöèëüí û á  
æèèöäđî ô î ñô î èèì èäû



î èàçì áí èè

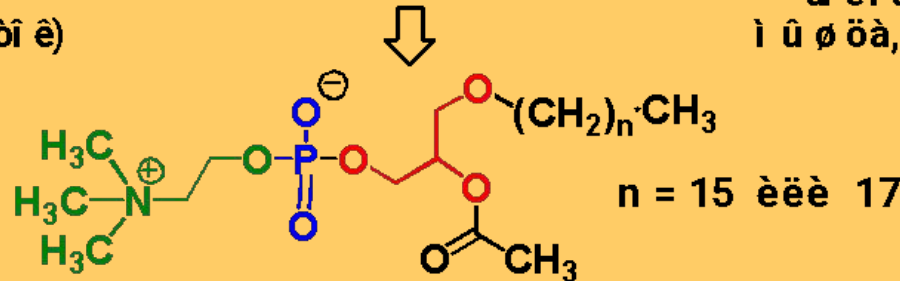
(÷àñòí àñòðä÷ààòñý á òèáí ýò  
æèáí òí û ò í ðääí èçì í á ì í ðáé  
è í èááí í á)

Ï èàçì àèì äáí û



î èàçì áí èè

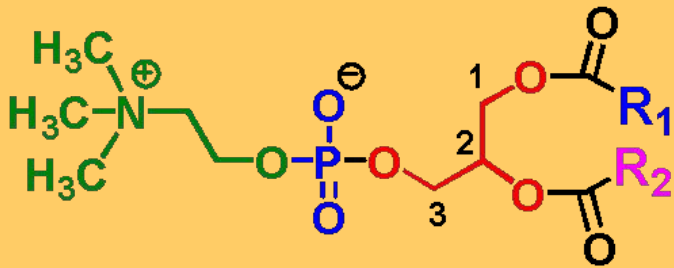
(áí 22% ì ò í áú ááí èì èè÷àñòää  
ò í ñô î èèì èäí á; á í ðääí èçì á  
÷àèì áàèà - í áðáí ú á òèáí è,  
á èì áí í é ì í çá, ñáðäá÷í àý  
ì ú ø òà, í äáí í ÷á÷í èèè, ñí áðì à)



Òðí ì áí öèòàèòèâèðóð ù èé ô àèòí ð

(á èì í òáí ððàöèýò <1 í áí ì ì èü èçì áí ýàò ì ì ðò í èì æð òðí ì áí öèòí á, áú çú áääò èò  
áääääöèð è ì ðèáí àèò è áú ñáí áí æááí èð 5-æäðí èñèòðèì òàì éí à; ó÷àñòáóòò á ðàçàèòèè  
ðýää ì ñòðú ò àèèäðæ÷àñèè è áí ñí àèèòäëüí û ò ðáàèòèé ó æèáí òí û ò è ÷àèì áàèà)

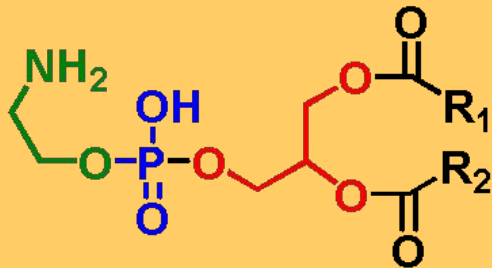
# Фосфолипиды



R<sub>1</sub>CO, R<sub>2</sub>CO - преимущественно C<sub>16</sub>- и C<sub>18</sub>-кислоты, причем R<sub>1</sub> - насыщенные, а R<sub>2</sub> - ненасыщенные.

## Фосфолипиды

Входят в состав мембран, обеспечивают текучесть и эластичность. В мембранах образуют липидный бислой. В мембранах образуют липидный бислой. В мембранах образуют липидный бислой.



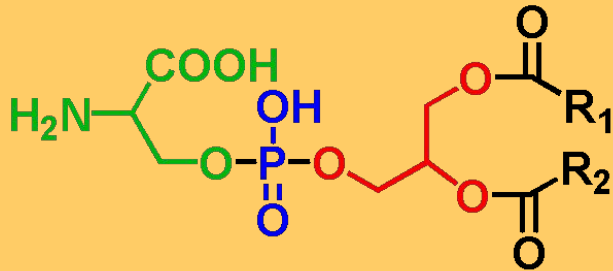
Входят в состав мембран, обеспечивают текучесть и эластичность. В мембранах образуют липидный бислой. В мембранах образуют липидный бислой. В мембранах образуют липидный бислой.

## Фосфолипиды

Входят в состав мембран, обеспечивают текучесть и эластичность. В мембранах образуют липидный бислой. В мембранах образуют липидный бислой. В мембранах образуют липидный бислой.



# Фосфолипиды

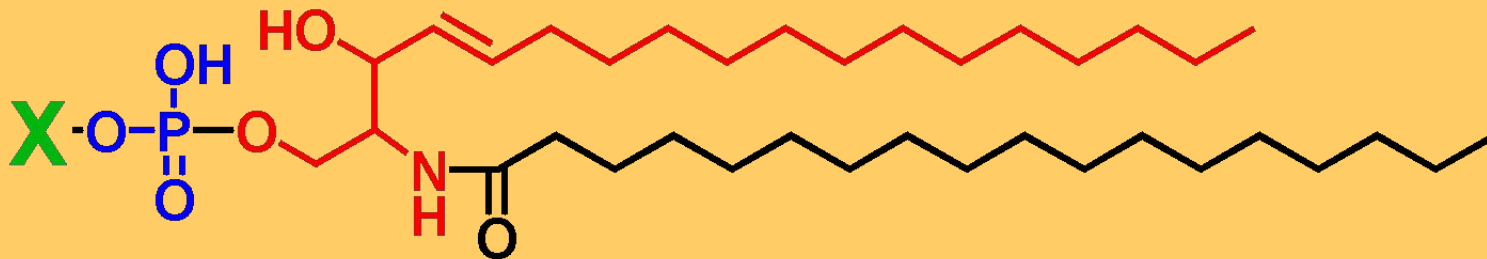


Äî 10-15% î ò î áù áã êî èè÷ãñòâà  
 ô î ñô î èèì èäî â â òèáí ýõ ì èãèî ì èòàð -  
 ù èõñý. Èî èæèèçàöèý: ì î çã, ñãðãöã,  
 ï á÷áí ü, ï î ÷èè, ñãèãç, í èà, è, ãèèã.

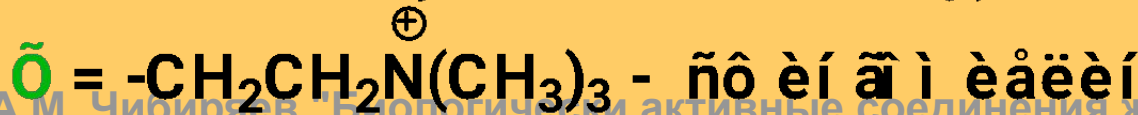
## Ô î ñô àèèèèñãðèí ù

Âù ñòóí àãò ðããóèýòí ðí ì àèèèáí î ñèè ðýãà ì àì áðáí î ñãýçáí í ù õ  
 ô áðì áí òí â; ýãèýãòñý ì ðããø ãñòãáí í èèì ì ï ðè áèè ñèí òãçã  
 ô î ñô àèèèèýòáí î èàì èí î â.

## Ñô èí ãñ ô î ñô î èèì èäù .



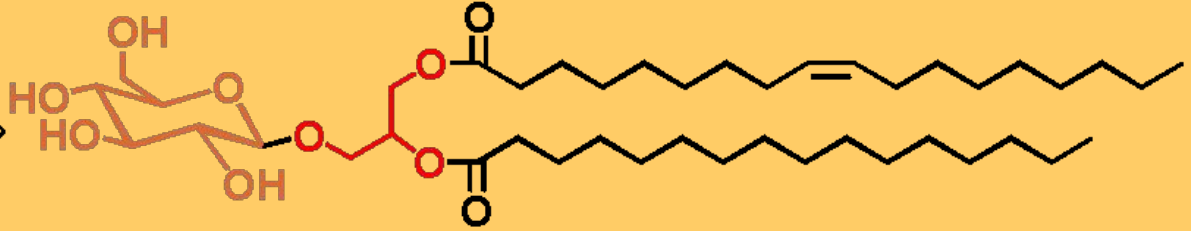
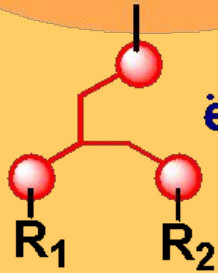
(ñèí æí ù é ýõ èð ô î ñô î ðí î é èèñèî ù è  
 ñô èí ãñ çèí î âí ãñ î ñí î ááí èý)



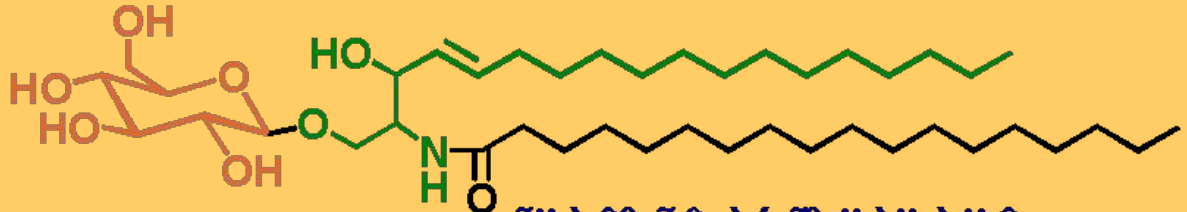
# Фосфолипиды

Аёёёёî ëèî èäû .

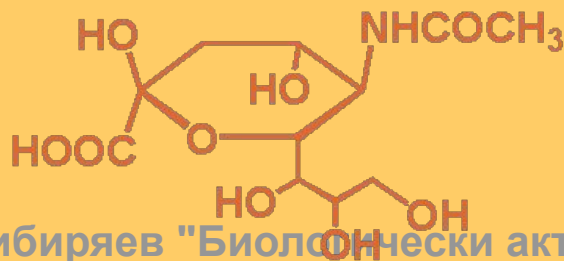
ãèäðî ô èëüí àÿ  
î î ëÿðí àÿ ãî èî âèà



ãèèèî ãèèöäðî ëèî èäû



ãèèèî ñò èí ãî ëèî èäû

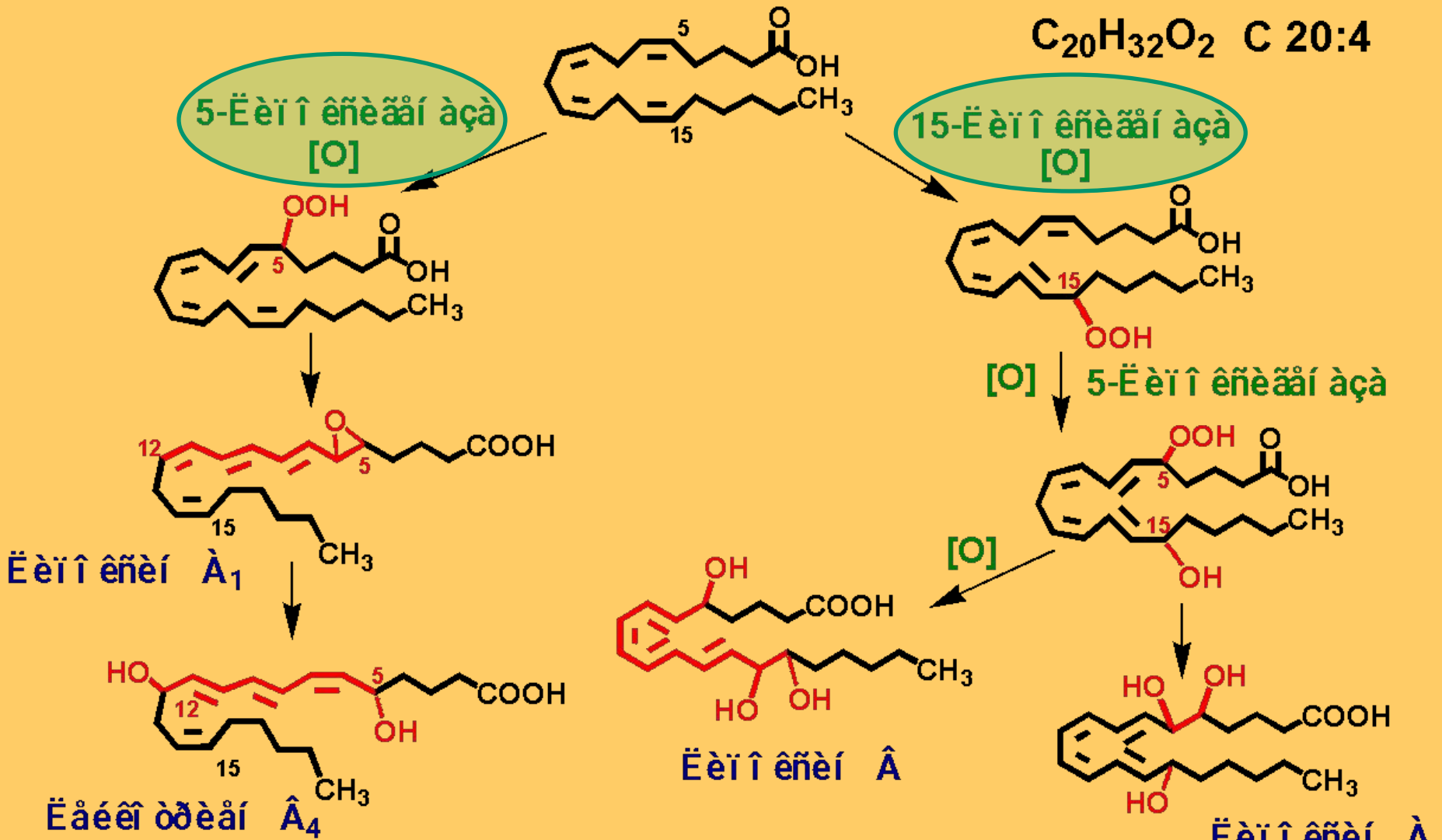


Ñèàèî âàÿ èèñèî à  
(N-àöäòèèí áéðàí èí î âàÿ èèñèî òù ),  
âðî àèò â ñî ñòàâ ãàí ãèèè çèàí á

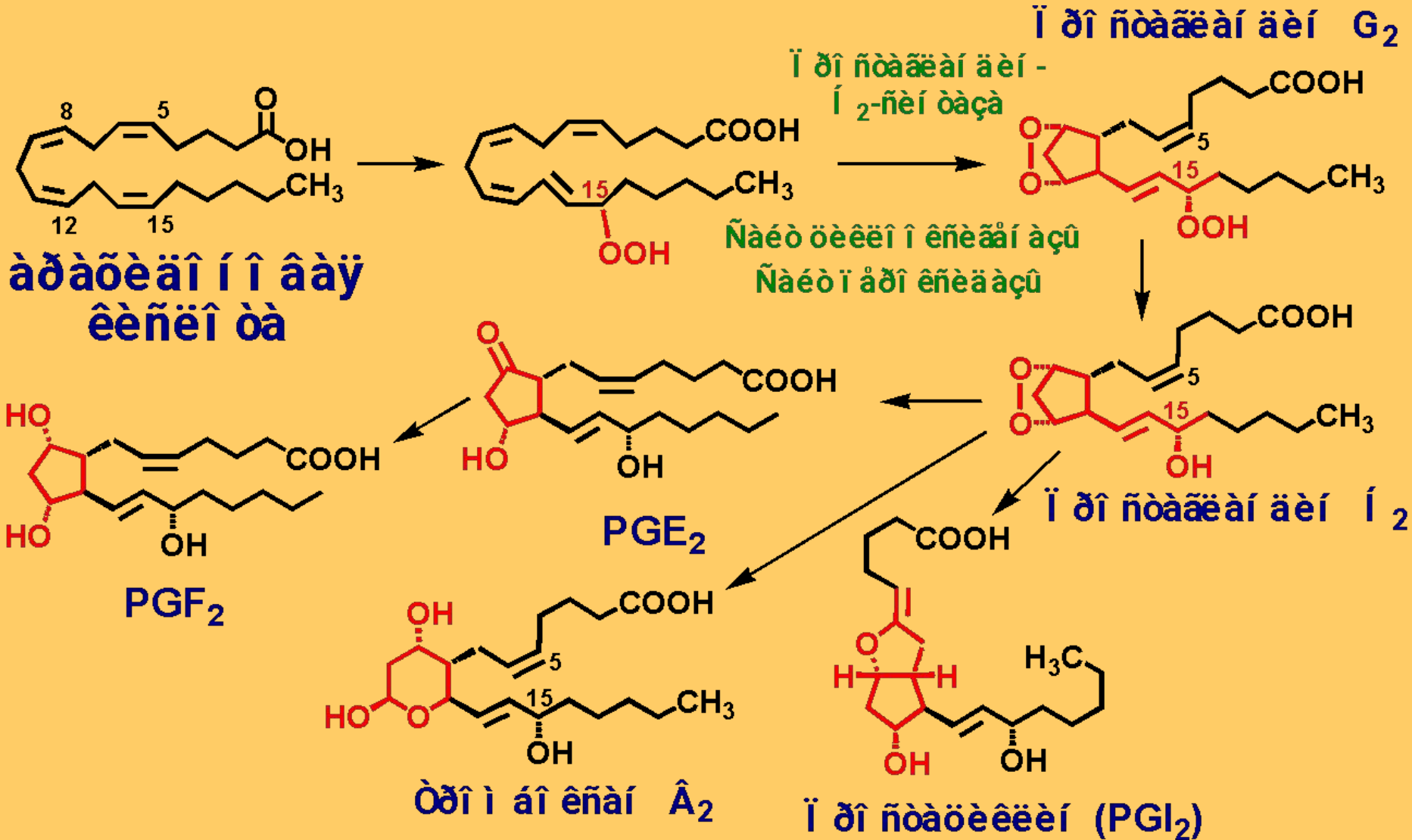
# Каскад арахидоновой К-ТЫ

àđàõèäî í î âàÿ êèñèî òà

Öèñ, öèñ, öèñ, öèñ - Ýéè çà-5,8,11,14-òàòðàáî î âàÿ êèñèî òà

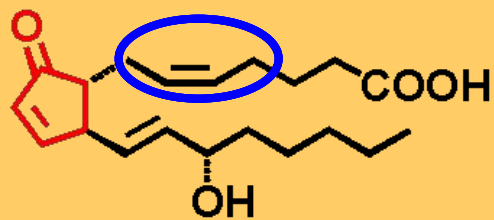


# Каскад арахидоновой К-ТЫ

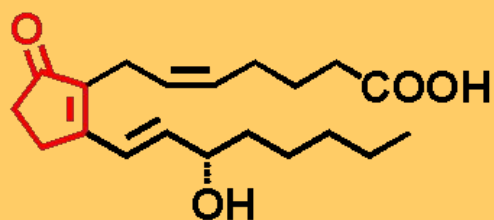


# Простагландины

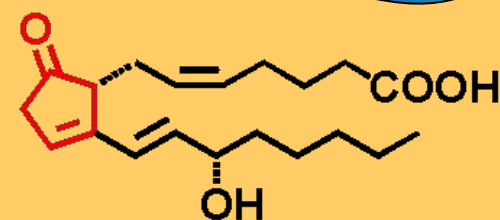
24



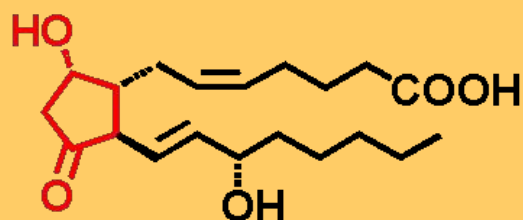
$\text{PGA}_2$



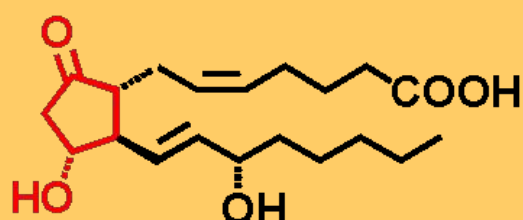
$\text{PGB}_2$



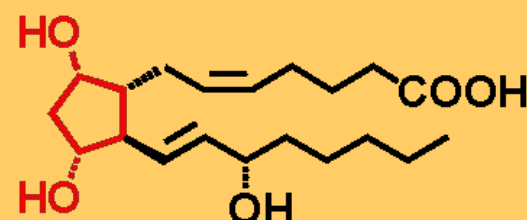
$\text{PGC}_2$



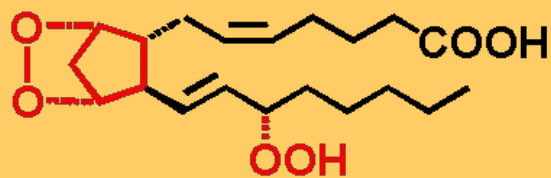
$\text{PGD}_2$



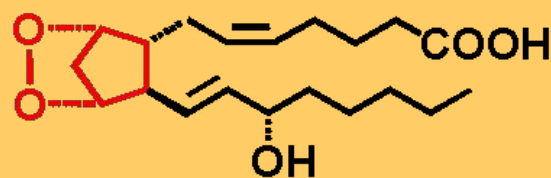
$\text{PGE}_2$



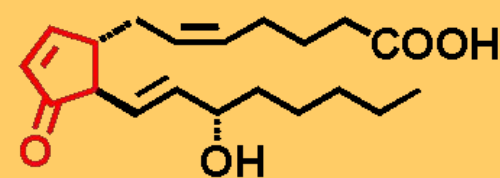
$\text{PGF}_2$



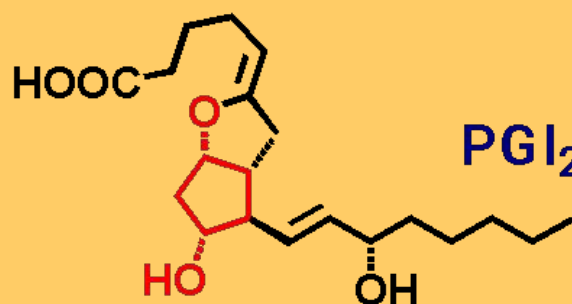
$\text{PGG}_2$



$\text{PGH}_2$



$\text{PGJ}_2$



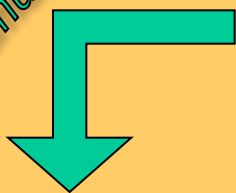
$\text{PGI}_2$  (i ðî ñàòèèèèèì )



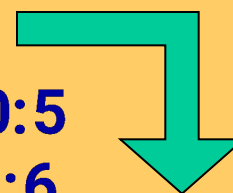
# Простаноиды

25

ферментативно



не ферментативно

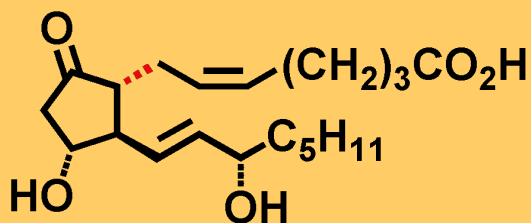


$\alpha$ - $\omega$  18:3

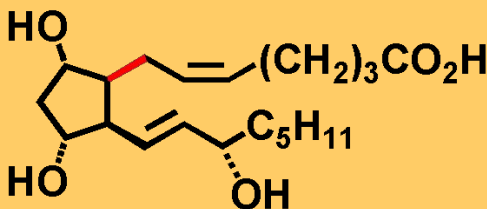
$\alpha$ - $\omega$  20:4

$\alpha$ - $\omega$  20:5

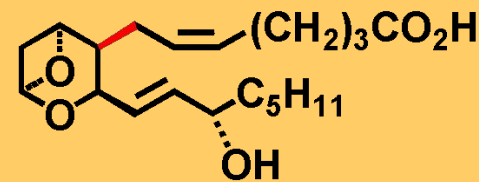
$\alpha$ - $\omega$  22:6



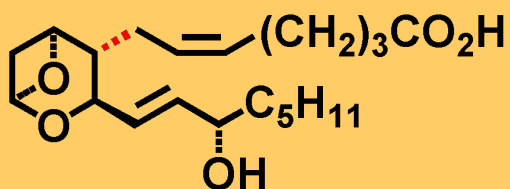
$E_2$



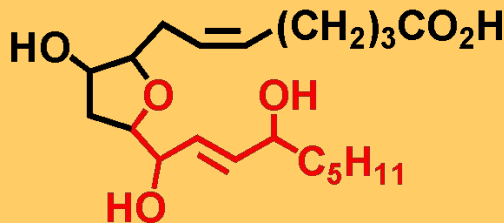
15-F<sub>2t</sub>



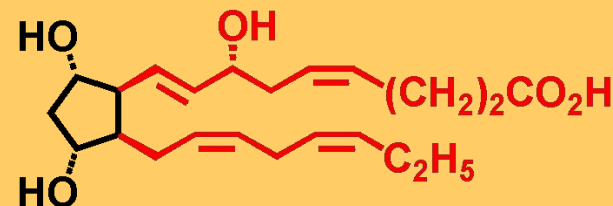
15-A<sub>2</sub>



A<sub>2</sub>



7-F<sub>4t</sub>

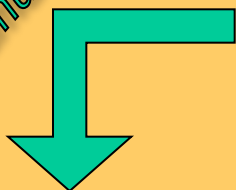


7-F<sub>4t</sub>

Объект - животные

# Простаноиды

ферментативно



не ферментативно

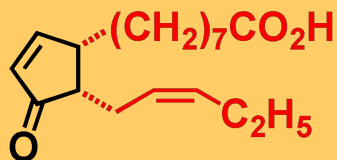


$\alpha$ - $\omega$   $\text{C}_{18}$ :3

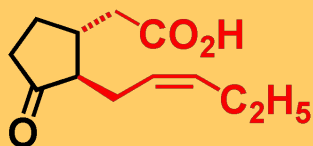
$\alpha$ - $\omega$   $\text{C}_{20}$ :4

$\gamma$ - $\omega$   $\text{C}_{20}$ :5

$\alpha$ - $\omega$   $\text{C}_{22}$ :6

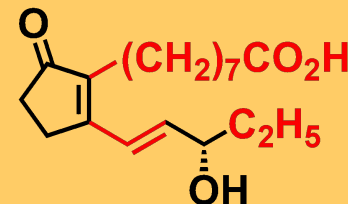


$\text{C}_{12}$ - $\omega$   $\text{C}_{18}$ :3

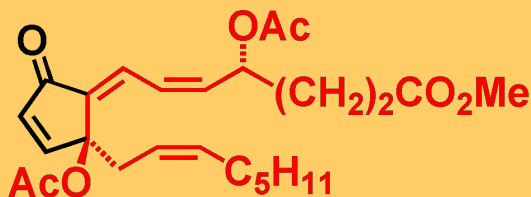


$\alpha$ - $\omega$   $\text{C}_{18}$ :3

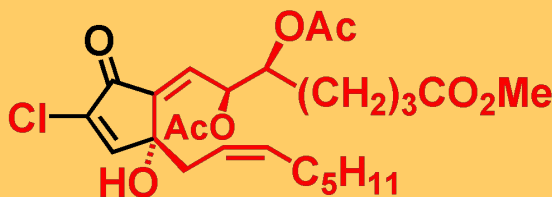
растения



$\omega$ - $\text{C}_{18}$ :3



$\omega$ - $\text{C}_{18}$ :3



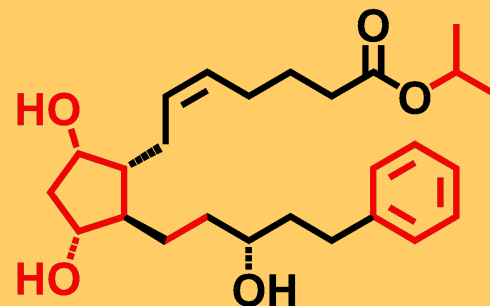
$\omega$ - $\text{C}_{18}$ :3

морские организмы

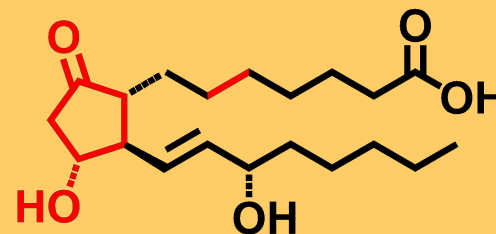
# Препараты простагландинов.

27

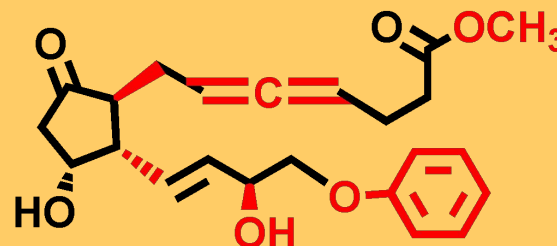
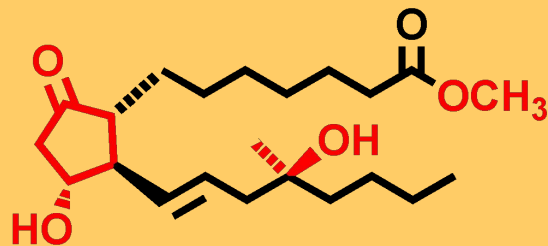
Латанопрост (Ксалатан) – антиглаукомное средство (на основе синтетического простагландина группы  $F_{2\alpha}$ ).



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