

Биологически активные соединения живых организмов

Мультимедийный курс для студентов
старших курсов ФЕН и МедФ

А.М. Чибирияев

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, NH₂ и др.).

Í àñû ù áí í û á æøđí û á èèñëî ù



Составные части липидов - жирные кислоты

ï î ëèáí î âùâ



ëèí î ëääâÿ êèñëî òà



ëèí î ëáí î âàÿ êèñëî òà



àðàõèäî í î âàÿ êèñëî òà

î ëääèí î âàÿ è ëèí î ëääâÿ 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)
Всего по группе	18.2 (57.7)	27.1 (63.2)	44.6 (69.9)	66.9 (75.5)	90.0 (78.5)
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)
Всего по группе	13.3 (42.3)	15.8 (36.8)	19.2 (30.1)	21.7 (24.5)	24.5 (31.5)
ВСЕГО	31.5	42.9	63.8	88.6	114.5

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 производство – 12-OH-18:1 (9t) рицинолевой кислоты
 $C_{18}H_{30}O_2$

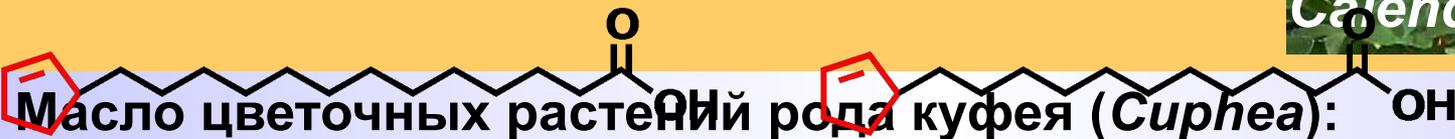


Calendula officinalis

Масло индийских растений рода *Hydnocarpus*

Hydnocarpus laurifolia (*H. wightiana*) – 49% гид

Hydnocarpus Kurzii – 27% чаульмугровой к-ты



Cuphea tenuifolia – 82.2% каприновой кислоты 10:0

Cuphea palustris – 80.1% лауриновой кислоты 12:0

Масло растений с необычным составом жирных кислот.

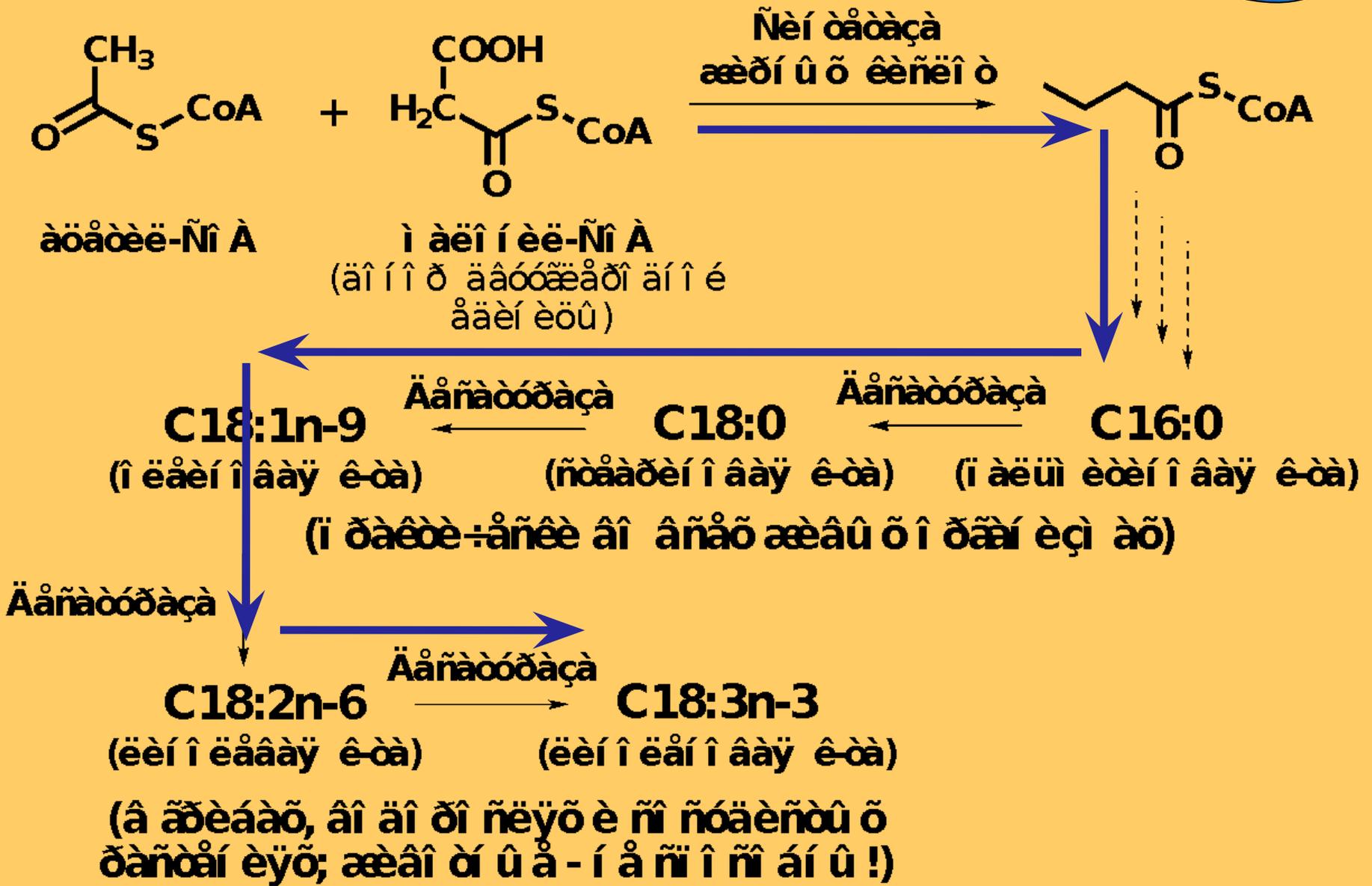
Масла с высоким содержанием стеариновой кислоты (18:0):

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



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

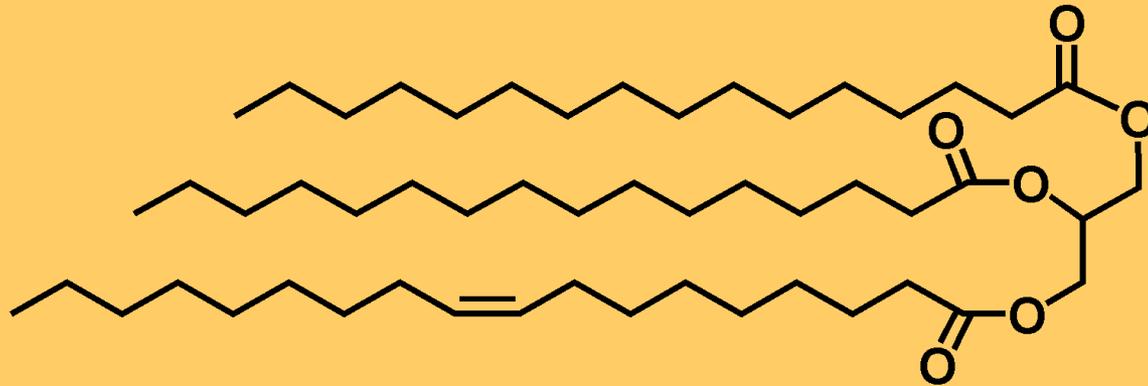
Биосинтез полиеновых кислот.

Ê-òù èèí î ëáâí ã đÿäà
 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 đÿäà
 18:3n-3 → 18:4n-3 → 20:4n-3 → 20:5n-3 → 22:5n-3 → 22:6n-3

(í đàèèè ÷áñèè âí âñño æèâú õ î đãáí èçì àõ, êđí ì á æèâí òí ù õ-
 òèù í èéí â è òááòèí âú õ ðàññoáí èé!)

Простые липиды – жиры.



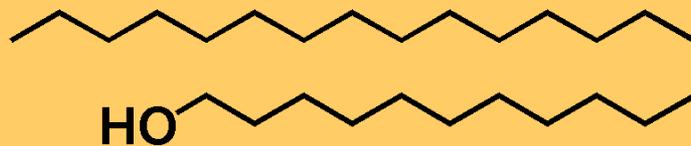
одеаөеëãëöåдеі û (æèđû)

Составные простых липидов – жирные спирты.



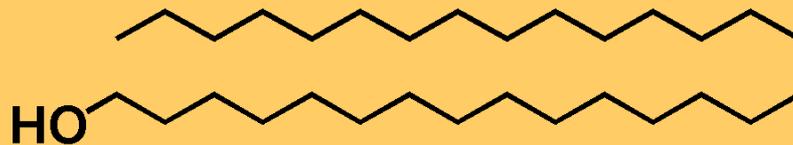
оåòеëі âû é ñі èđò

C₁₆H₃₃OH



оåðеëі âû é ñі èđò

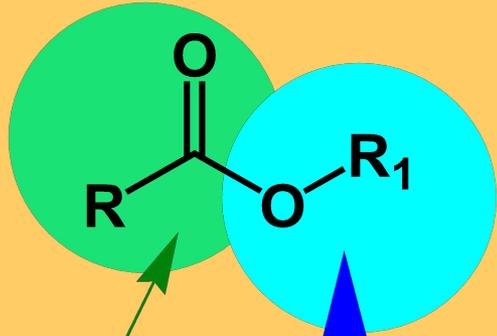
C₂₆H₅₃OH



і èðеөеëі âû é ñі èđò

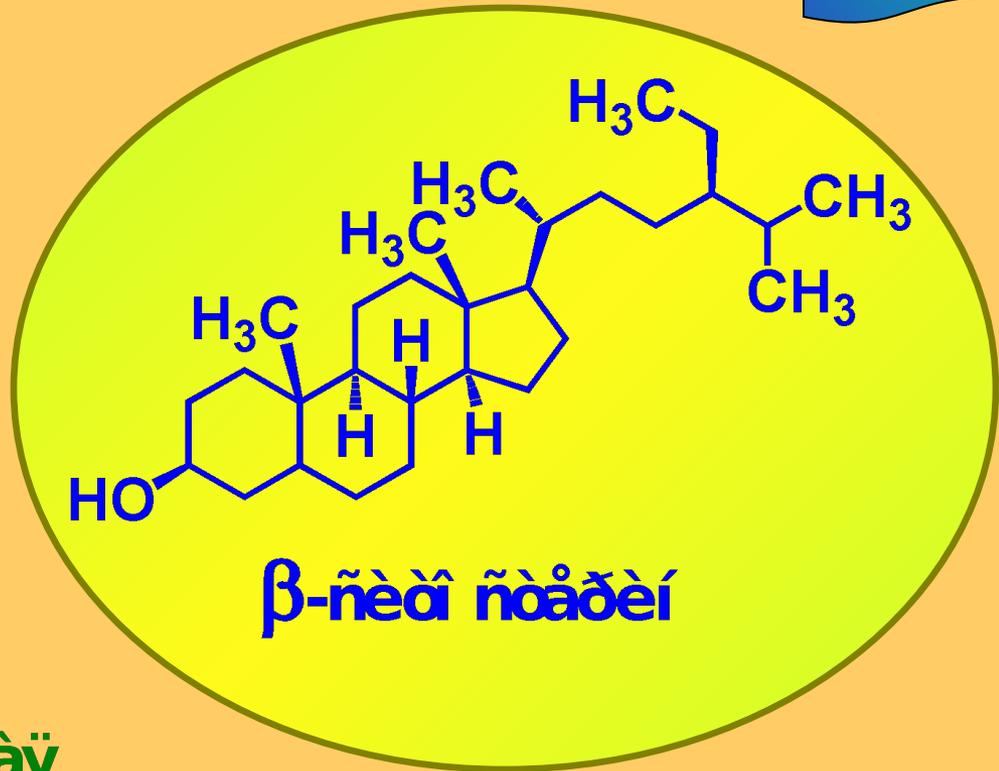
C₃₀H₆₁OH

Простые липиды – воски.



Группа R
 группа R₁

Группа R₁



β-ситостерин

$C_{15}H_{31}OH$ - пентадекан-1-ол

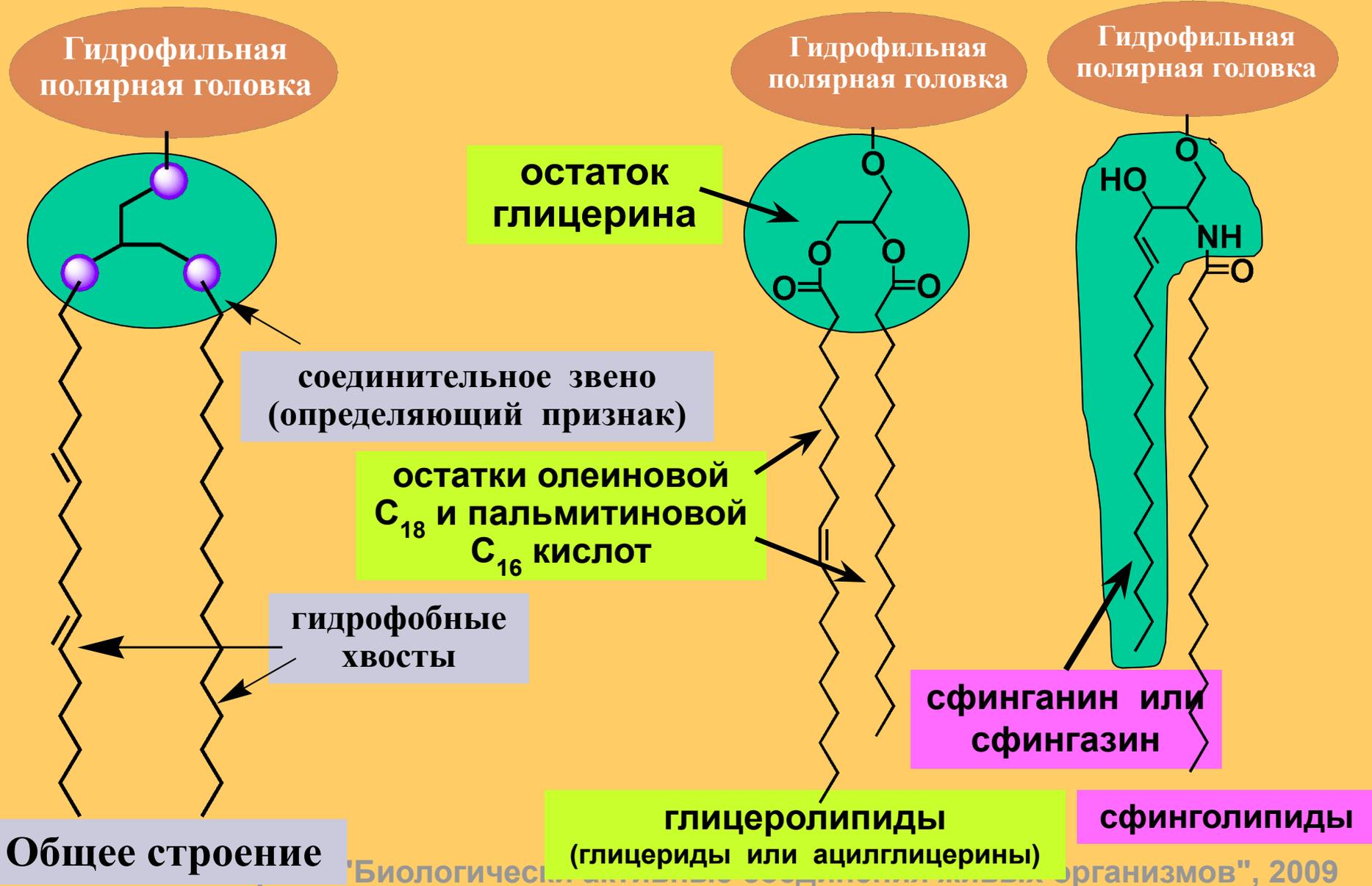
$C_{25}H_{51}OH$ - пентакадакан-1-ол

$C_{19}H_{39}OH$ - нондекан-1-ол

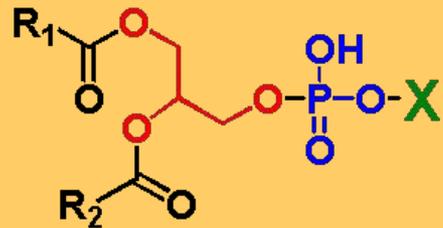
$n-C_{30}H_{61}OH$ - триаконтан-1-ол

Первичная классификация липидов биологических мембран

15



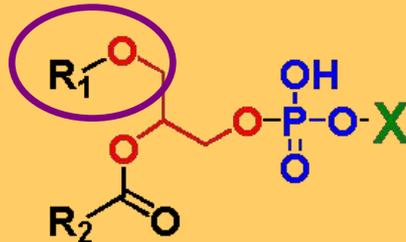
Диацетилфосфатиды
 $\text{R}_1\text{COOCH}_2\text{CH}(\text{R}_2\text{COO})\text{CH}_2\text{OPO}_3\text{X}$



Они являются

основными компонентами
 мембраны, обеспечивая
 ее текучесть и эластичность

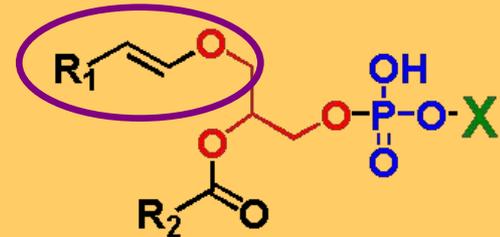
Моноацилфосфатиды
 $\text{R}_1\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OPO}_3\text{X}$



они являются

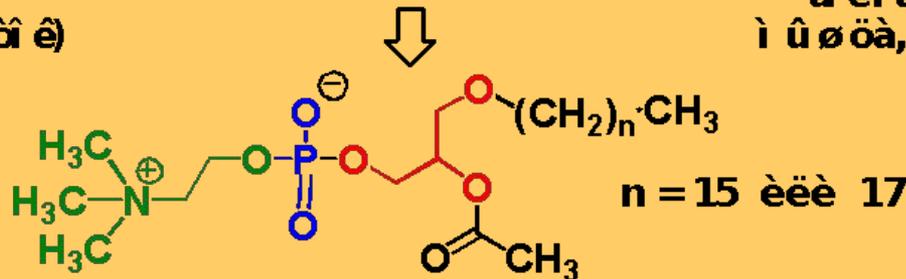
основными компонентами
 мембраны, обеспечивая
 ее текучесть и эластичность

Глицерофосфатиды
 $\text{R}_1\text{CH=CHCOOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OPO}_3\text{X}$



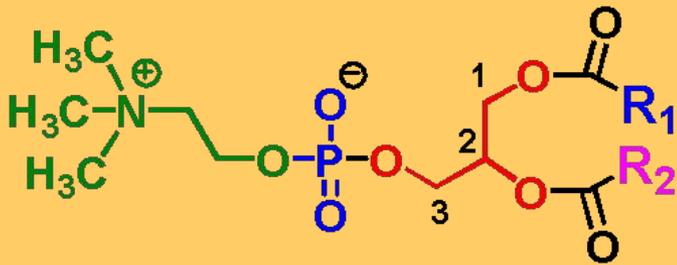
они являются

основными компонентами
 мембраны, обеспечивая
 ее текучесть и эластичность



Они являются

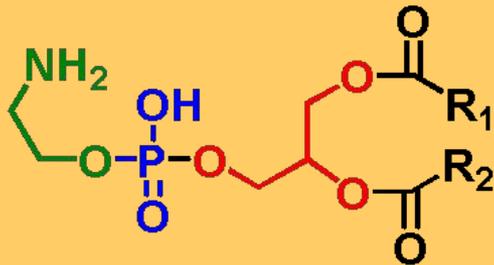
основными компонентами
 мембраны, обеспечивая
 ее текучесть и эластичность



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

Они являются

А 50% они являются естественными компонентами мембран. А также являются компонентами мембран. Они являются компонентами мембран.

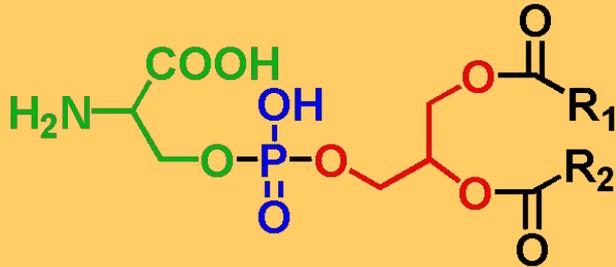


И они являются естественными компонентами мембран. А также являются компонентами мембран. Они являются компонентами мембран.

Они являются

А также являются естественными компонентами мембран. А также являются компонентами мембран. Они являются компонентами мембран.

Фосфолипиды

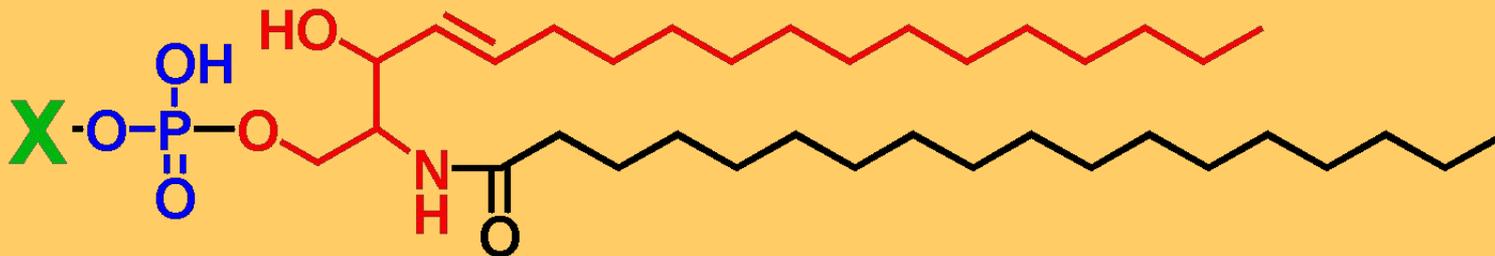


Аи 10-15% î ò î áù áã ã è èè-ãñòâà
 ô î ñô î èèì èäî â â òèáí ýõ ì èäèí ì èòàð-
 ù èõñý. Èî èàèèçàöèý: ì î çã, ñãðäöâ,
 ï á-áí ü, ï î ÷èè, ñãèãç, í èà, è, ãèèâ.

Ôî ñô àèèäèèñãðèí ù

Âù ñòóí ààò ðããðèýöí ðí ì àèèèáí î ñèè ðýãà ì àì áðáí î ñãýçàí í ù õ
 ô áðì áí õí â; ýãèýãòñý ï ðããð ãñòâáí í èèí ì ï ðè áèí ñèí òãçã
 ô î ñô àèèäèèýòáí î èàì èí î â.

Ñò èí ã ô 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 ì ñí î âáí èý)

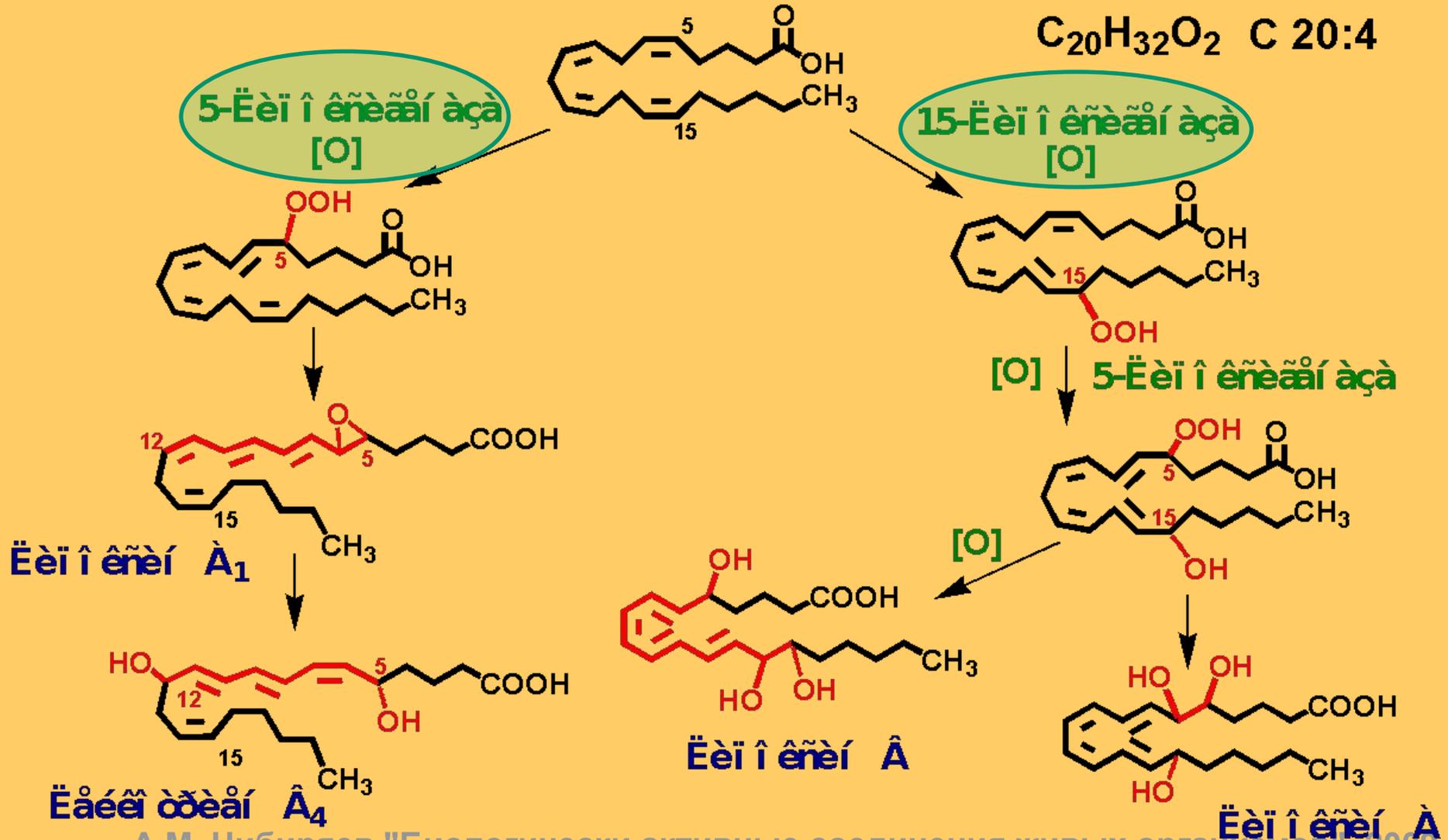


Каскад арахидоновой К-ТЫ

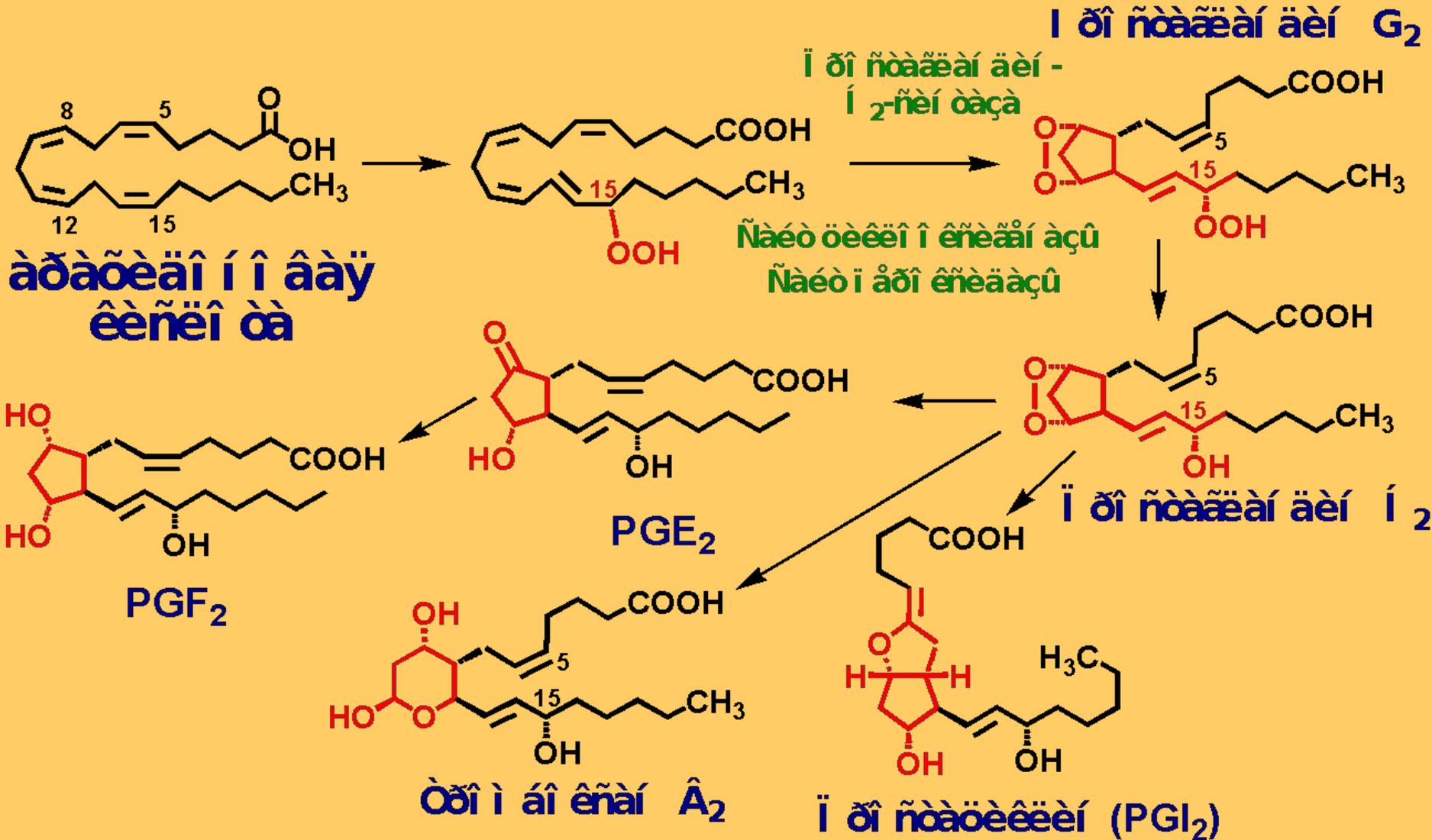
àðàõèäî í î âàü èèñèî à

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

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



Каскад арахидоновой К-ТЫ



Простаноиды

25

ФЕРМЕНТАТИВНО

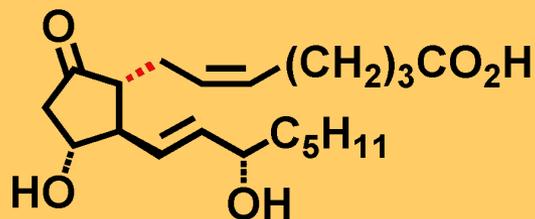
Не ферментативно

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

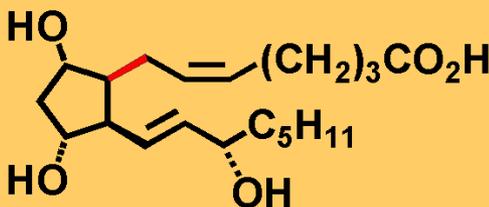
\hat{a} \hat{d} \hat{a} \hat{o} \hat{e} \hat{a} \hat{i} \hat{i} \hat{a} \hat{a} \hat{y} \hat{e} \hat{o} \hat{a} $\tilde{N}20:4$

\hat{y} \hat{e} \hat{e} \hat{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} $\tilde{N}20:5$

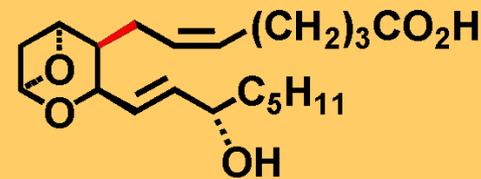
\hat{a} \hat{i} \hat{e} \hat{c} \hat{a} \hat{a} \hat{e} \hat{n} \hat{a} \hat{a} \hat{i} \hat{i} \hat{a} \hat{a} \hat{y} \hat{e} \hat{o} \hat{a} $\tilde{N}22:6$



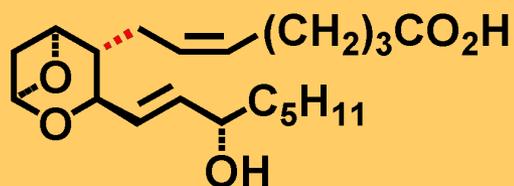
\hat{i} \hat{d} \hat{i} \hat{n} \hat{o} \hat{a} \hat{a} \hat{e} \hat{a} \hat{i} \hat{a} \hat{e} \hat{i} E_2



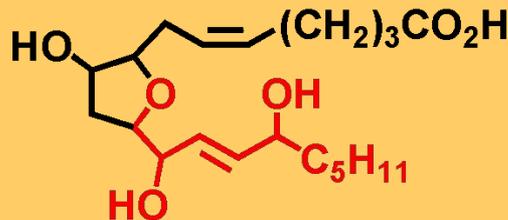
\hat{e} \hat{c} \hat{i} \hat{i} \hat{d} \hat{i} \hat{n} \hat{o} \hat{a} \hat{i} $15-F_{2t}$



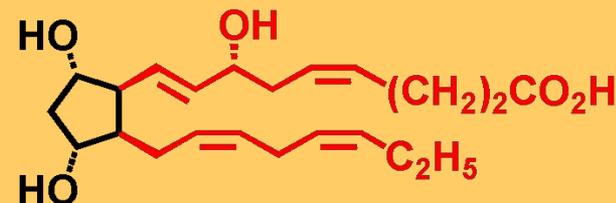
\hat{e} \hat{c} \hat{i} \hat{o} \hat{d} \hat{i} \hat{i} \hat{a} \hat{i} \hat{e} \hat{n} \hat{a} \hat{i} $15-A_2$



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



\hat{e} \hat{c} \hat{i} \hat{o} \hat{o} \hat{d} \hat{a} \hat{i} \hat{u}



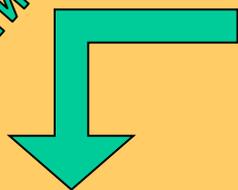
\hat{i} \hat{a} \hat{e} \hat{o} \hat{d} \hat{i} \hat{i} \hat{d} \hat{i} \hat{n} \hat{o} \hat{a} \hat{i} $7-F_{4t}$

Объект - животные

Простаноиды

26

ферментативно



α - ω -18:3

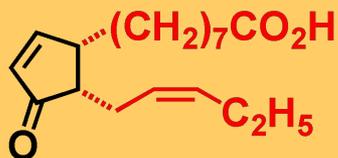
α - ω -20:4

γ - ω -20:5

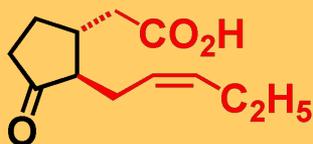
α - ω -22:6



не ферментативно

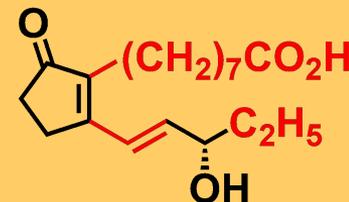


12- ω -ethyl-10-oxo- Δ^5 -prostanic acid

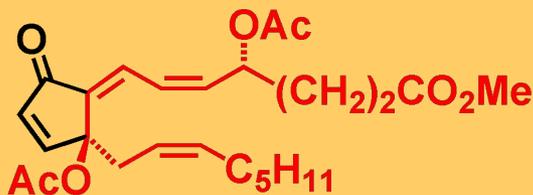


α - ω -12-ethyl-10-oxo- Δ^5 -prostanic acid

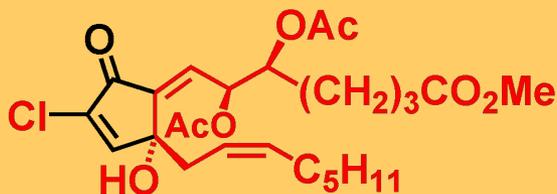
растения



6-ethyl-10-oxo- Δ^5 -prostanic acid



12-ethyl-10-oxo- Δ^5 -prostanic acid



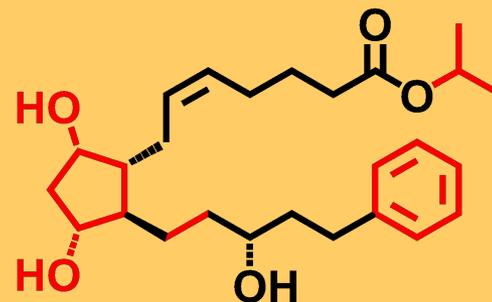
12-ethyl-10-oxo- Δ^5 -prostanic acid

морские организмы

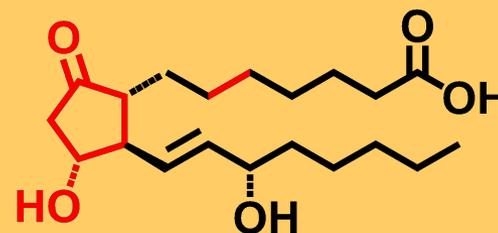
Препараты простагландинов.

27

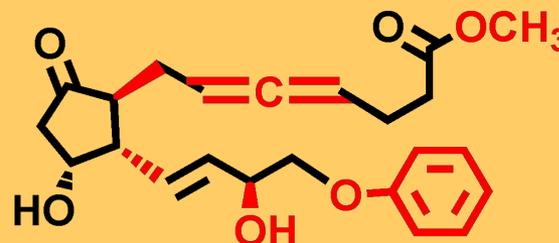
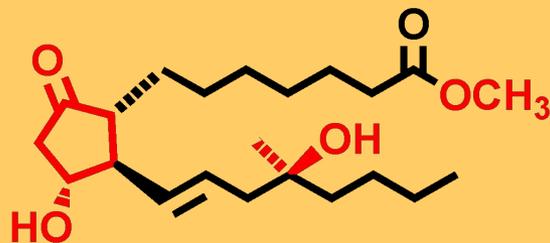
Латанопрост (Ксалатан) – антиглаукомное средство (на основе синтетического простагландина группы $F_{2\alpha}$).



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_{2α}) и Динопростон (PGE₂) – в акушерской практике для стимулирования родовой деятельности в любой период беременности