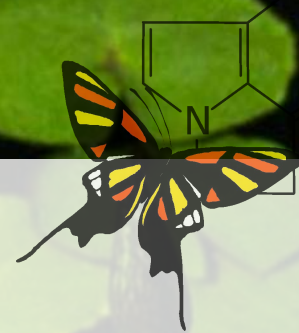


Биологически активные соединения живых организмов



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.

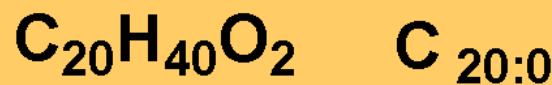
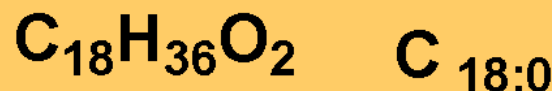
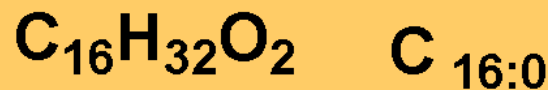
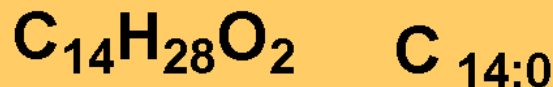
Сложные липиды делят на три большие группы: фосфолипиды (соединения, имеющие в своей структуре остаток фосфорной кислоты), гликолипиды (соединения, имеющие в своей структуре углеводный компонент) и сфинголипиды. Иногда сложные липиды дополнительно подразделяют на нейтральные, полярные и оксилипины.

Составные части липидов - жирные кислоты

3

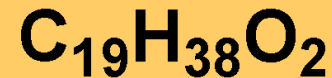
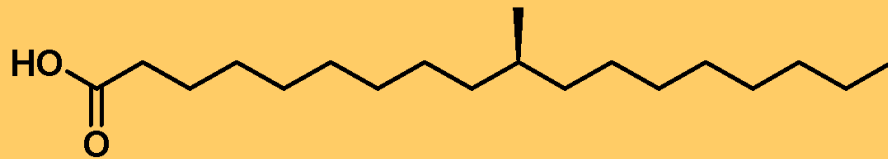
Известно более 800 жирных кислот, отличающихся по длине углеродной цепи, по степени и характеру её разветвления, числу и положению С=С связей, по природе и количеству других функциональных групп (COOH, OH, SH, NH₂ и др.).

Í àñû ù áí í û á æøđí û á èèñëî ù



Составные части липидов - жирные кислоты

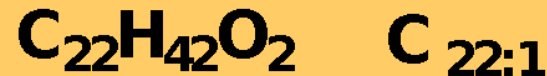
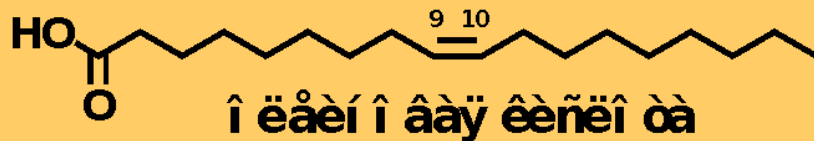
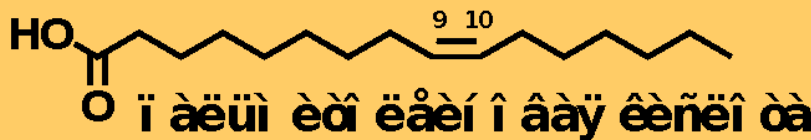
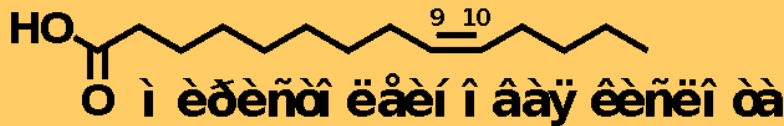
À ñî ñòàâà èèì èäîî â áàèòàððèàèüîí ù õ èèàòî è ÷àñòîî àñòòà÷àð òñý ðàçàâòàèäîíí ù á æèðîí ù á èèñèè òù, ñ òèèèè ï ðîí àíîî àùî ò ðàâ àíîî èèè ñ Ì Ì -äðîí ï è.



òòááðèéèî ñòààðèè ï ààý èèñèè òà

í áí àñòù ù áí í ù á æèðîí ù á èèñèè òù

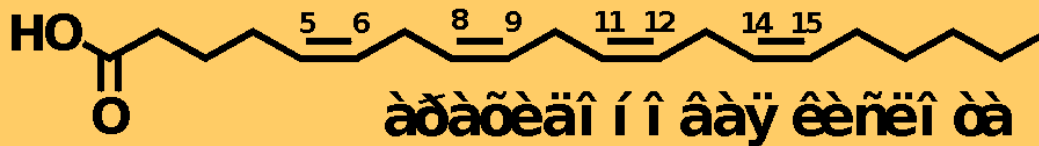
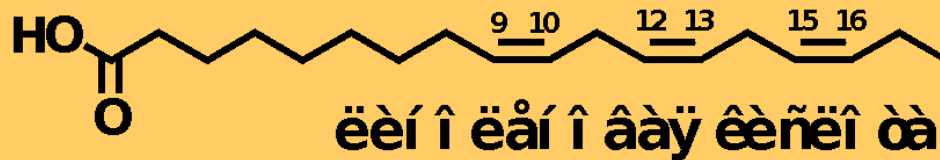
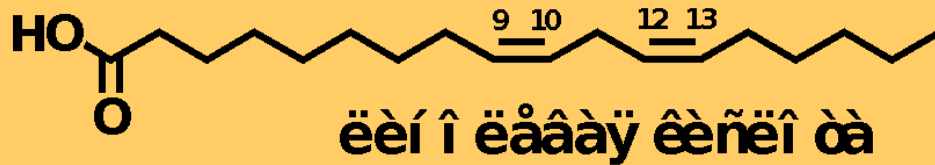
í ï í áí î àù á



(í ò42 äí 55% á ï àñèà ðàí ñà è ä ð÷èòù)

Составные части липидов - жирные кислоты

ï î ëèáí î âùà
ï î ëèáí î âùà
ï î ëèáí î âùà



î ëääèí î âàÿ è ëèí î ëääàäÿ êèñëî òù ñî ñòàâëÿþò î êë èî 60%
 àññõ ÆË òàññòèòàëüí ù õ ì àññè.

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% глицеридов

Hydnocarpus Kurzii – 27% чаульмугровой к-ты



82.2% каприновой кислоты 10:0

Cuphea polycephala – 80.1% лауриновой кислоты 12:0

Масло растений с необычным составом жирных кислот.

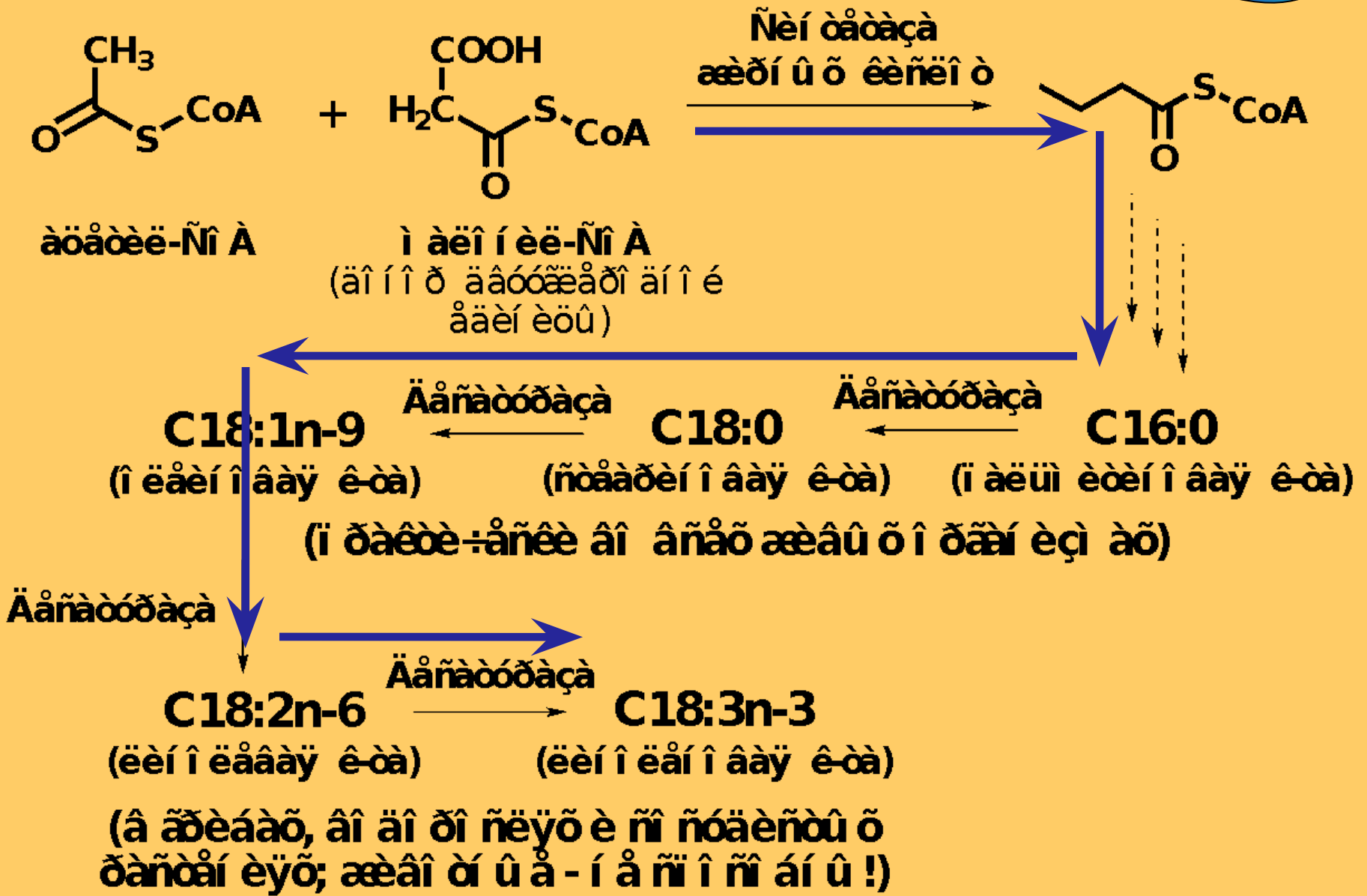
Масла с высоким содержанием стеариновой кислоты (18:0):

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 ëåíí î âàÿ êèñëí òà í á ñèí òàџèџòр òñÿ á
 î џâí èçì àõ âú ñø èõ æèâí òí ù õ, í î í âí áõí æèí ù æèÿ í î òí àèüí î ã
 æèџí âí ã î âí âí à => ÿâèÿр òñÿ í âçàì âí èí ùì è êèñëí òàè è.

Биосинтез полиеновых кислот.

Ê-òù
èèí î ëåâí ã џÿâà

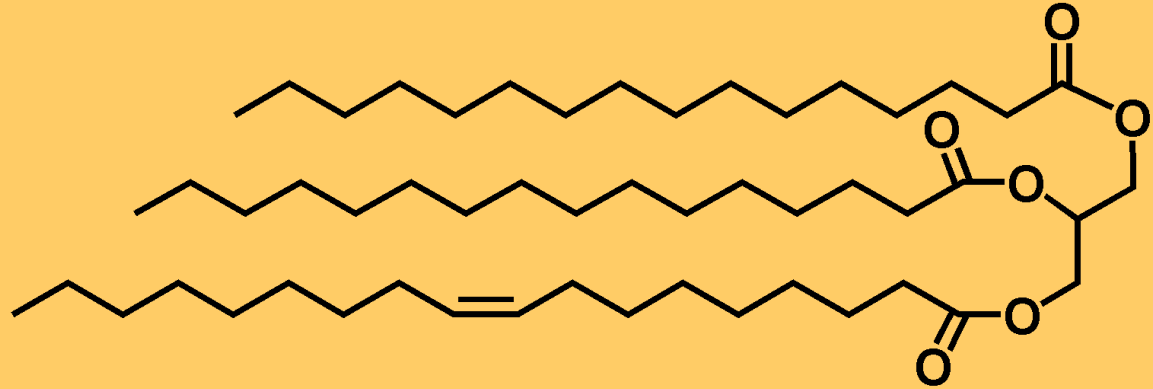
$18:2n-6 \rightarrow 18:3n-6 \rightarrow 20:3n-6 \rightarrow 20:4n-6 \rightarrow 22:4n-6 \rightarrow 22:5n-6$

Ê-òù
èèí î ëåíí î âí ã џÿâà

$18:3n-3 \rightarrow 18:4n-3 \rightarrow 20:4n-3 \rightarrow 20:5n-3 \rightarrow 22:5n-3 \rightarrow 22:6n-3$

(í òàèòè÷âñêè âí âñâõ æèâú õ î џâí èçì àõ, êџí ò á æèâí òí ù õ-
òèù í èèí â è òâàòèí âú õ òàñòáí èé!)

Простые липиды – жиры.

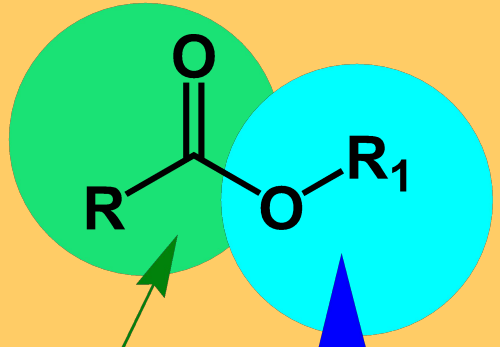


одеаөеëãëöåдеі û (æëđû)

Составные простых липидов – жирные спирты.



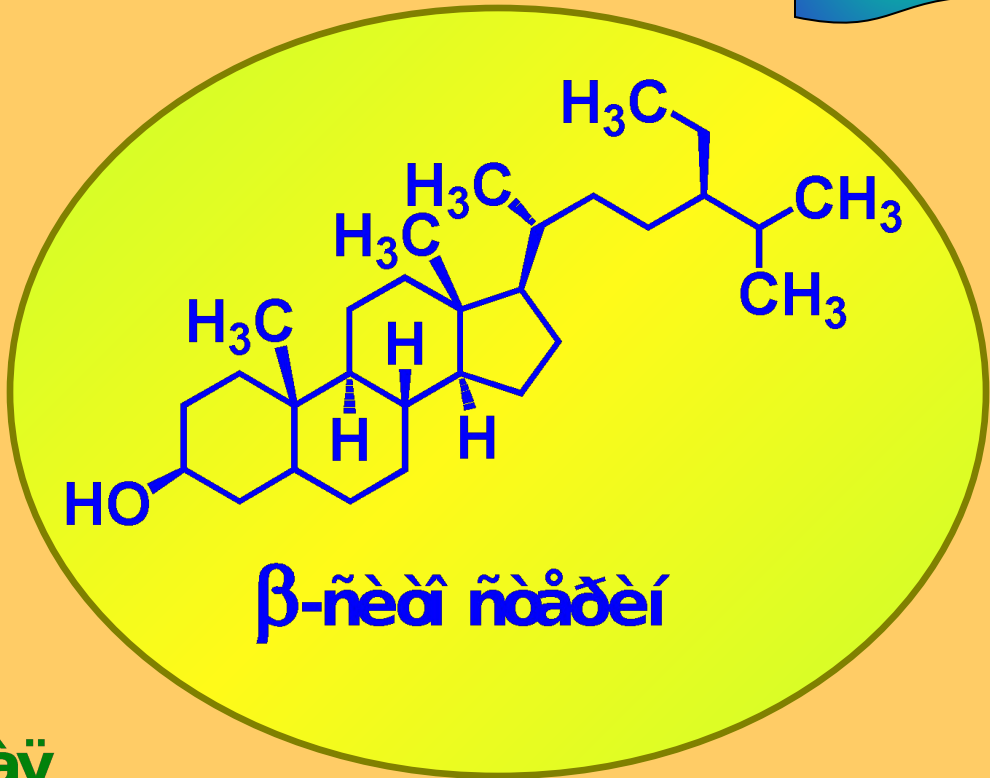
Простые липиды – воски.



R - $\hat{\imath} \tilde{n}\hat{o}\hat{a}\hat{o}\hat{i} \hat{e}$
 $\hat{e}\hat{a}\hat{o}\hat{a}\hat{i} \hat{i} \hat{i} \hat{a}\hat{i} \hat{e}$
 $\hat{e}\hat{e}\tilde{n}\hat{e}\hat{i} \hat{o}\hat{u}$

R₁ - $\hat{\imath} \tilde{n}\hat{o}\hat{a}\hat{o}\hat{i} \hat{e}$
 $\tilde{n}\hat{i} \hat{e}\hat{o}\hat{o}\hat{a}$

$C_{15}H_{31}\tilde{N}\hat{i}$ OH - $\hat{i} \hat{a}\hat{e}\hat{u}\hat{i} \hat{e}\hat{o}\hat{e}\hat{i} \hat{i} \hat{a}\hat{a}\hat{y}$
 $C_{25}H_{51}\tilde{N}\hat{i}$ OH - $\hat{o}\hat{a}\hat{o}\hat{i} \hat{o}\hat{e}\hat{i} \hat{i} \hat{a}\hat{a}\hat{y}$

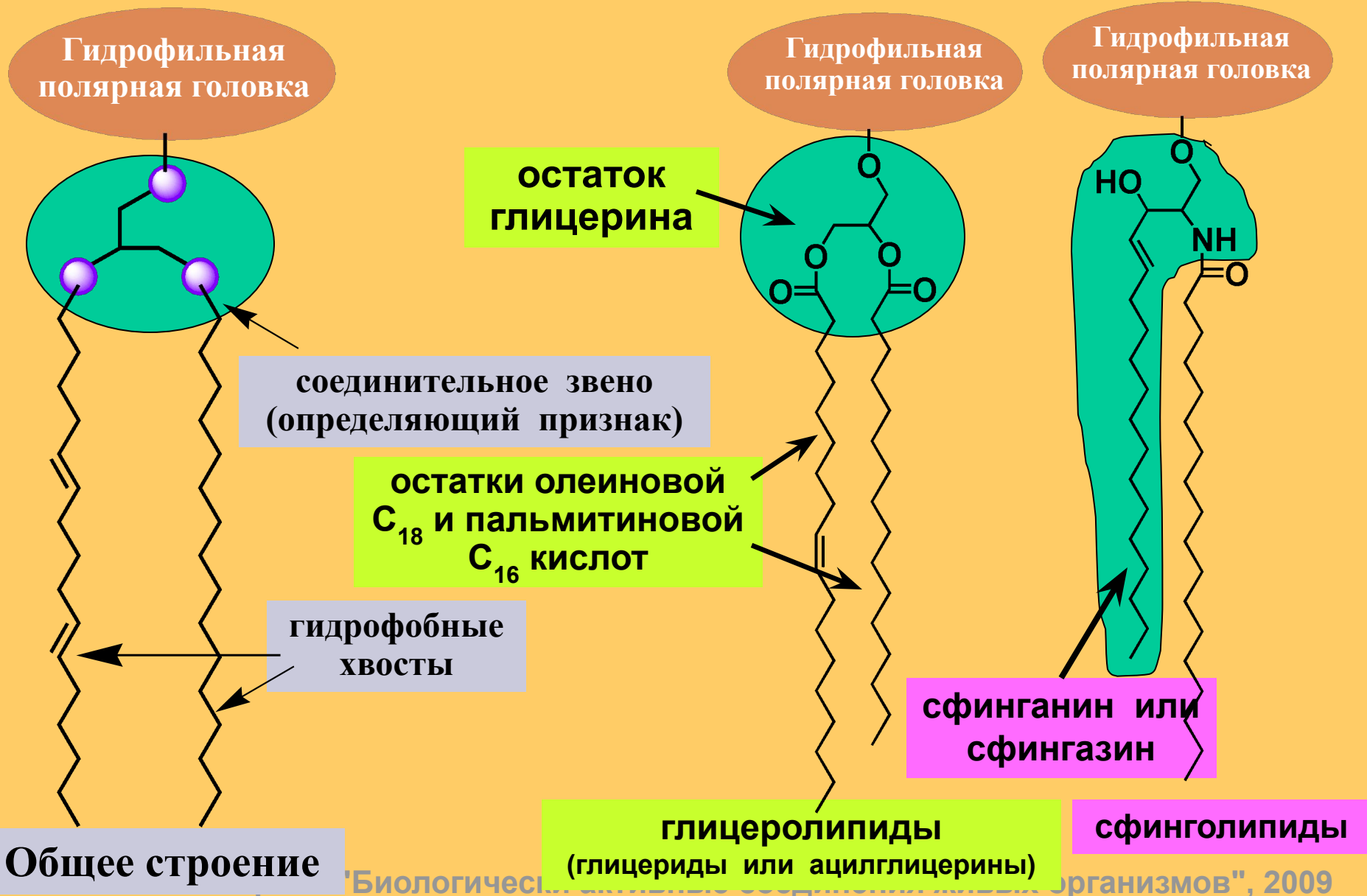


β - $\tilde{n}\hat{e}\hat{o}\hat{i} \tilde{n}\hat{o}\hat{a}\hat{o}\hat{e}\hat{i}$

$C_{19}H_{39}$ -OH- C_6H_{11} - $\hat{\alpha}\hat{\phi} \hat{i} \hat{i} \hat{i}$

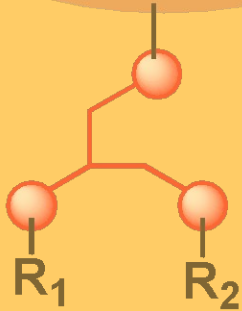
n - $C_{30}H_{61}OH$ - $\hat{o}\hat{o}\hat{e}\hat{a}\hat{e}\hat{i} \hat{i} \hat{o}\hat{a}\hat{i} \hat{i} \hat{e}$

Первичная классификация липидов биологических мембран



Фосфолипиды – главные компоненты биологических мембран

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



Гидрофильная группа



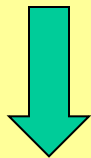
R_1 и R_2 – это гидрофобные группы, которые могут быть насыщенными или ненасыщенными углеводородными цепями.

Гидрофильная группа – это группа, которая придает фосфолипиду гидрофильные свойства.

(1-5% от общего количества липидов в мембране; это самые важные компоненты мембраны; они обеспечивают текучесть и эластичность мембраны; они участвуют в передаче сигнала и в регуляции активности ферментов).

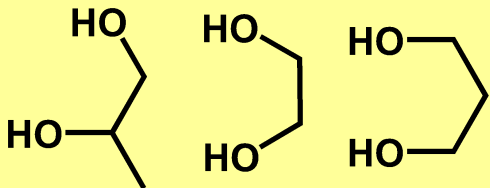
Составные части липидов биологических мембран

ãëèöäðî ëèë èäû

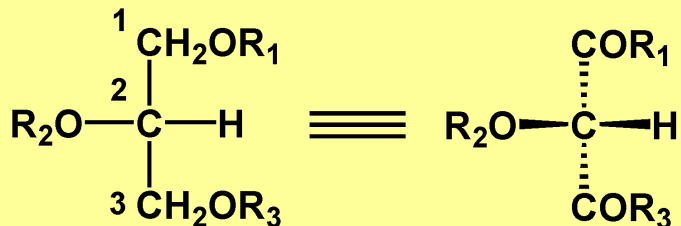


более 50% от встречающихся в природе

ЖК + глицерин (или другие полиолы)



äèî ëüí û ă ëèë èäû



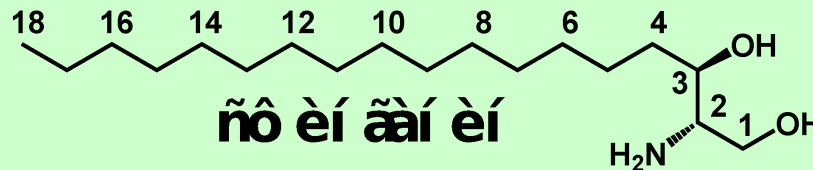
ï ðî äëöëÿ Ôèø äðà ãëèöäðèäèäî ä

ñô èí ã ëèë èäû

Строительный материал нервных тканей и мозга

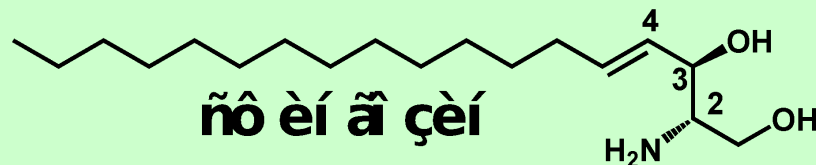


жирные кислоты + сфингозиновые основания



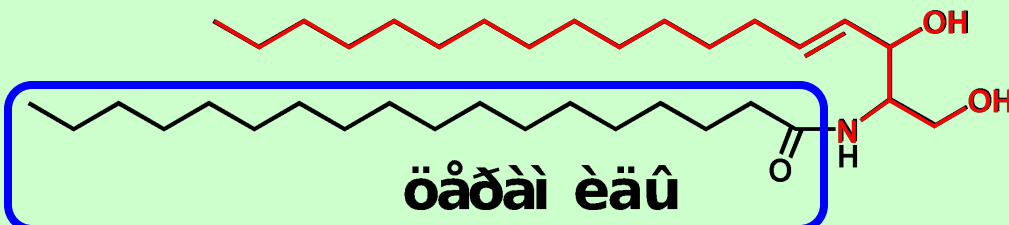
ñô èí ãäí èì

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



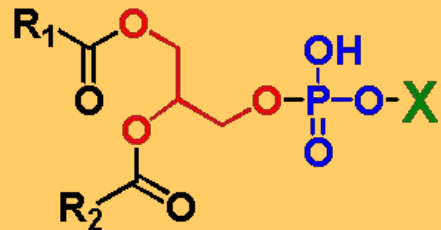
ñô èí ã çèí

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



öäðàì èäû

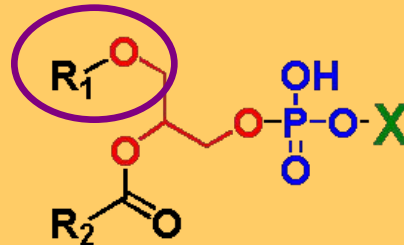
Глицерофосфолипиды



Глицерофосфолипиды

(глицерофосфолипиды) — это класс липидов, состоящих из глицерина, связанного с двумя жирными кислотами и фосфатной группой, связанной с другим молекулярным фрагментом (X).

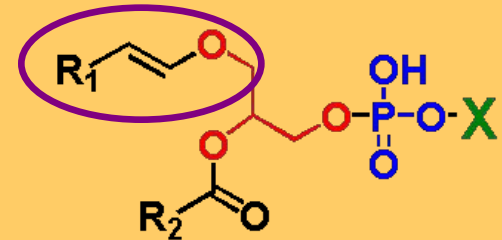
Сфингофосфолипиды



Сфингофосфолипиды

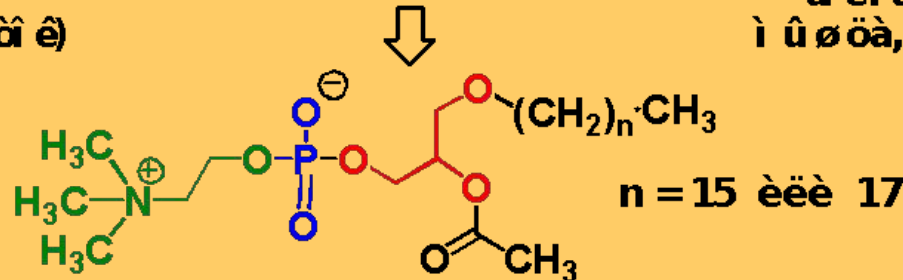
(сфингофосфолипиды) — это класс липидов, состоящих из сфингозина, связанного с одной жирной кислотой и фосфатной группой, связанной с другим молекулярным фрагментом (X).

Нефосфолипиды



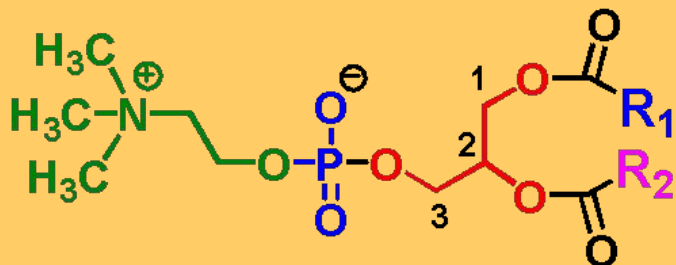
Нефосфолипиды

(нефосфолипиды) — это класс липидов, состоящих из сфингозина, связанного с одной ненасыщенной жирной кислотой и фосфатной группой, связанной с другим молекулярным фрагментом (X).



Кардиолипиды

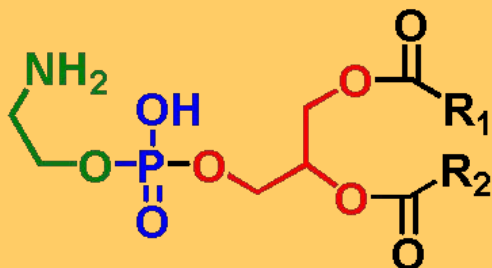
(кардиолипиды) — это класс липидов, состоящих из глицерина, связанного с двумя жирными кислотами и фосфатной группой, связанной с другим молекулярным фрагментом (X).



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

Они являются

50% от общего количества фосфолипидов в мембранах животных клеток. А именно: фосфатидилхолин - 50%, фосфатидилэтаноламин - 15-30%, фосфатидилсерин - 15-30%, фосфатидилинозитол - 15-30%.

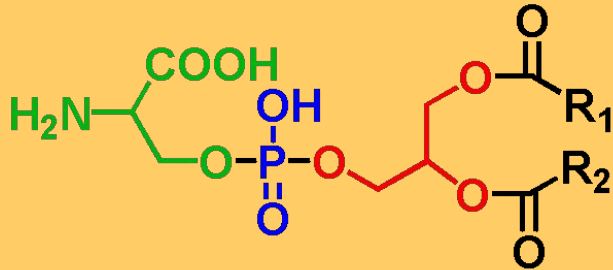


они являются основными компонентами мембран животных клеток. А именно: фосфатидилхолин - 50%, фосфатидилэтаноламин - 15-30%, фосфатидилсерин - 15-30%, фосфатидилинозитол - 15-30%.

Они являются

основными компонентами мембран животных клеток. А именно: фосфатидилхолин - 50%, фосфатидилэтаноламин - 15-30%, фосфатидилсерин - 15-30%, фосфатидилинозитол - 15-30%.

Фосфолипиды

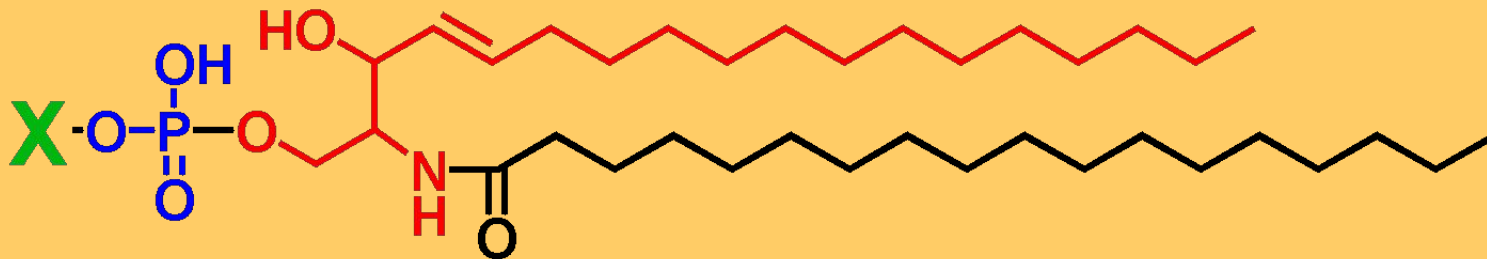


Аи 10-15% иò иáùãã ã èè-ãñòãã
 ô î ñô î èèè èäî â â òèáí ýõ ì èãèî èòàð-
 ù èõñý. Èî èàèèçàöèý: ì î çã, ñãðãõã,
 î á-áí ù, î î ÷èè, ñãèãç, í èà, è, ãèèã.

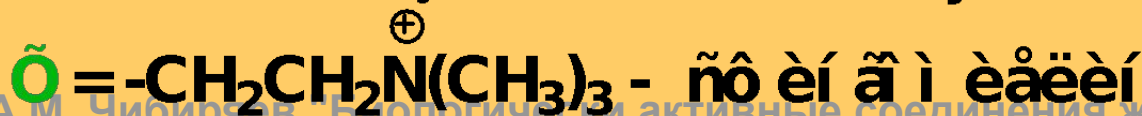
Ôî ñô àèèäèèñãðèí ù

Âù ñòóí àãò ðããðèýõ ðî ì àèèèáí î ñèè ðýãã ì àì áðáí î ñãýçáí í ù õ
 ô áðì áí õî â; ýãèýãòñý î ðããø ãñòããáí í èèè ì î ðè áèè ñèí òãçã
 ô î ñô àèèäèèýòáí î èàì èí î â.

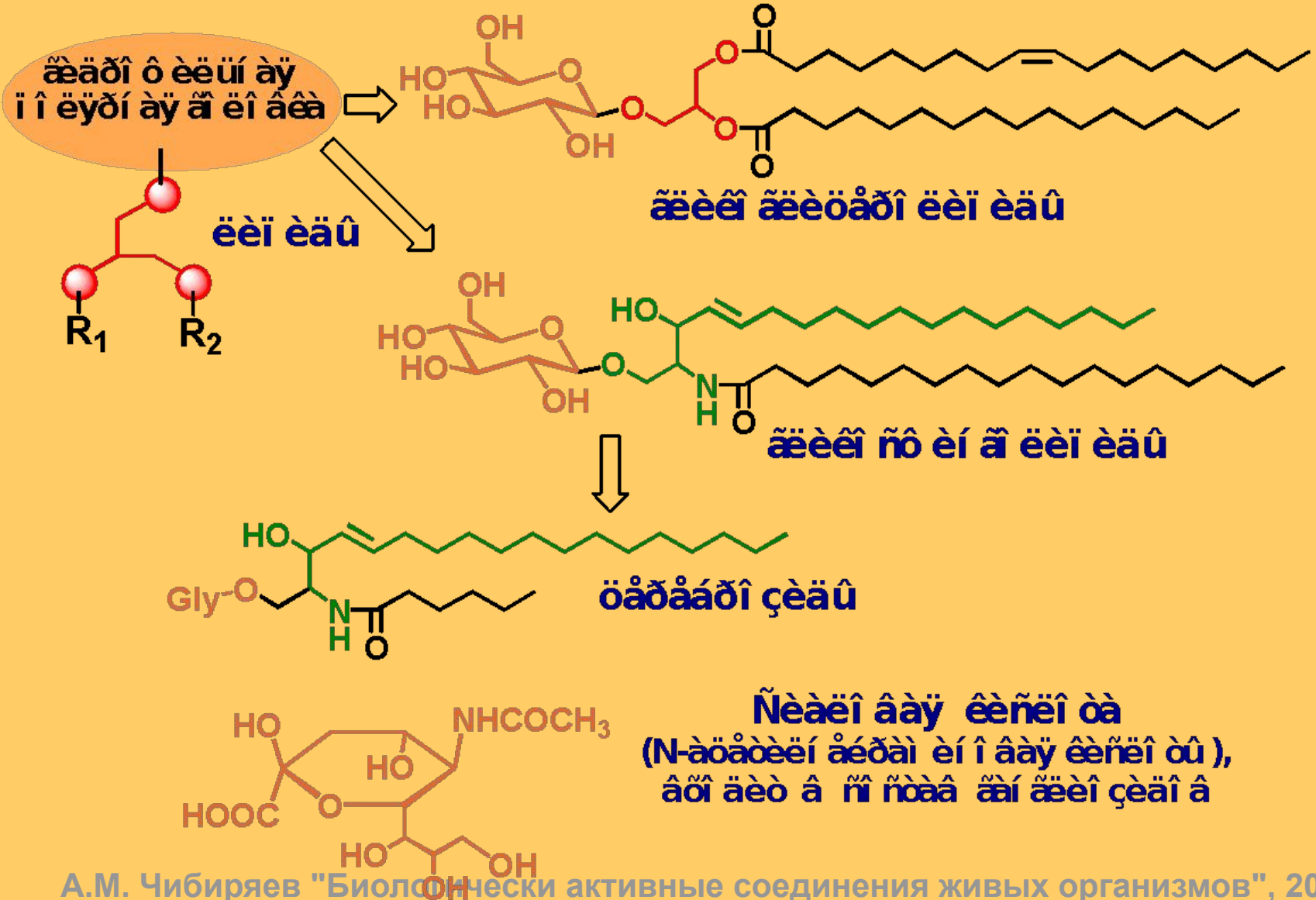
Ñò èí ã ô î ñô î èèè èãù .



(ñèí æ ù é ýò èð ô î ñô î ðí î é èèñè òù è
 ñò èí ã çèí î áí ã î ñí î ááí èý)



Ацетилхолин

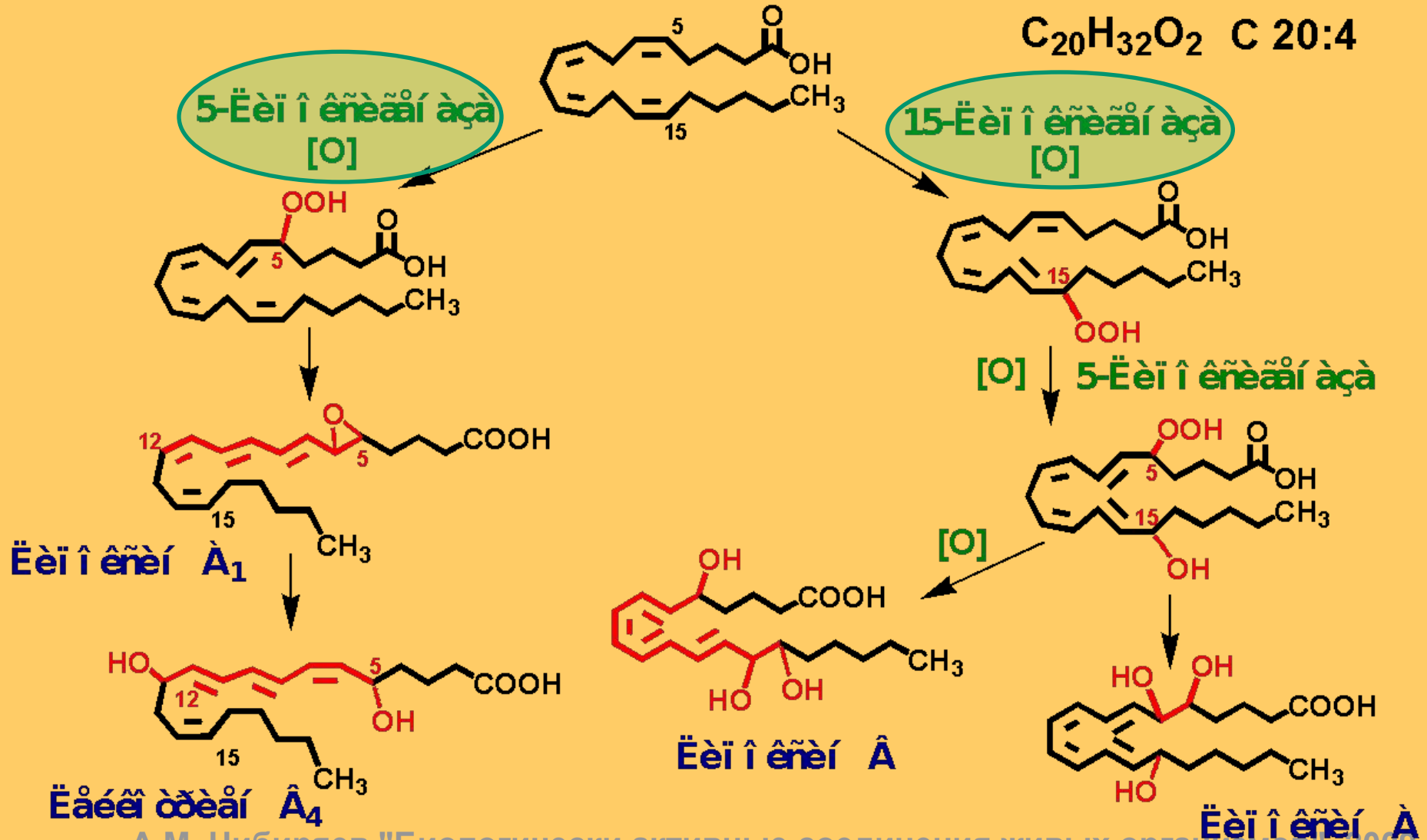


Каскад арахидоновой К-ТЫ

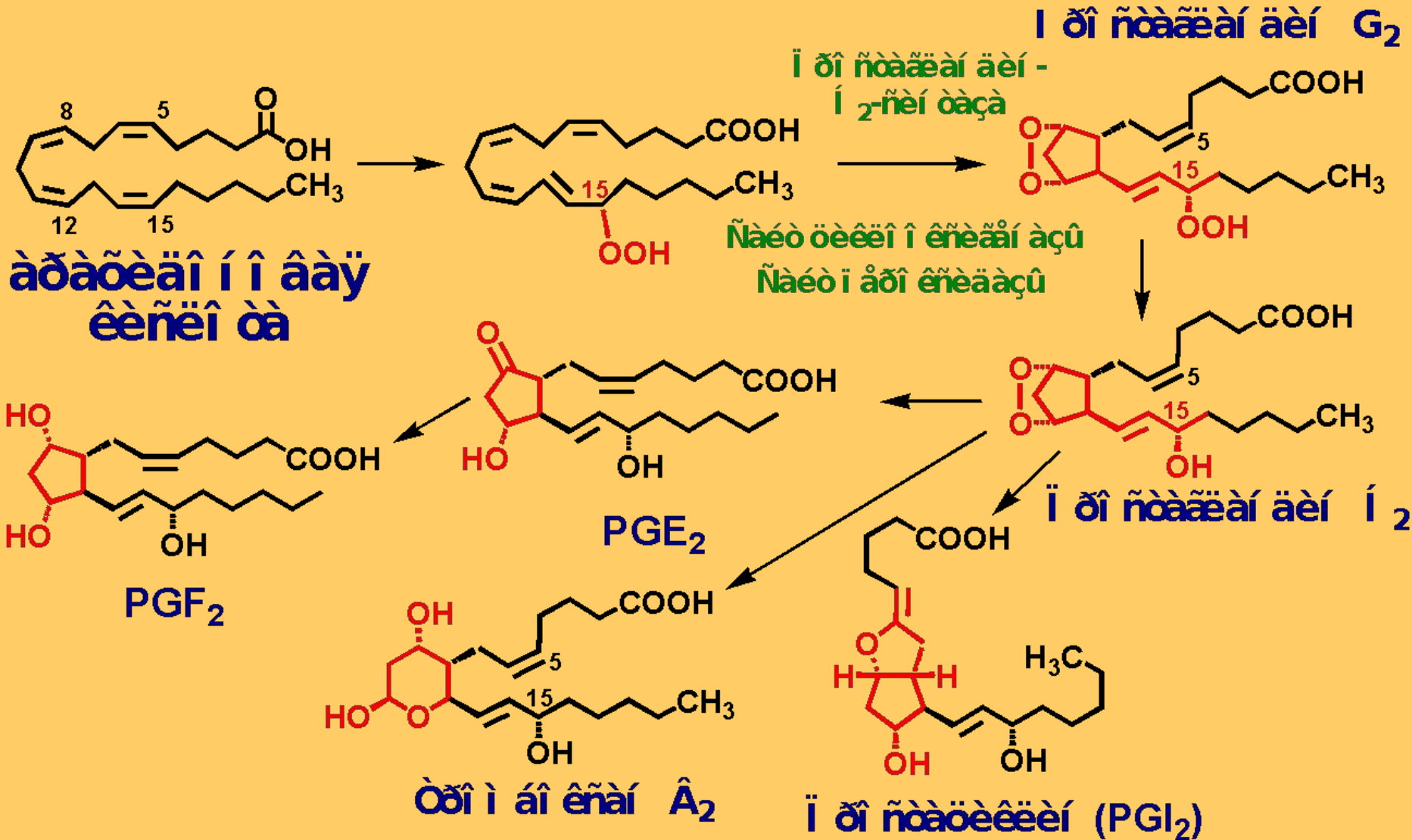
àðàõèäî í î âàü èèñèî à

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

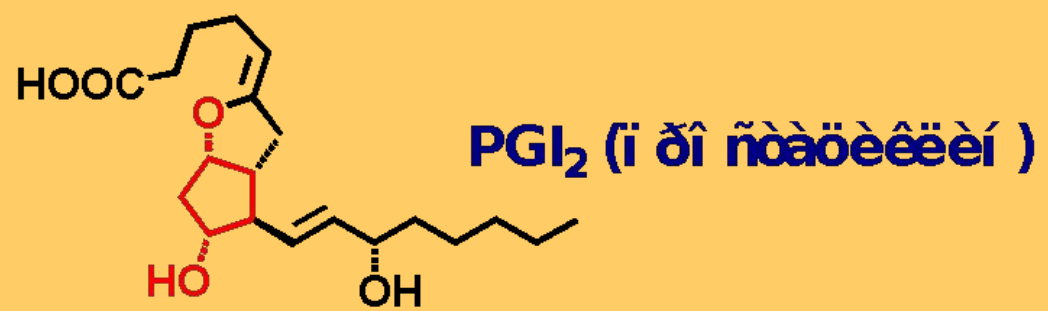
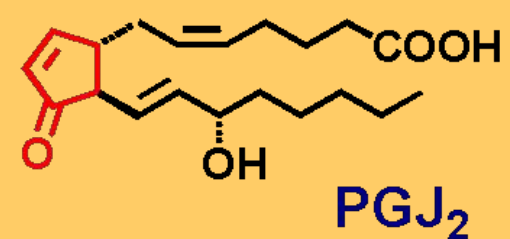
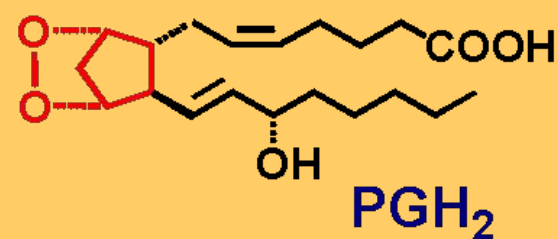
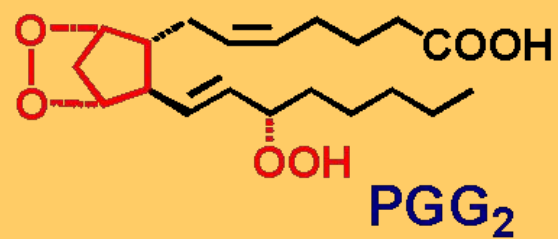
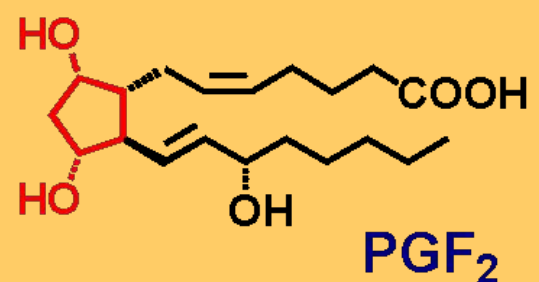
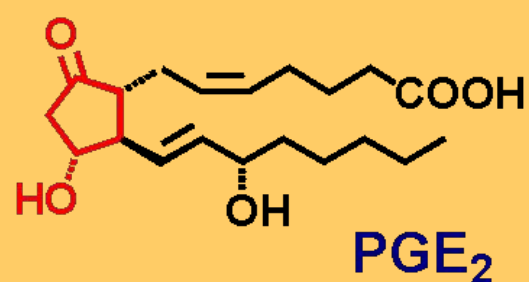
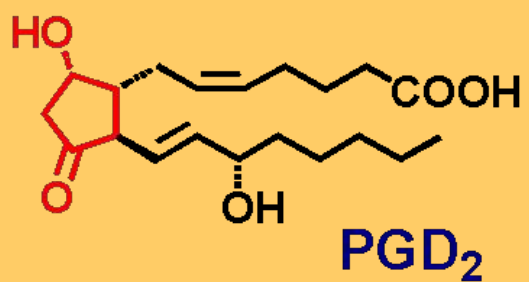
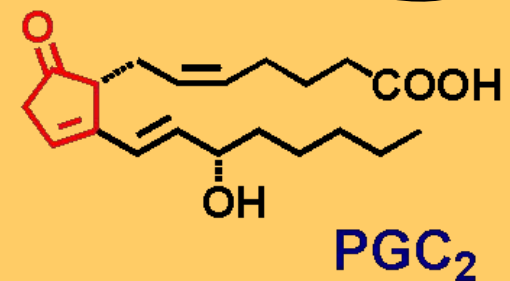
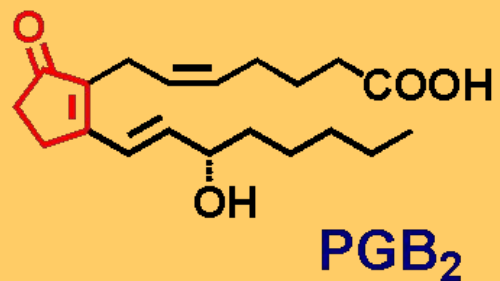
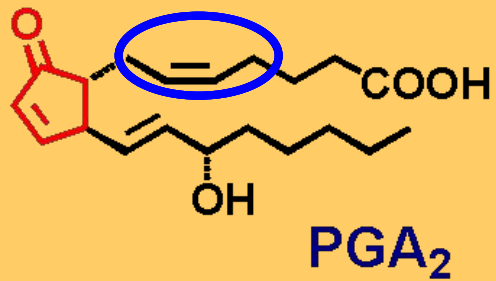
$C_{20}H_{32}O_2$ C 20:4



Каскад арахидоновой К-ТЫ



Простагландины



Простаноиды

25

ферментативно

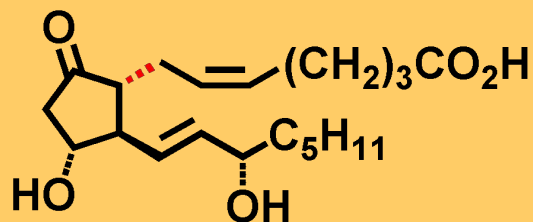
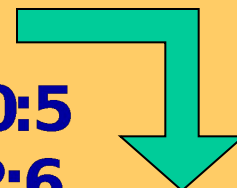
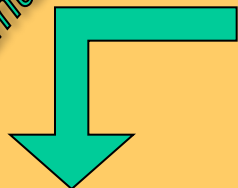
не ферментативно

α - ω 18:3

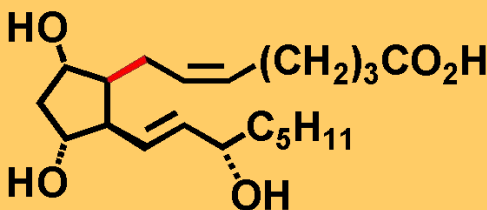
α - ω 20:4

γ - ω 20:5

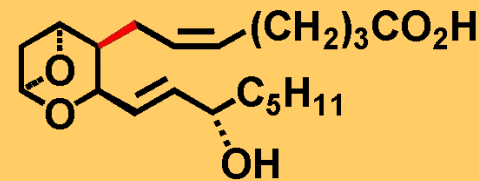
α - ω 22:6



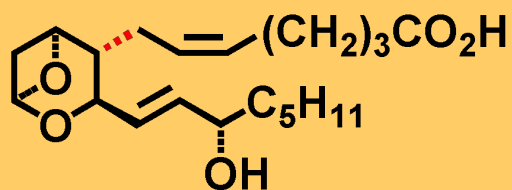
E_2



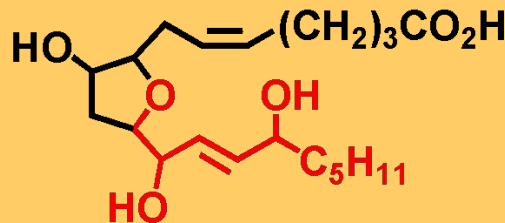
15-F_{2t}



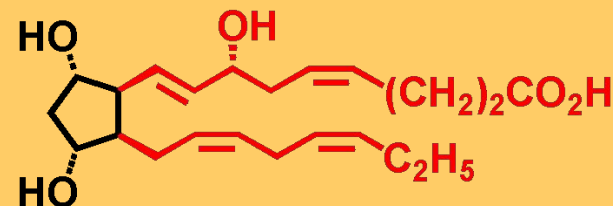
15-A₂



A₂



7-F_{4t}



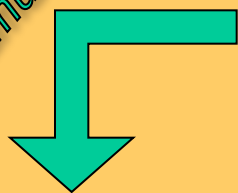
7-F_{4t}

Объект - животные

Простаноиды

26

ферментативно



α - ω 18:3

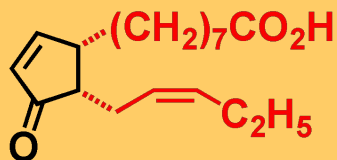
α - ω 20:4

γ - ω 20:5

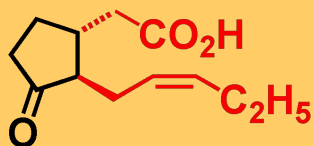
α - ω 22:6



Не ферментативно

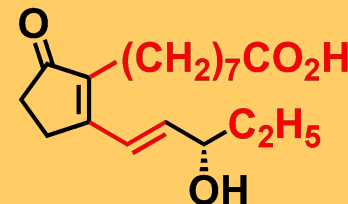


12- ω 7 -
- ω 18:3

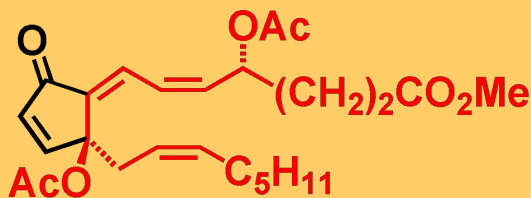


ω 6 -
 ω 18:3

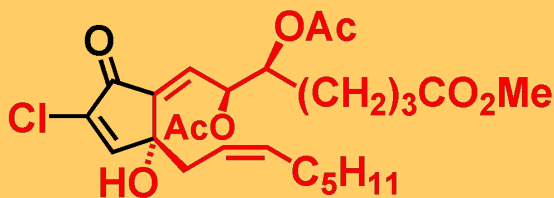
растения



ω 7 -
6-A₁



ω 7 -
1



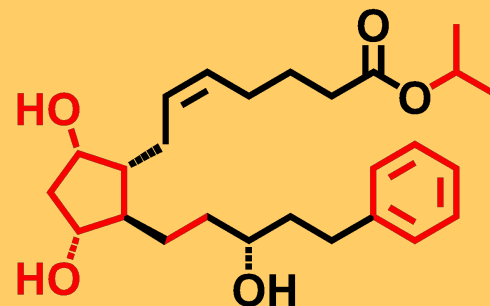
ω 7 -
1

морские
организмы

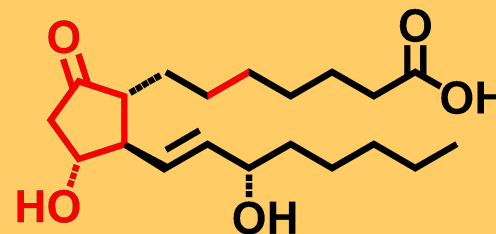
Препараты простагландинов.

27

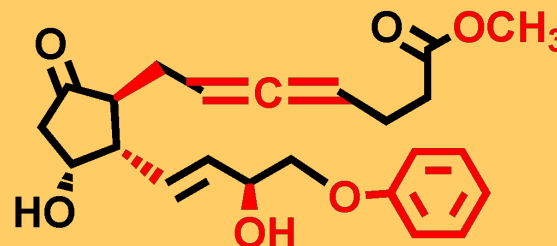
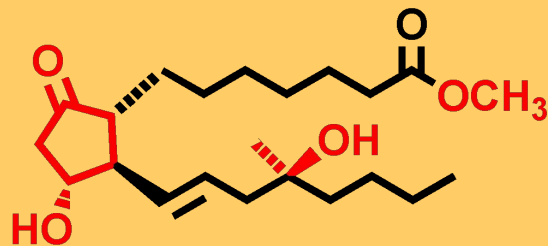
Латанопрост (Ксалатан) – антиглаукомное средство (на основе синтетического простагландина группы $F_{2\alpha}$).



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