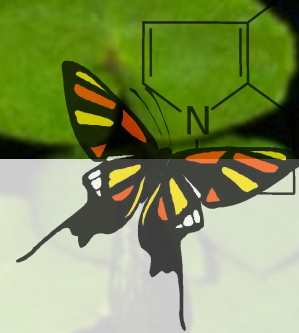


Биологически активные соединения живых организмов



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.

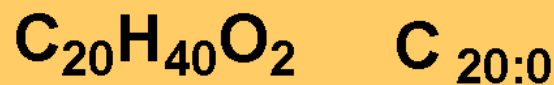
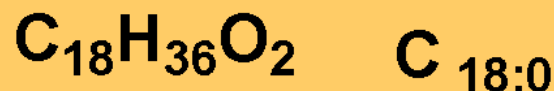
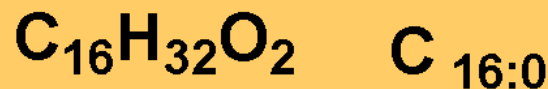
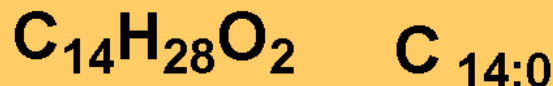
Сложные липиды делят на три большие группы: фосфолипиды (соединения, имеющие в своей структуре остаток фосфорной кислоты), гликолипиды (соединения, имеющие в своей структуре углеводный компонент) и сфинголипиды. Иногда сложные липиды дополнительно подразделяют на нейтральные, полярные и оксилипины.

Составные части липидов - жирные кислоты

3

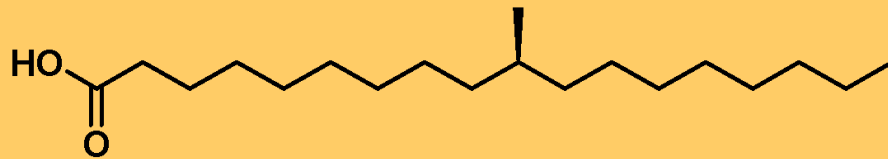
Известно более 800 жирных кислот, отличающихся по длине углеродной цепи, по степени и характеру её разветвления, числу и положению С=С связей, по природе и количеству других функциональных групп (COOH, OH, SH, NH₂ и др.).

Í àñû ù áí í û á æøđí û á èèñëî ù



Составные части липидов - жирные кислоты

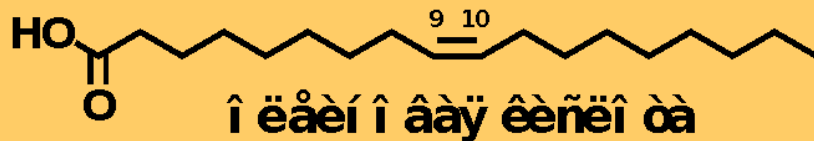
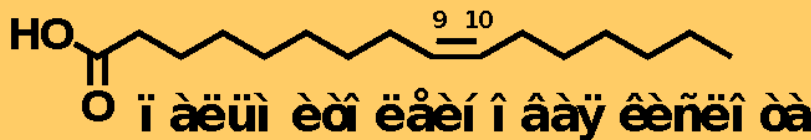
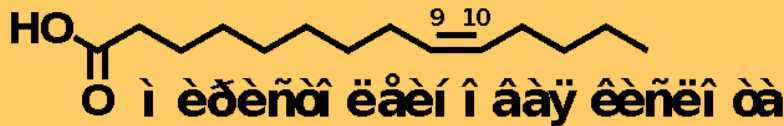
À ñî ñòàâà èèì èäîî â áàèòàððèàèüîí ù õ èèàòî è ÷àñòîî àñòàð÷àð òñý ðàçàâòàèäîíí ù á æèðîí ù á èèñèè òù, ñ òèèèè ï ðîí àíîî àùî ò ðàâ àíîî èèè ñ Ì Ì -äðîí ï è.



òóááðèóèî ñòààðèí î âàý èèñèè òà

í áî àñòù ù áî í ù á æèðîí ù á èèñèè òù

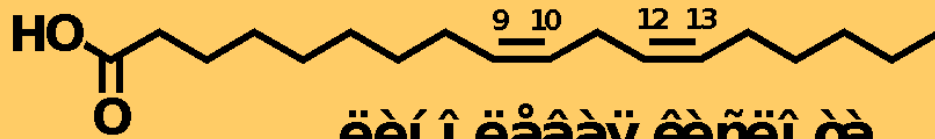
í î í î á î î à ù á



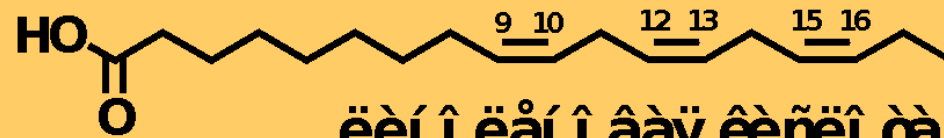
(í ò42 äî 55% â ï àñèà ðàî ñà è ä ð÷èòù)

Составные части липидов - жирные кислоты

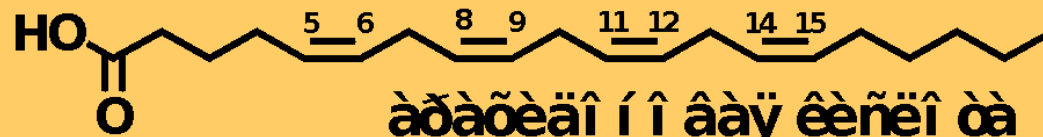
ï î ëèáí î âùà



ëèí î ëääàäÿ êèñëî òà



ëèí î ëáí î âàÿ êèñëî òà



àäàõèäî í î âàÿ êèñëî òà

î ëääèí î âàÿ è ëèí î ëääàäÿ êèñëî òà 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
 $8H_{34}O_2$
 Масло дерева – 69% годовое производство
 -OH-18:1 (9t)
 $8H_{30}O_2$
 энденовой кислоты
 $8H_{30}O_2$



Масло индийских растений рода *Hydnocarpus*

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

Hydnocarpus Kurzii – 27% чаульмугровой к-ты



2.2% каприновой кислоты 10:0

Cuphea palustris – 80.1% лауриновой кислоты 12:0

Масло растений с необычным составом жирных кислот.

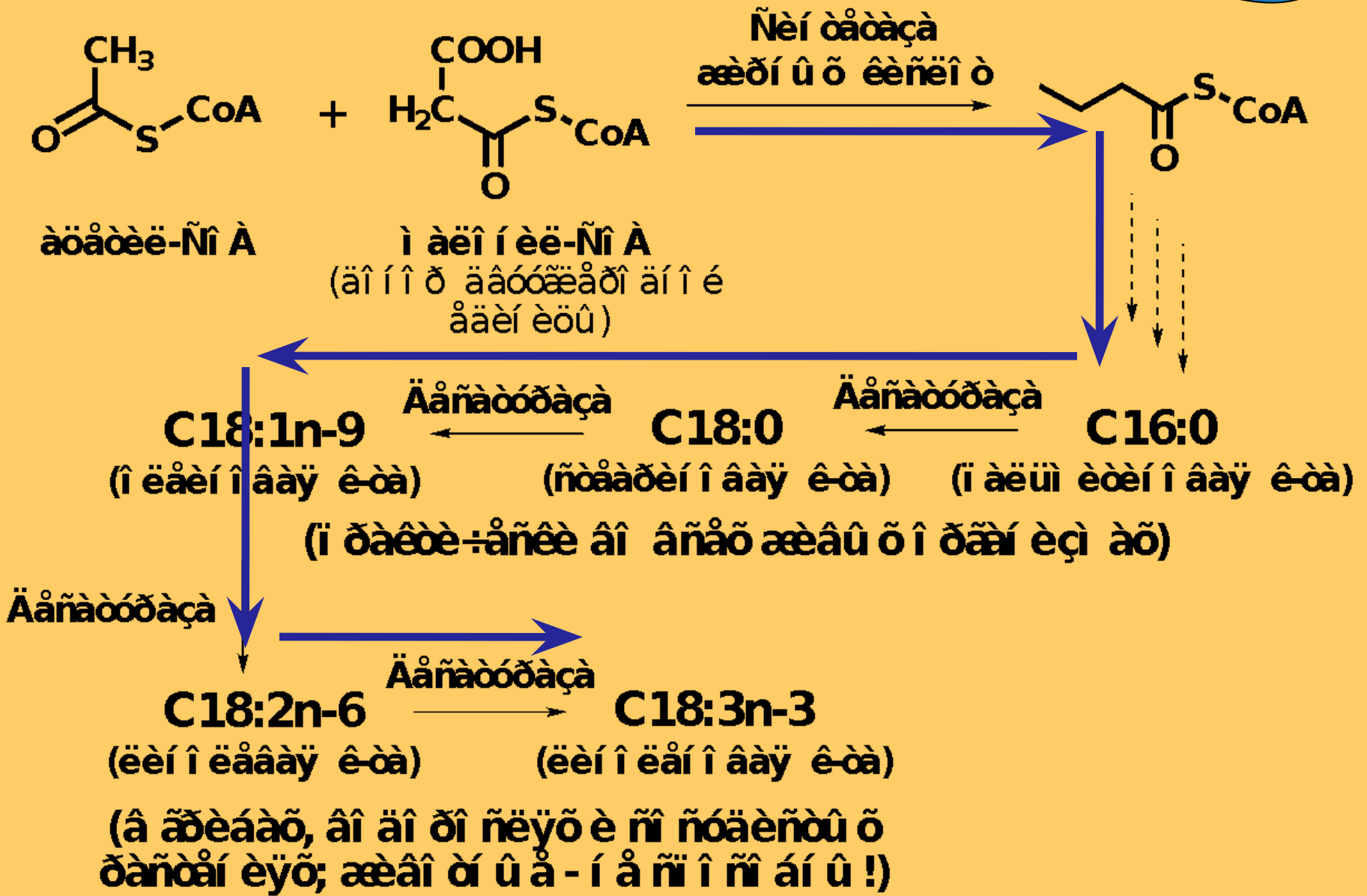
Масла с высоким содержанием стеариновой кислоты (18:0):

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



АаÑаооòàçà
 æèâî òí ù õ

АаÑаооòàçà
 ðàñçáí èé

Èèí î ëâààÿ è èèí î ëâí î âàÿ èèñëî òù í à ñèí òàçèðòò òñÿ â
 î ðãáí èçì àõ âú ñø èõ æèâî òí ù õ, í î í âí áõí æè ù àëÿ í î ðì àëüí î ã
 æèðí âí ã î âí áí à => ÿâëÿð òñÿ í çàì áí è ù ì è èèñëî àà è.

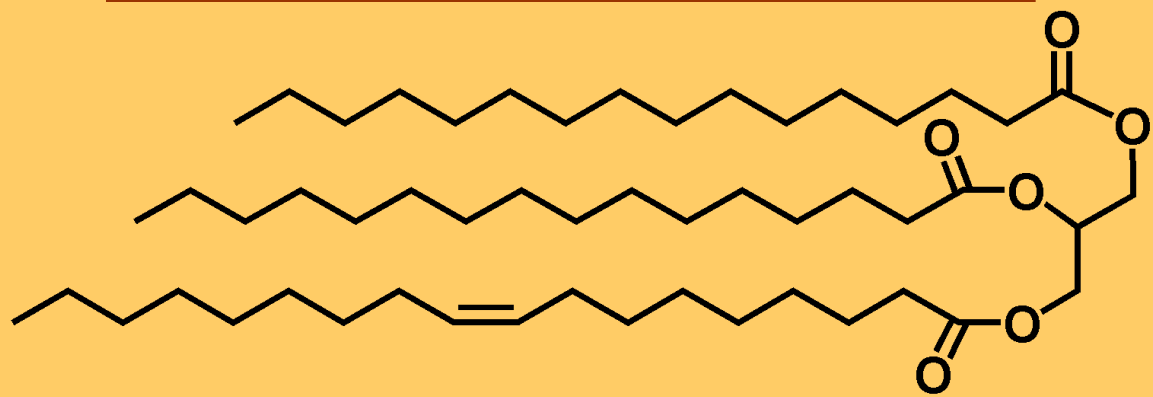
Биосинтез полиеновых кислот.

Ê-òù èèí î ëââí ã ðÿâà
 18:2n-6 → 18:3n-6 → 20:3n-6 → 20:4n-6 → 22:4n-6 → 22:5n-6

Ê-òù èèí î ëâí î âí ã ðÿâà
 18:3n-3 → 18:4n-3 → 20:4n-3 → 20:5n-3 → 22:5n-3 → 22:6n-3

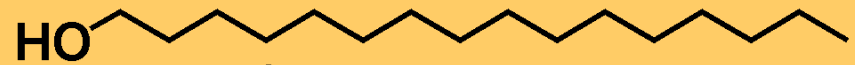
(í ðàèèè ðàñèè âí âñâõ æèâú õ î ðãáí èçì àõ, êðí ì á æèâî òí ù õ-
 òèù í èèí â è òâàòèí âú õ ðàñçáí èé!)

Простые липиды – жиры.



одеаөеëãëöåдеі û (æëđû)

Составные простых липидов – жирные спирты.



оåөеëі âû é ñі èđò

C₁₆H₃₃OH



оåдеëі âû é ñі èđò

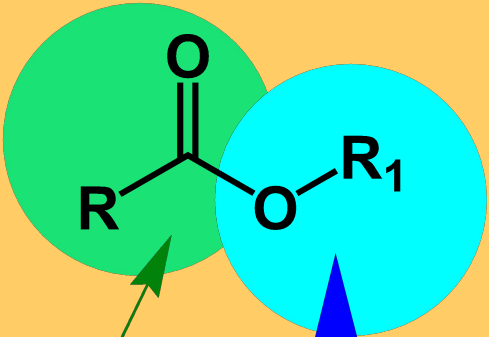
C₂₆H₅₃OH



і èдеөеëі âû é ñі èđò

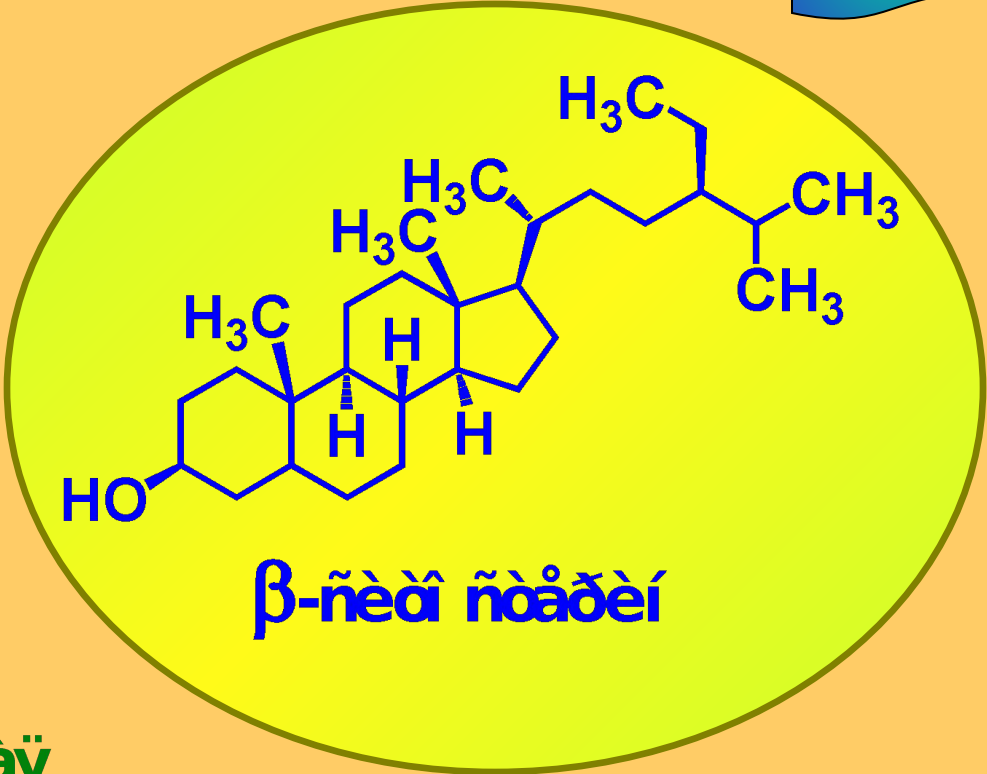
C₃₀H₆₁OH

Простые липиды – воски.



î ñòàðí ê
 êàðáí í î âí é
 êèñèí òù

î ñòàðí ê
 ñí èðòà

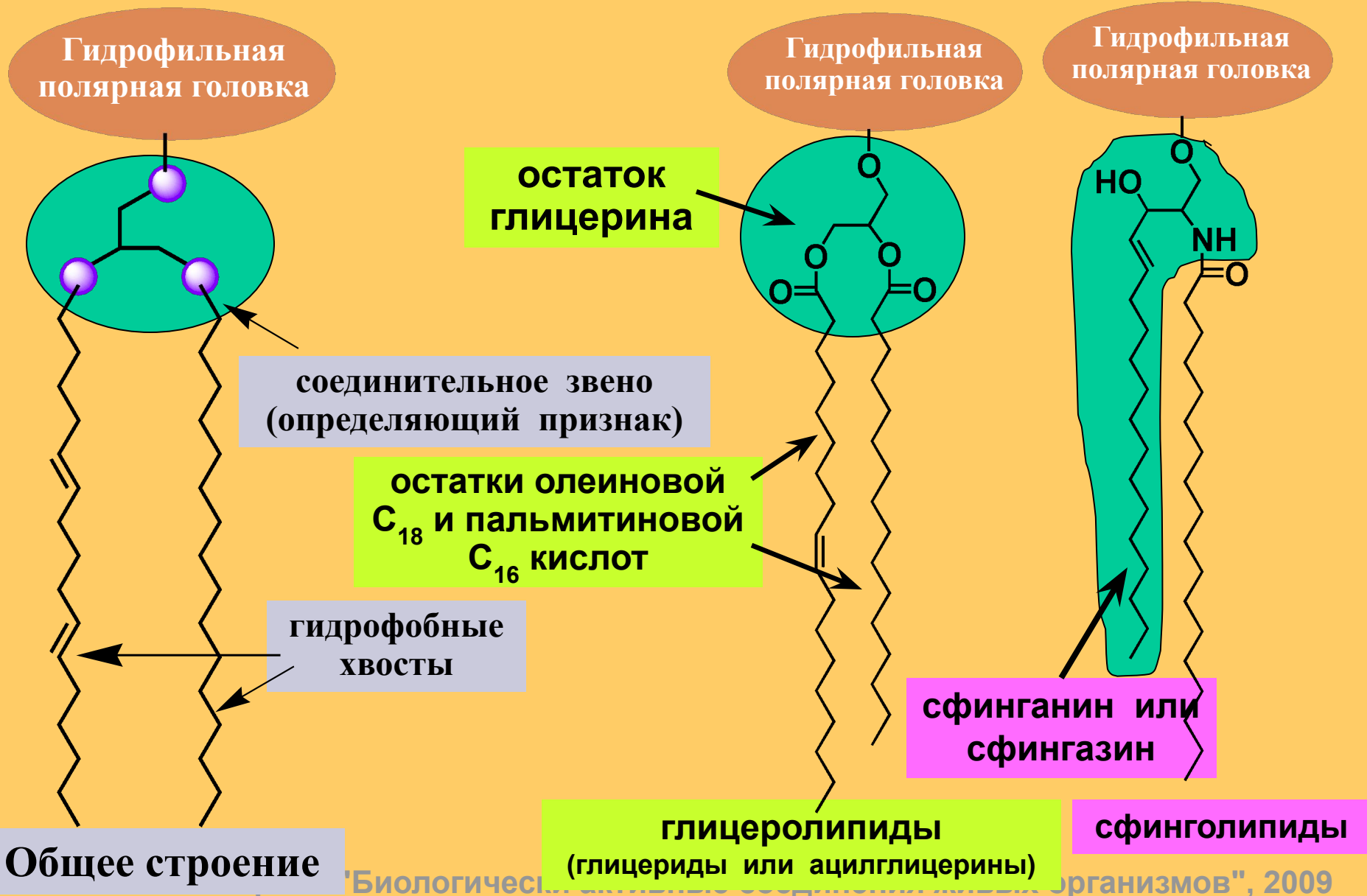


$C_{15}H_{31}N\tilde{N}$ OH - ï àëüì èòèí î âàÿ
 $C_{25}H_{51}N\tilde{N}$ OH - öãðí òèí î âàÿ

$C_{19}H_{39}$ -OH- C_6H_{11} - æííí
 n - $C_{30}H_{61}$ OH - òðèàèí í òàí î ë

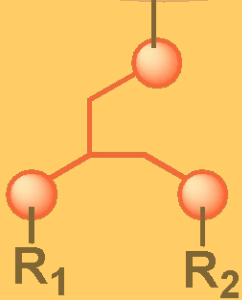
Первичная классификация липидов биологических мембран

15

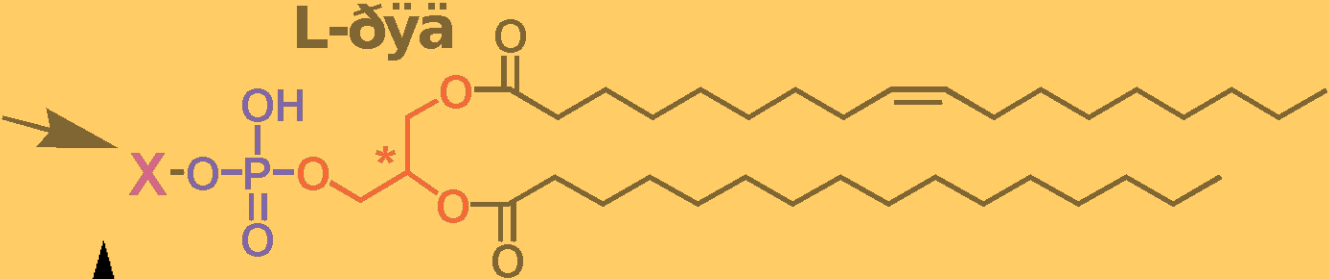


Фосфолипиды – главные компоненты биологических мембран

R_1 и R_2 – гидрофобные группы, могут быть насыщенными или ненасыщенными углеводородными цепями.



Гидрофильная группа



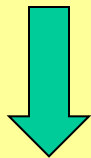
X – группа, определяющая свойства фосфолипидов (например, холин, инозит, серин, гликоцилин, этаноламин, холин, глицерилхолин, фосфатидилхолин, фосфатидилсерин, фосфатидилэтаноламин, фосфатидилглицерилхолин, фосфатидилглицерилсерин, фосфатидилглицерилэтаноламин).

R_1 и R_2 – гидрофобные группы, могут быть насыщенными или ненасыщенными углеводородными цепями.

(1-5% от общего количества липидов в мембране; являются основными компонентами биологических мембран; обеспечивают текучесть мембраны; участвуют в передаче сигнала; являются компонентами сигнальных молекул).

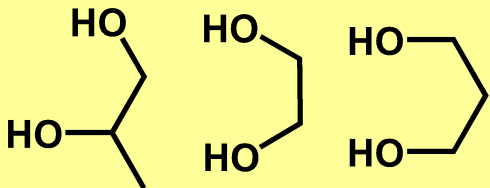
Составные части липидов биологических мембран

ãëèöäðî ëèë èäû

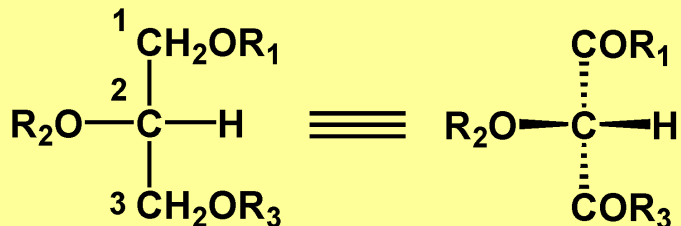


более 50% от встречающихся в природе

ЖК + глицерин (или другие полиолы)



äèî ëüí û ă ëèë èäû



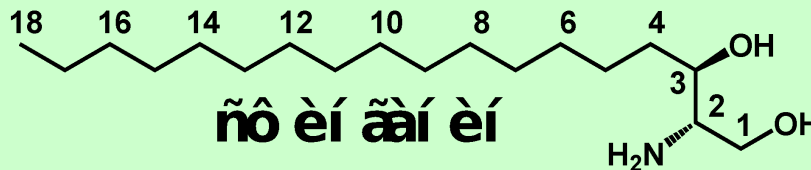
ï ðî äëöëÿ Ôèø äðà ãëèöäðèäèäî ä

ñô èí ã ëèë èäû

Строительный материал нервных тканей и мозга

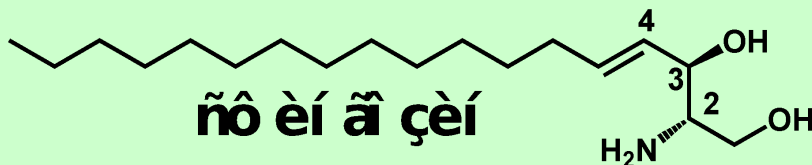


жирные кислоты + сфингозиновые основания



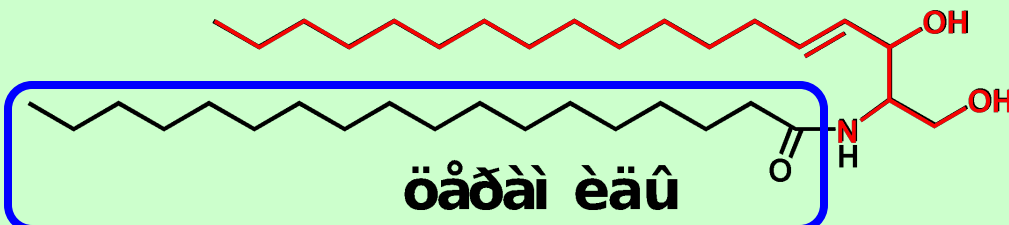
ñô èí ãäí èì

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



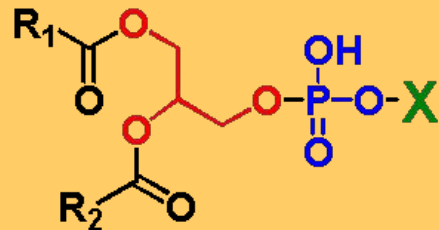
ñô èí ã çèí

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



öäðàì èäû

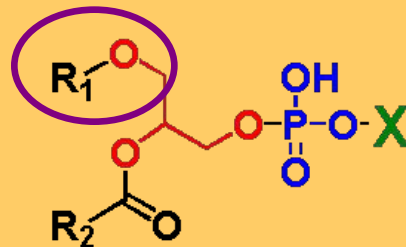
Глицерофосфолипиды
 $\text{R}_1-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{R}_2)-\text{CH}_2-\text{O}-\text{P}(\text{OH})(\text{X})$



Глицерофосфолипиды

(глицерофосфолипиды
 являются основными
 компонентами
 биологических
 мембран)

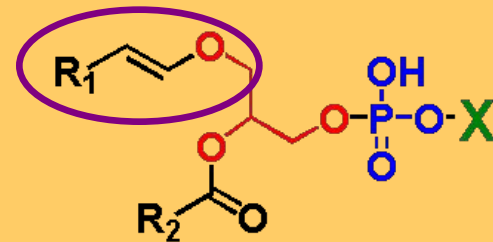
Сфингофосфолипиды
 $\text{R}_1-\text{O}-\text{Sphingosine}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{P}(\text{OH})(\text{X})$



Сфингофосфолипиды

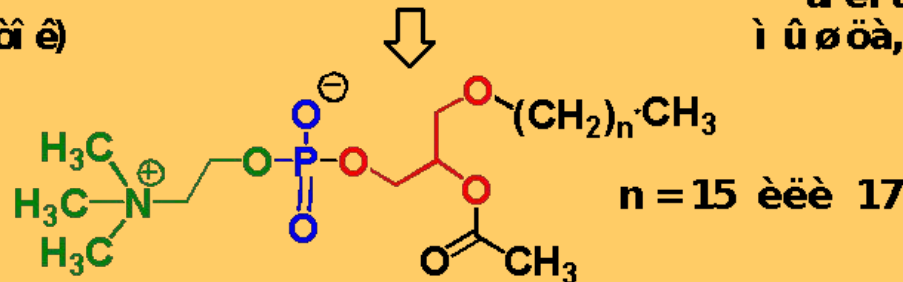
(сфингофосфолипиды
 являются основными
 компонентами
 биологических
 мембран)

Фосфоинозитиды
 $\text{R}_1-\text{O}-\text{Inositol}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{P}(\text{OH})(\text{X})$



Фосфоинозитиды

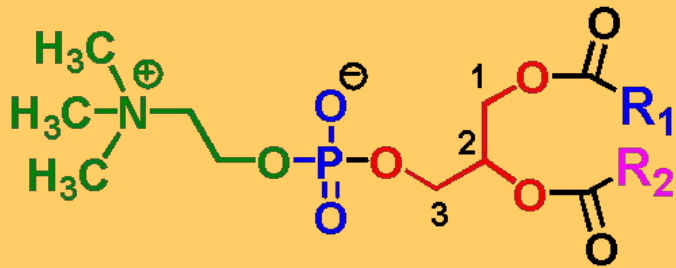
(фосфоинозитиды
 являются основными
 компонентами
 биологических
 мембран)



Кардиолипиды

(кардиолипиды
 являются основными
 компонентами
 биологических
 мембран)

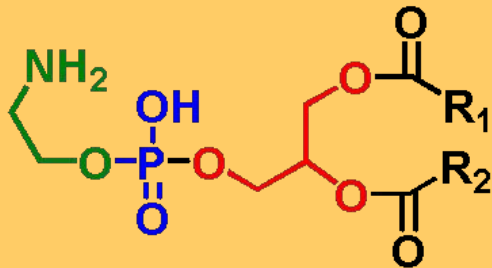
Фосфолипиды



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

Они обладают свойствами

А 50% их состав составляет фосфолипиды. А фосфолипиды обладают свойствами амфифильности. Они способны образовывать мицеллы и липосомы.

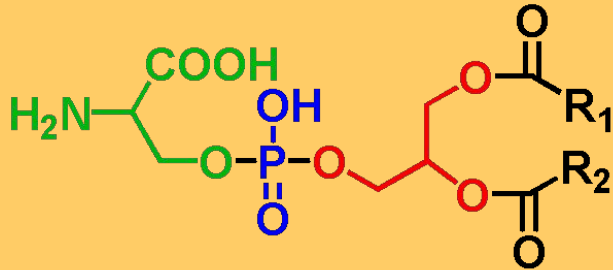


Их состав составляет 15-30%. Они обладают свойствами амфифильности. А фосфолипиды обладают свойствами амфифильности.

Они обладают свойствами

А фосфолипиды обладают свойствами амфифильности. А фосфолипиды обладают свойствами амфифильности. А фосфолипиды обладают свойствами амфифильности.

Фосфолипиды

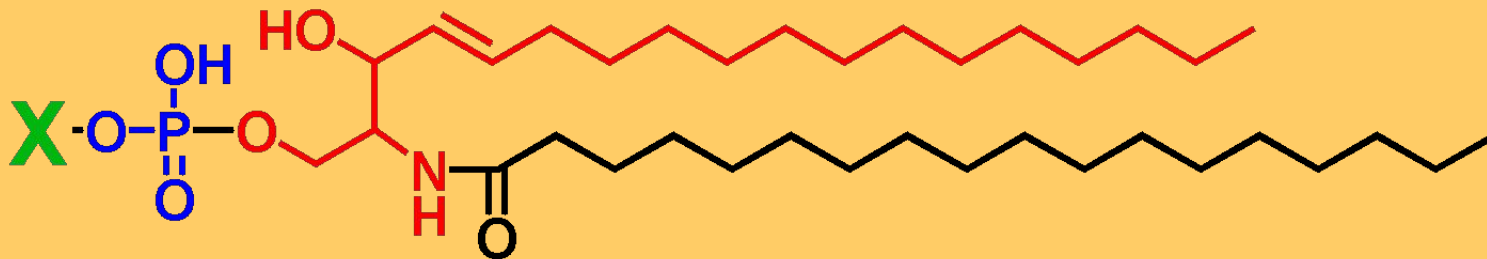


Аи 10-15% иò иáùáã ëì èè-аñoàà
 ô î ñô î èèì èäî â â òèáí ýõ ì èäëì ì èòàр-
 ù èõñü. Èì èàèèçàöèÿ: ì î çã, ñãäöä, ì á-áí ü, ì î ÷èè, ñãèäç, í èà, è, äèèä.

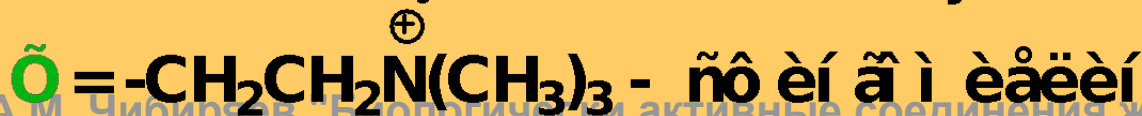
Ôî ñô àèèäèèñãðèí ù

Âù ñòóí ààò äããðèÿü ðì ì àèèèáí ì ñèè ðÿäà ì àì áðáí ì ñãÿçáí ì ù õ
 ô äðì áí õì â; ÿäèÿäòñü ì äãäø áñoäáí ì èèì ì ì ðè áèì ñèì òãçã
 ô î ñô àèèäèèÿòáí ì èàì èì ì â.

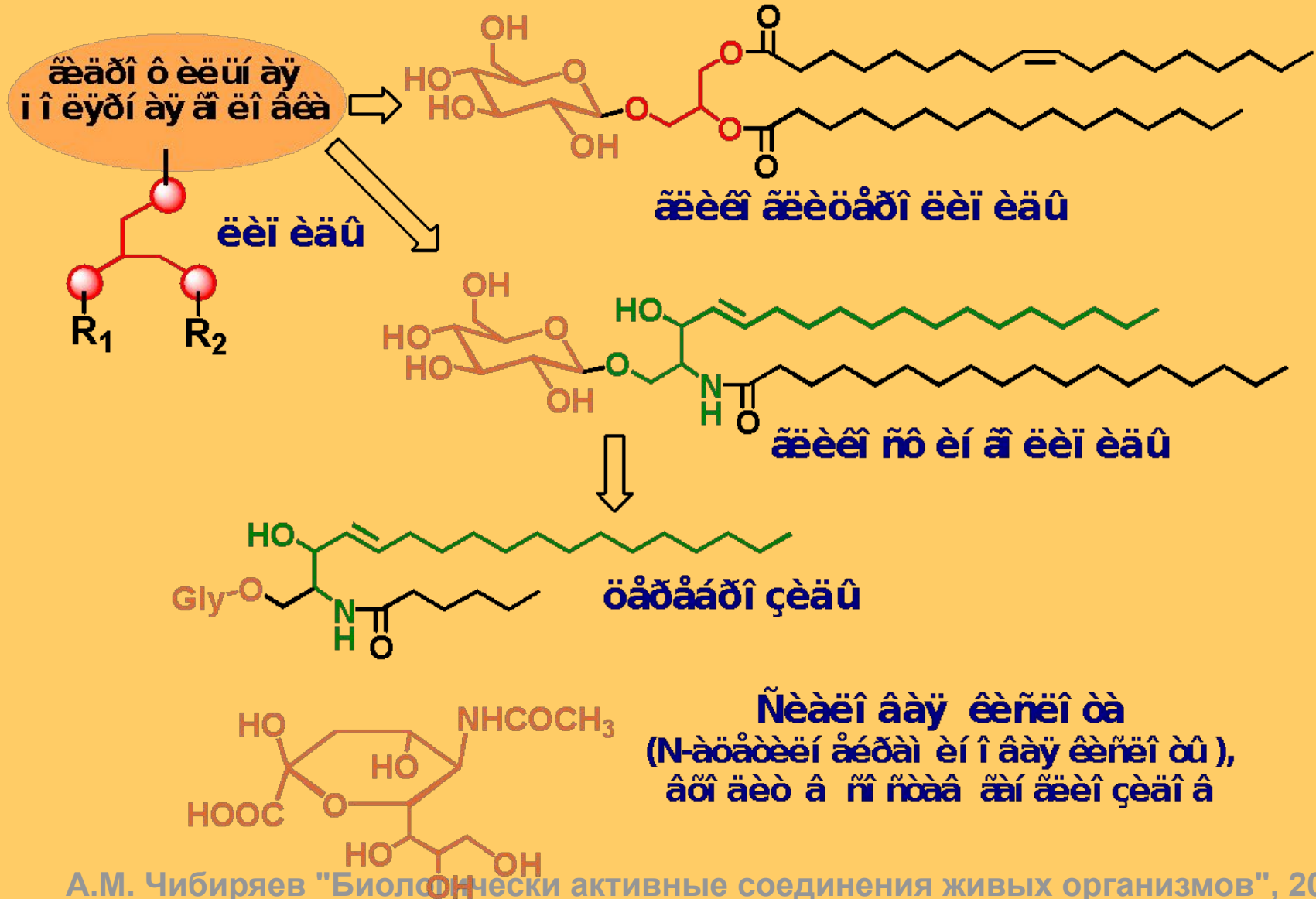
Ñò èì ã ô î ñô î èèì èäü .



(ñèì æ ù é ýò èð ô î ñô î ðí ì é èèñè òù è
 ñò èì ã çèì ì áí ã ì ñí ì ááì èÿ)



Азотсодержащие фосфолипиды .

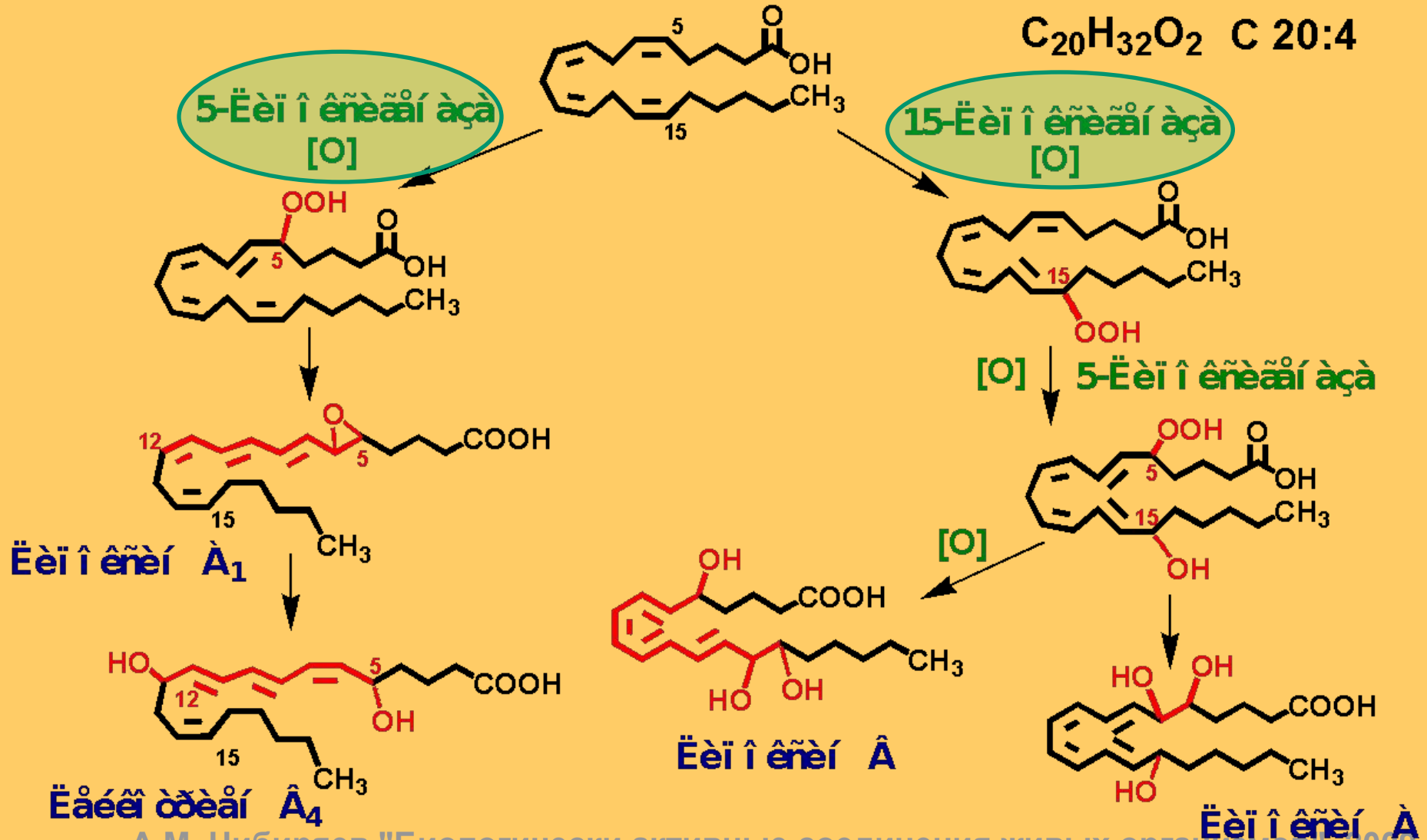


Каскад арахидоновой К-ТЫ

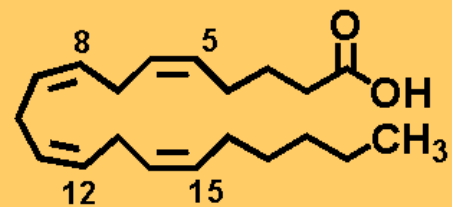
àðàõèäî í î âàü èèñèî à

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

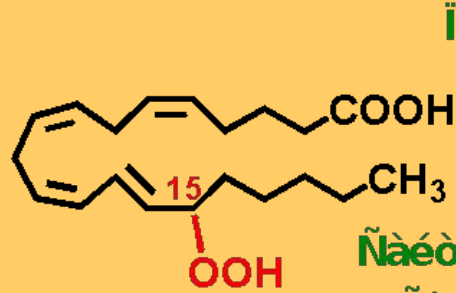
$C_{20}H_{32}O_2$ C 20:4



Каскад арахидоновой К-ТЫ

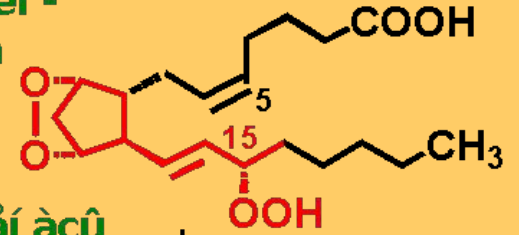


àðàõèäî í î âàÿ
èèñëî òà

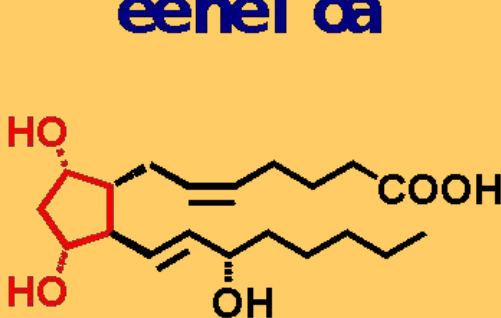


İ õî ñòàãèàì äèí -
Í 2-ñèí òàçà

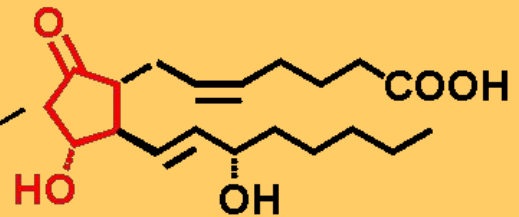
İ õî ñòàãèàì äèí G₂



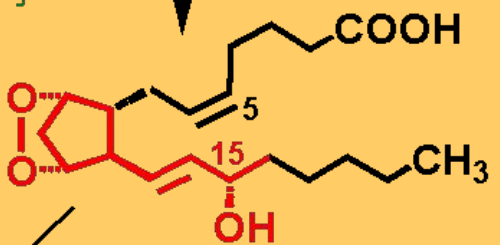
Ñàèò òèèèî î èñèäâí àçû
Ñàèò î äõí èñèäâçû



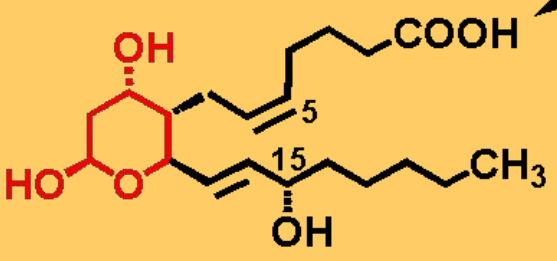
PGF₂



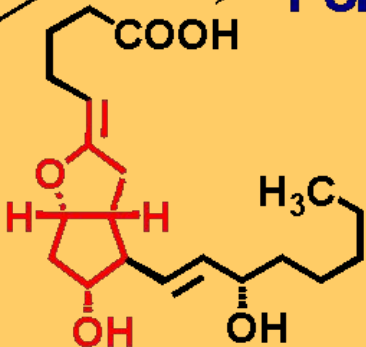
PGE₂



İ õî ñòàãèàì äèí Í₂

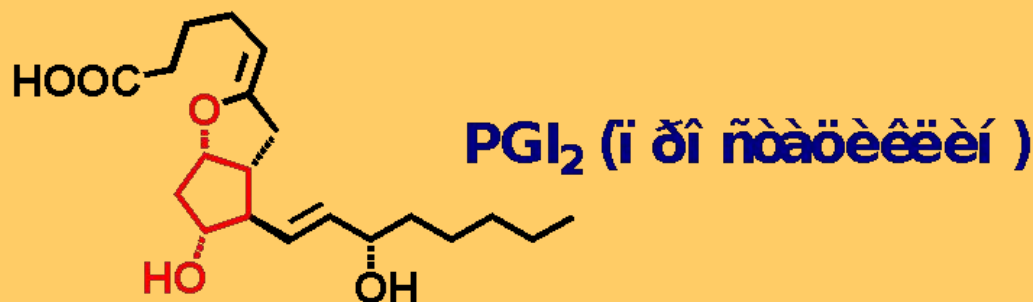
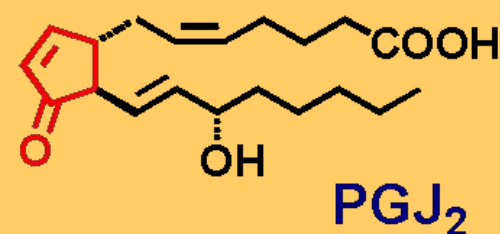
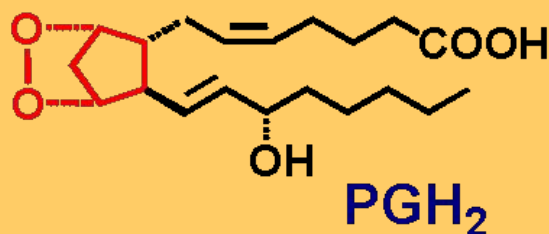
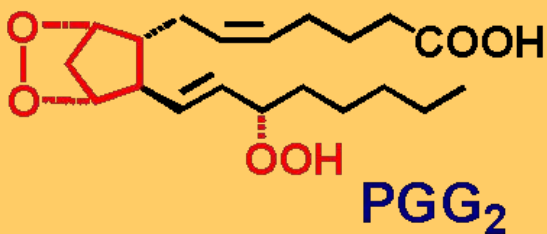
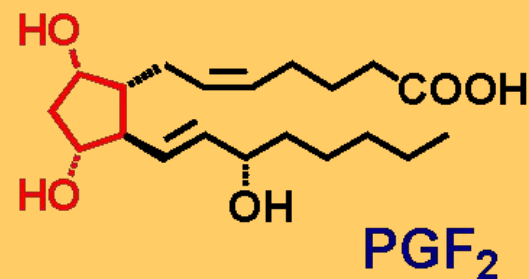
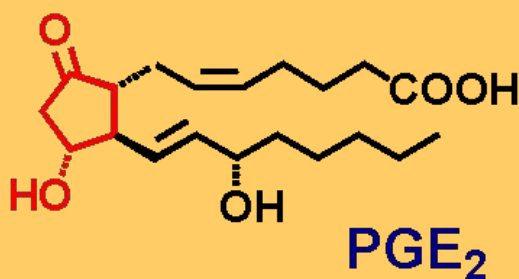
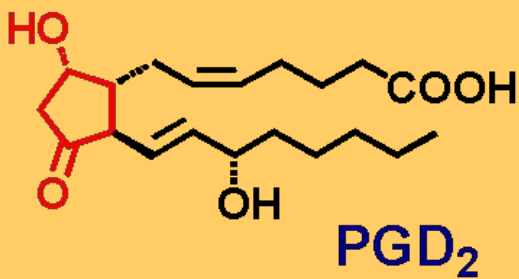
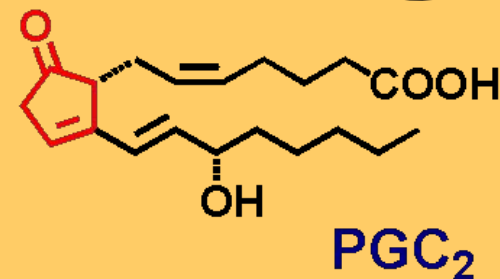
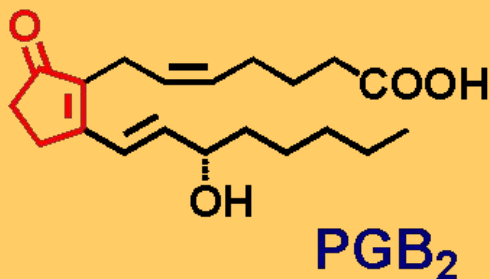
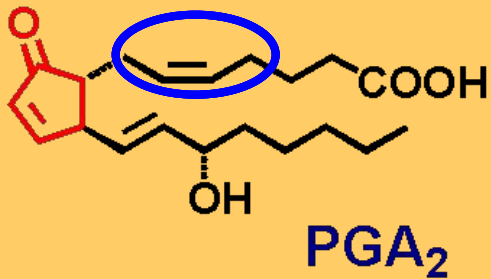


Òõî ì áí èñàí Á₂



İ õî ñòàèèèèèèí (PGI₂)

Простагландины



Простаноиды

25

ферментативно

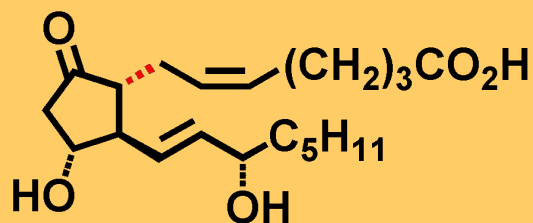
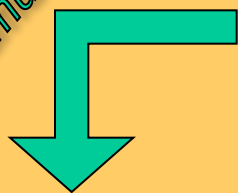
не ферментативно

α - ω 18:3

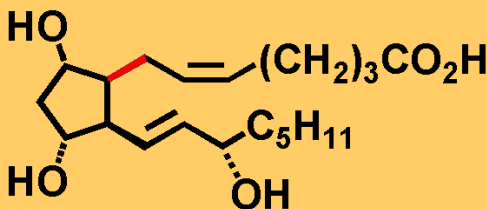
α - ω 20:4

γ - ω 20:5

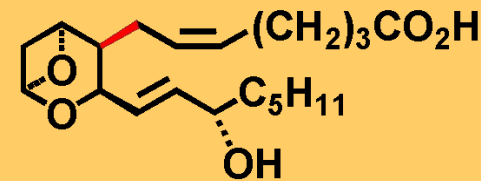
α - ω 22:6



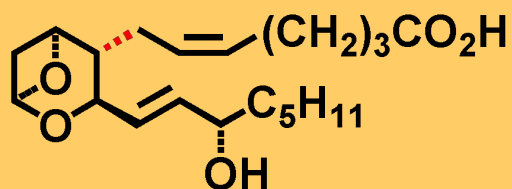
E_2



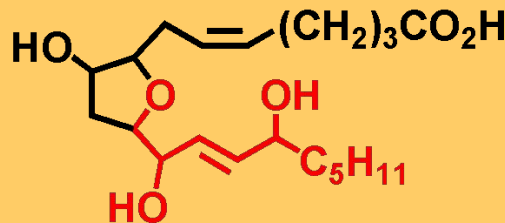
15-F_{2t}



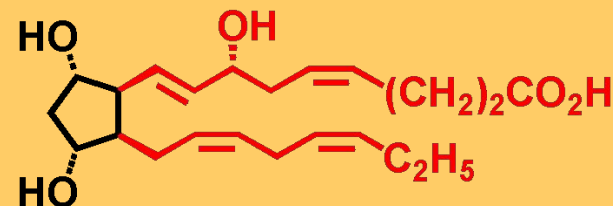
15-A₂



A₂



7-F_{4t}



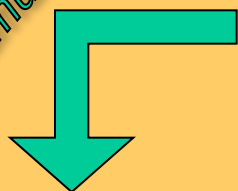
7-F_{4t}

Объект - животные

Простаноиды

26

ферментативно



α - ω -18:3

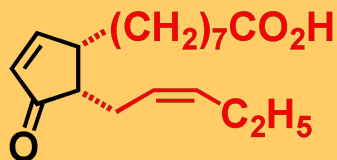
α - ω -20:4

γ - ω -20:5

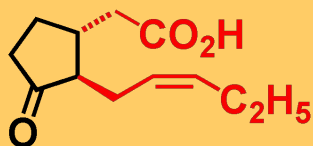
α - ω -22:6



не ферментативно

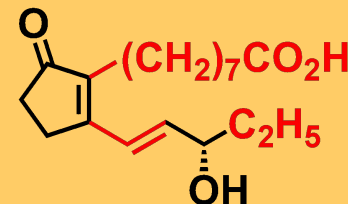


12- ω -7 -
- ω -7

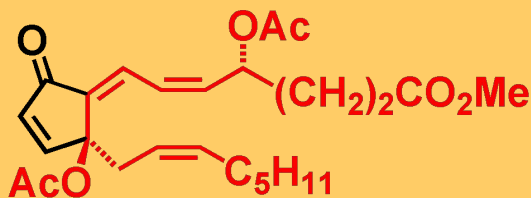


ω -6

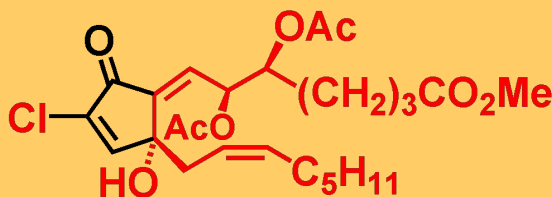
растения



ω -8 6- Δ_1



ω -11



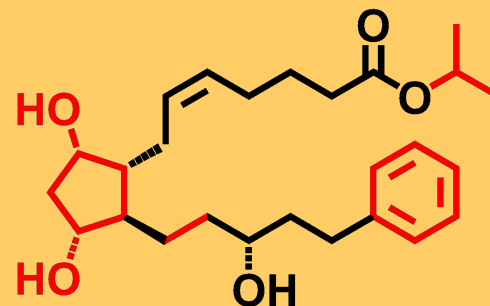
ω -10

морские организмы

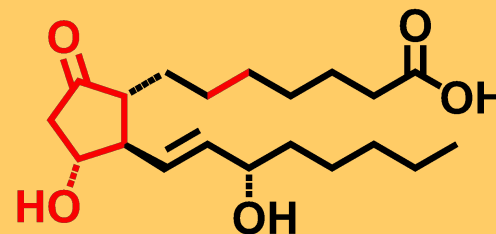
Препараты простагландинов.

27

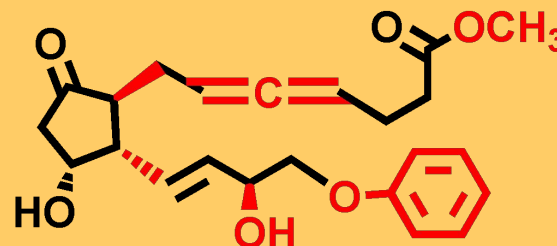
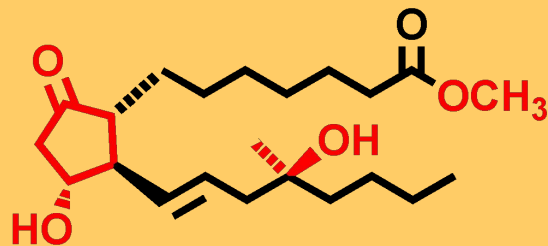
Латанопрост (Ксалатан) – антиглаукомное средство (на основе синтетического простагландина группы $F_{2\alpha}$).



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 ($PGF_{2\alpha}$) и Динопростон (PGE_2) – в акушерской практике для стимулирования родовой деятельности в любой период беременности