

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.

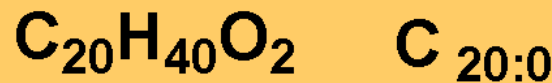
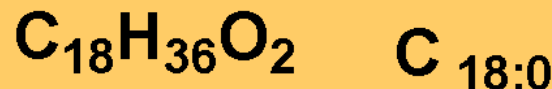
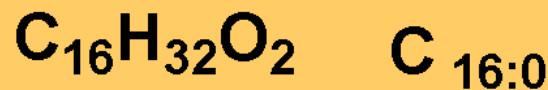
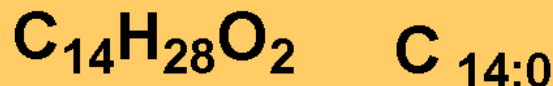
Сложные липиды делят на три большие группы: фосфолипиды (соединения, имеющие в своей структуре остаток фосфорной кислоты), гликолипиды (соединения, имеющие в своей структуре углеводный компонент) и сфинголипиды. Иногда сложные липиды дополнительно подразделяют на нейтральные, полярные и оксилипиды.

Составные части липидов - жирные кислоты

3

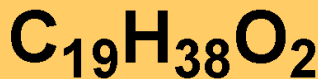
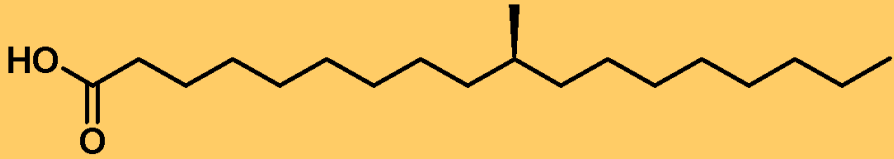
Известно более 800 жирных кислот, отличающихся по длине углеродной цепи, по степени и характеру её разветвления, числу и положению С=С связей, по природе и количеству других функциональных групп (COOH, OH, SH, NH₂ и др.).

Í àñû ù áí í û á æøđí û á èèñëî ù



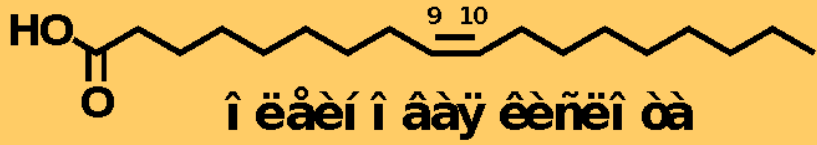
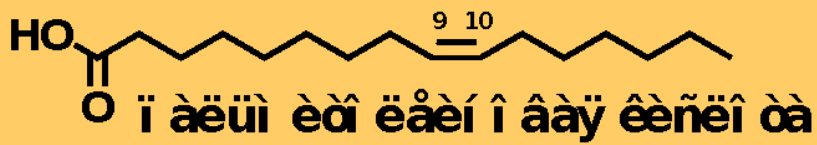
Составные части липидов - жирные кислоты

À ñî ñòàââ èèì èäì â áàèòáðèàèüì û õ èèàõì é ÷àñòì àñòðá÷àð òñÿ ðàçàâòàèáíí û á æèðí û á èèñèì òù, ñ òèèèì ï ðí ï áíí âùì ò ðàâ áí õì èèè ñ ÍÍ -ãðí ï ï é.



òóááðéóèì ñòáàðèí ï âàÿ èèñèì òà
Í áí àñù ù áí í û á æèðí û á èèñèì òù

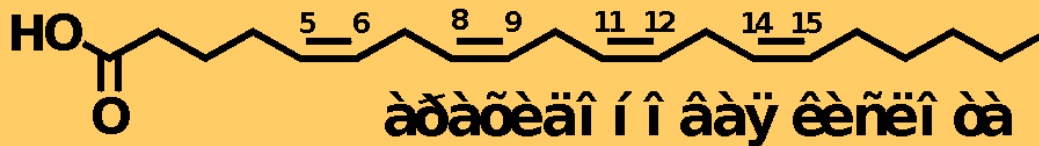
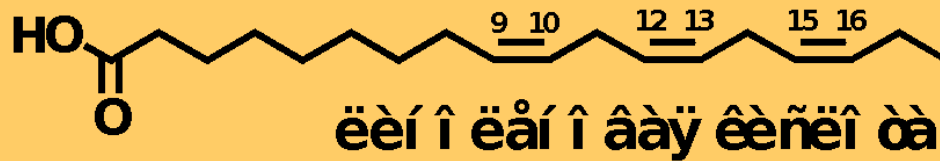
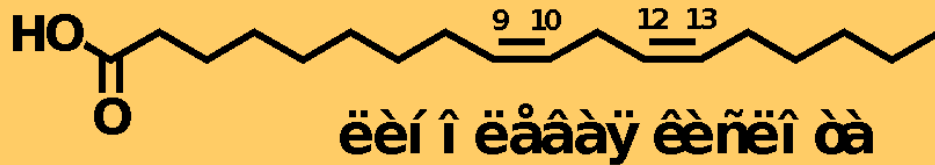
í ï í áí í âù á



(í ò42 äí 55% á ï àñèá 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



ï ëèáí î âùà è ëèí î ëääàäÿ êèñëî òù ñí ñòàâëÿð ò î ëî ëî 60%
 àññö ÆË òàññòèòàëüí ù õ ì àññö.

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.

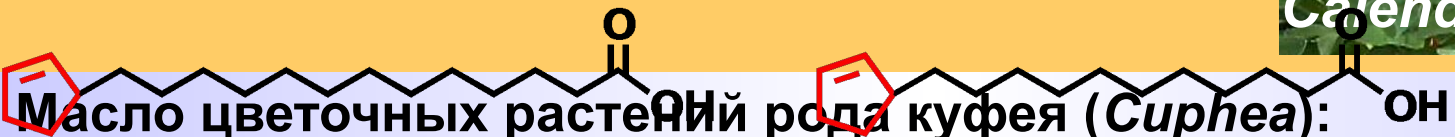
Касторовое масло из клещевины – 90% рицинолевой кислоты 12-OH-18:1(n-9); годовое производство – более 500 тыс. т.



Масло индийских растений рода *Hydnocarpus*

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

Hydnocarpus Kurzii – 27% чаульмугровой к-ты



Cuphea – 82.2% каприновой кислоты 10:0

Cuphea – 80.1% лауриновой кислоты 12:0

Масло растений с необычным составом жирных кислот.

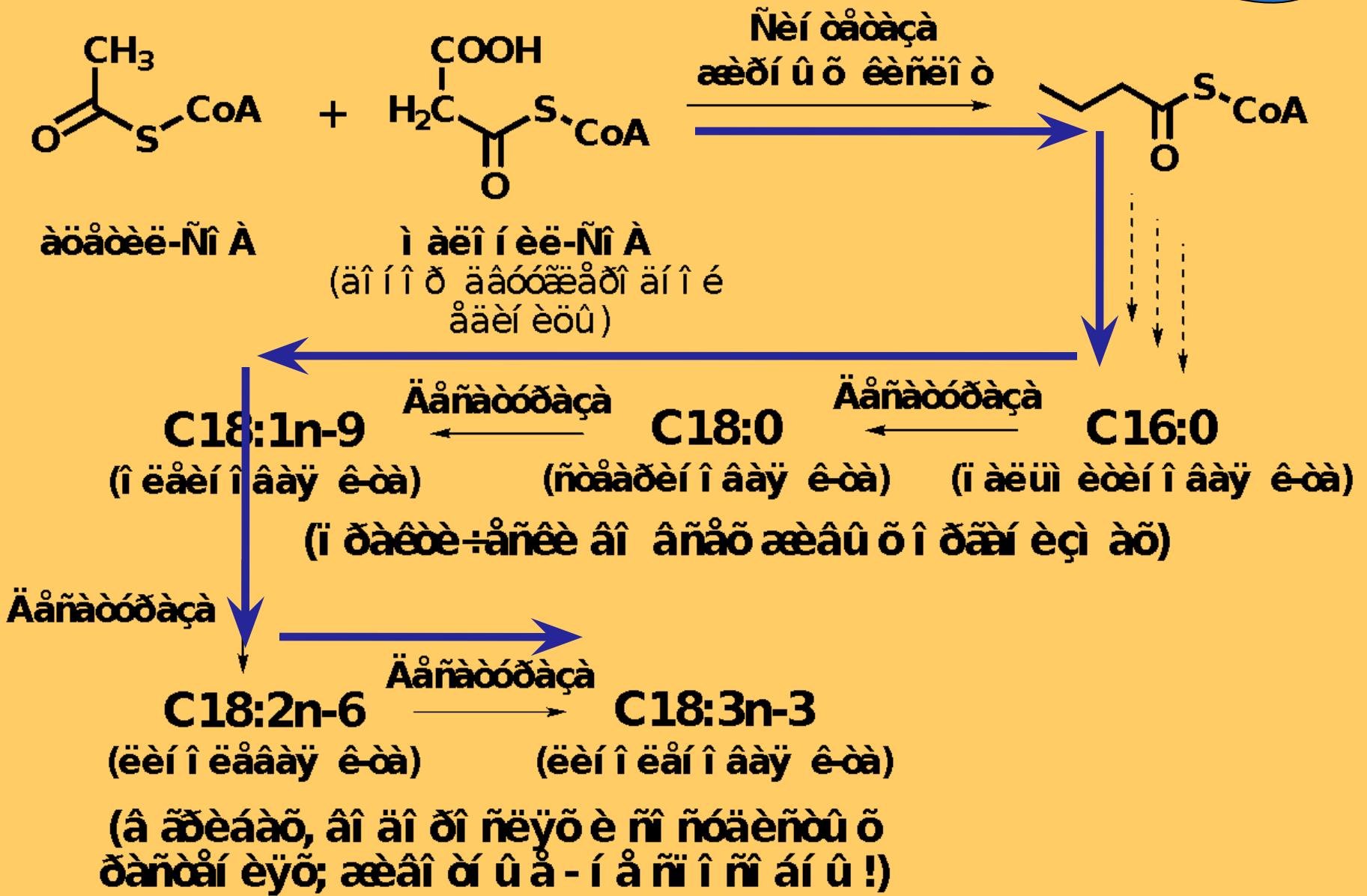
Масла с высоким содержанием стеариновой кислоты (18:0):

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

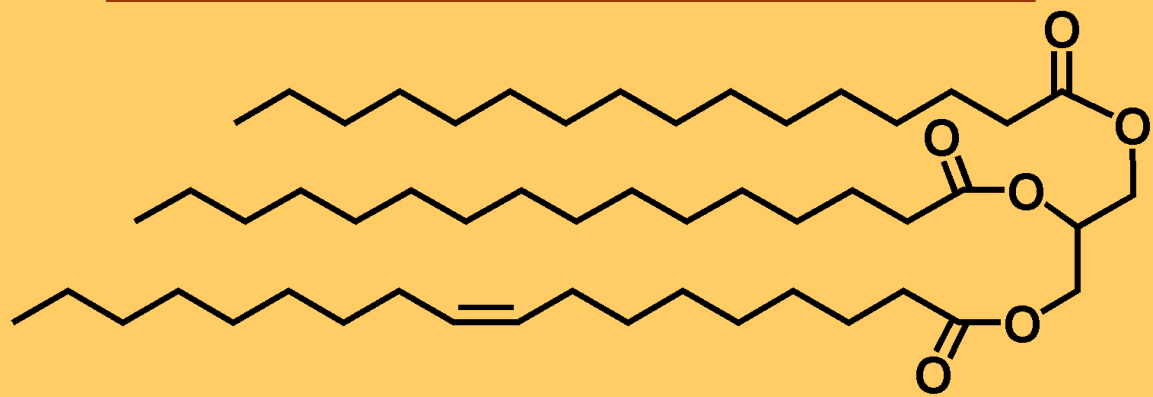


Èèí î ëåààÿ è èèí î ëåáí î âàÿ èèñëî òù í à ñèí òàџèџòр òŋÿ â
 î џаáí èџì àõ âú ñø èõ æèâî òí û õ, í î í áí áõí æèí û äëÿ í î џì àëüí î ä
 æèџí âí ä î áí áí à => ÿâëÿр òŋÿ í àџàí áí èí ûì è èèñëî òàè è.

Биосинтез полиеновых кислот.

Ê-òù èèí î ëåâî ä ðÿäà
18:2n-6 → 18:3n-6 → 20:3n-6 → 20:4n-6 → 22:4n-6 → 22:5n-6
Ê-òù èèí î ëåáí î âî ä ðÿäà
18:3n-3 → 18:4n-3 → 20:4n-3 → 20:5n-3 → 22:5n-3 → 22:6n-3
 (î ðàèèè÷áñèè âí âñáõ æèâú õ î џаáí èџì àõ, êџí ò á æèâî òí û õ-
 òèù í èèí â è òâáòèí âú õ ðàñòáí èé!)

Простые липиды – жиры.

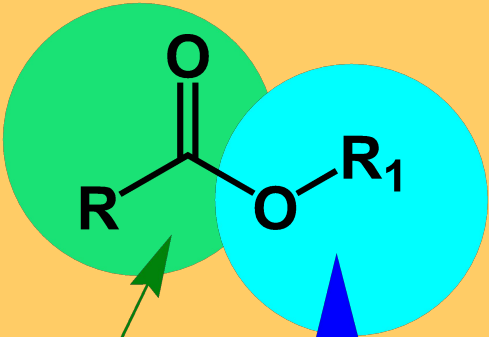


Простые липиды – жиры

Составные простых липидов – жирные спирты.

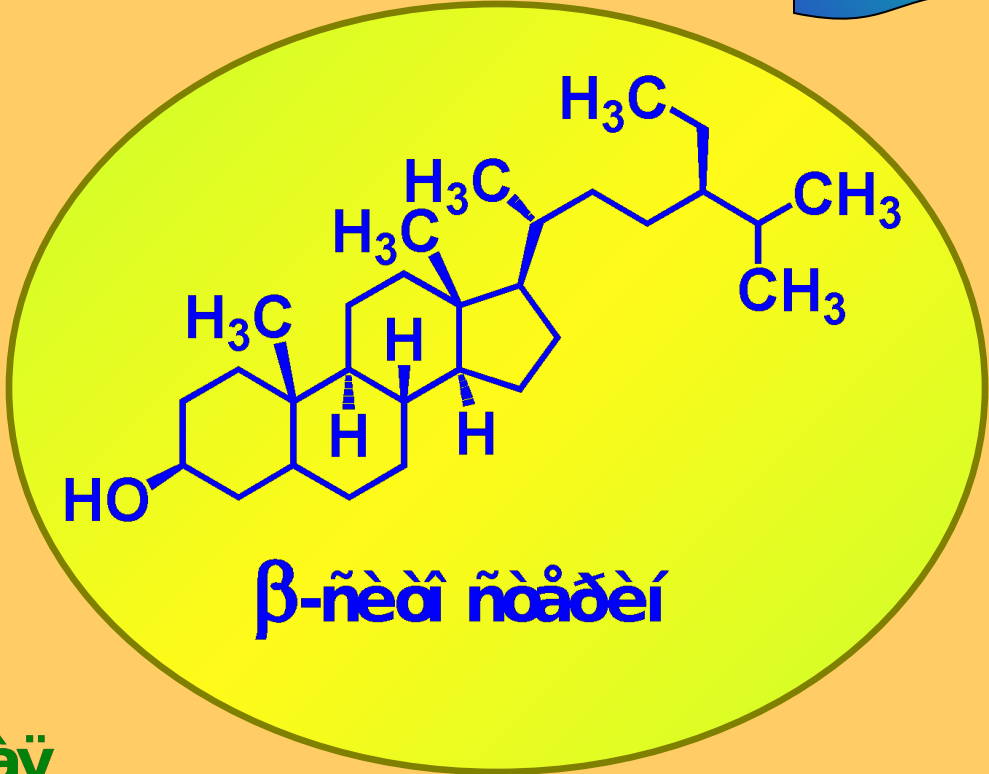


Простые липиды – воски.



Группа R
 группа R₁

Группа R₁



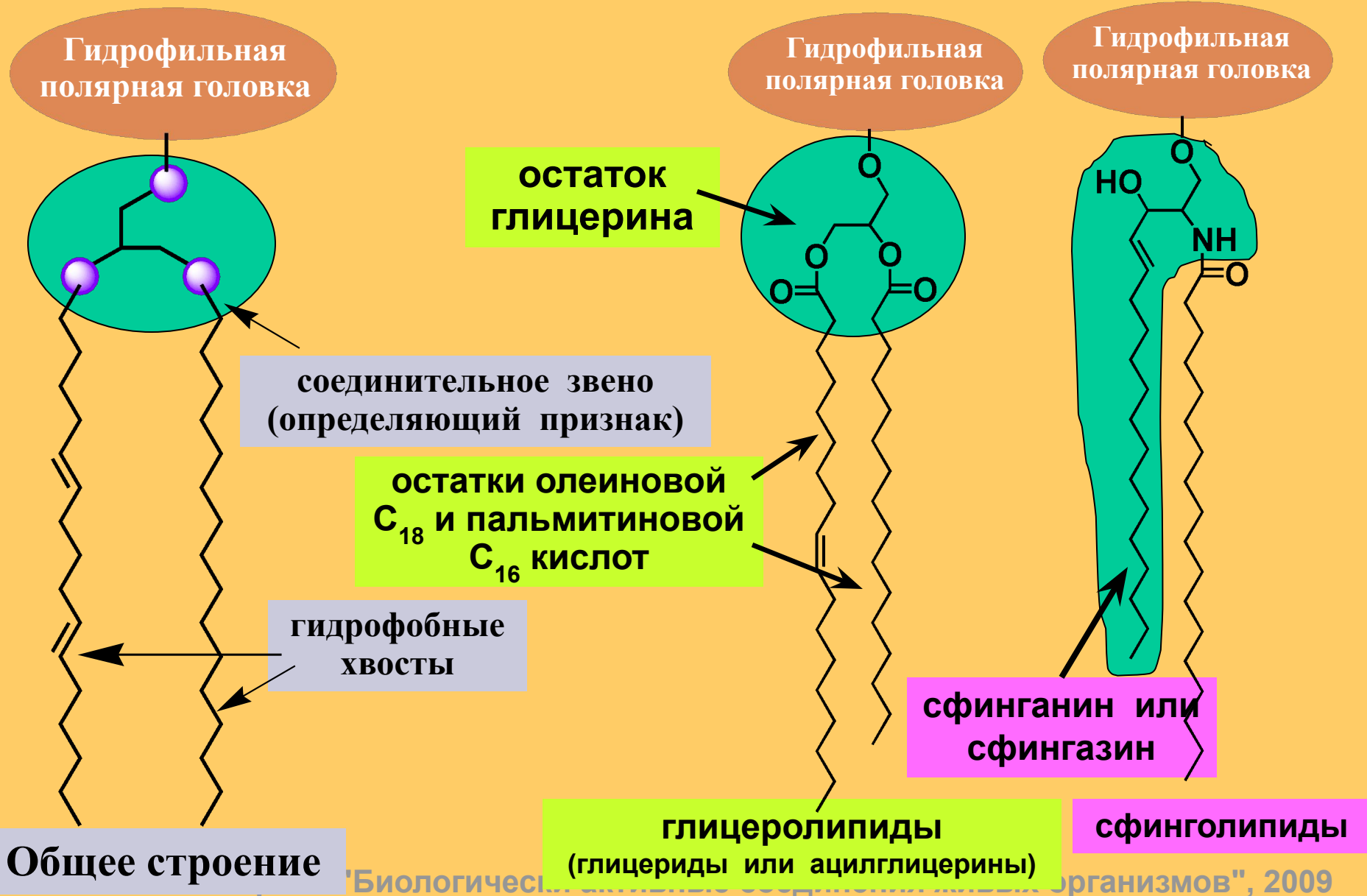
β-ситостерин

$C_{15}H_{31}OH$ - пентадекан-1-ол
 $C_{25}H_{51}OH$ - пентадекан-1-ол

$C_{19}H_{39}OH$ - фитонол
 $n-C_{30}H_{61}OH$ -triacontanol

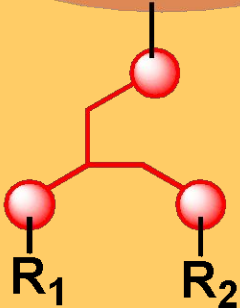
Первичная классификация липидов биологических мембран

15

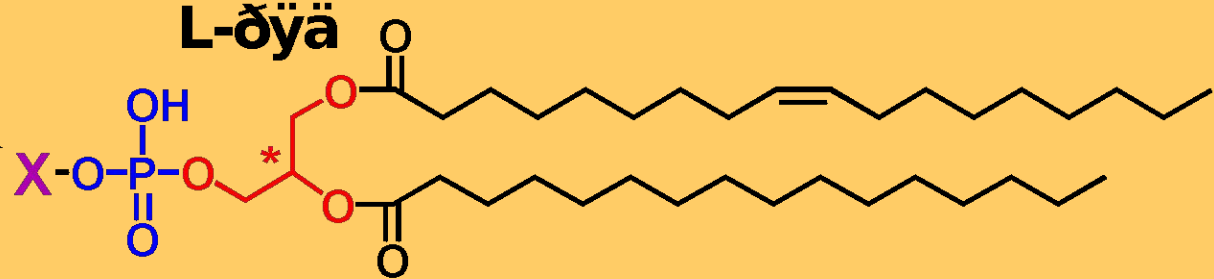


Фосфолипиды – главные компоненты биологических мембран

$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{R}_1)-\text{CH}_2-\text{NH}_2$
 $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{R}_2)-\text{CH}_2-\text{NH}_2$



$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$



$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$
 (фосфолипиды)

$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ - фосфолипиды

(1-5% в мембранах животных и растений; в мембранах растений и грибов; в мембранах грибов и бактерий; в мембранах бактерий и архей)

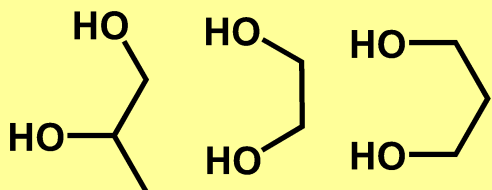
Составные части липидов биологических мембран

ãëèöåðî ëèë èäû

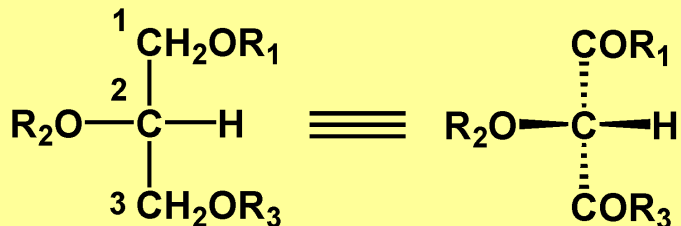


более 50% от встречающихся в природе

ЖК + глицерин (или другие полиолы)



äèî ëüí û å ëèë èäû



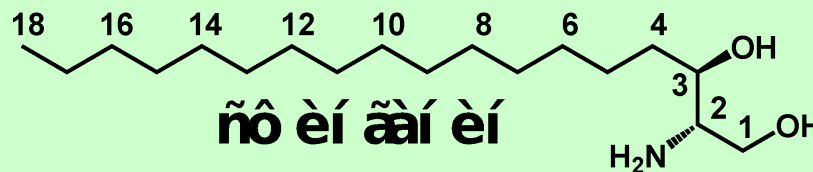
ï ðî åëöëü Ôèø åðà ãëèöåðèäèäî ä

ñô èí ã ëèë èäû



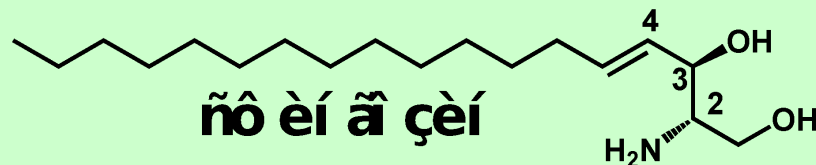
Строительный материал нервных тканей и мозга

жирные кислоты + сфингозиновые основания



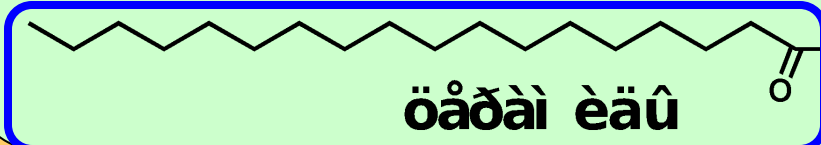
ñô èí ãäí èì

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



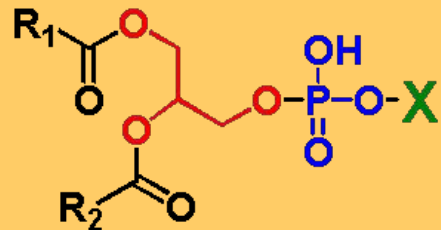
ñô èí ã çèí

(2S, 3R, 4Å)-2-àì èí î î èòäåäåäèäí -4-äèì ë-1,3



öåðàì èäû

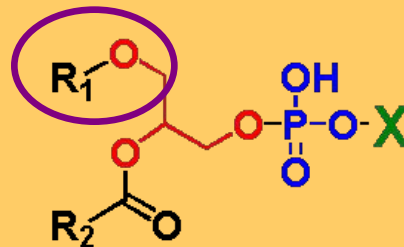
Глицерофосфолипиды



Глицерофосфолипиды

Глицерофосфолипиды

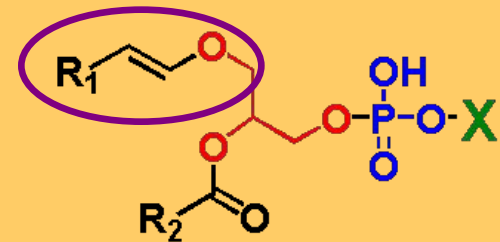
Сфингофосфолипиды



Сфингофосфолипиды

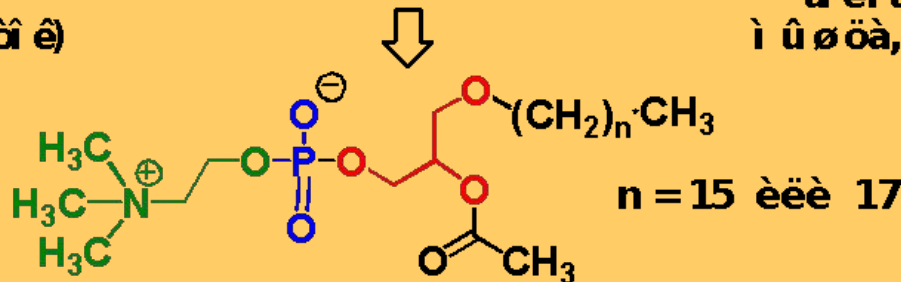
Сфингофосфолипиды

Сфинголипиды



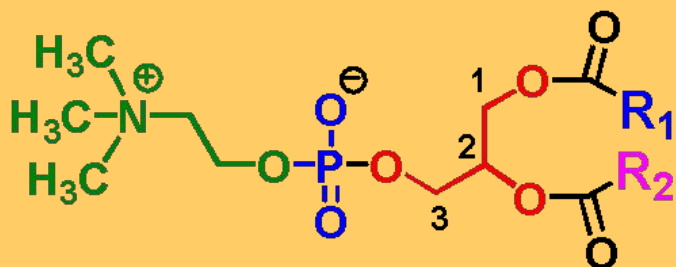
Сфинголипиды

Сфинголипиды



Сфинголипиды

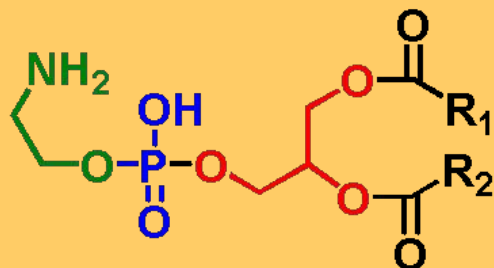
Сфинголипиды



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

Они являются

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

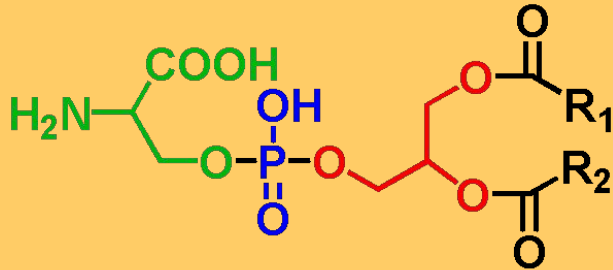


Их составу принадлежит 15-30% их составу принадлежат фосфолипиды. А именно: фосфатидилхолин, фосфатидилэтаноламин, фосфатидилсерин, фосфатидилinositol.

Они являются

А именно: фосфатидилхолин, фосфатидилэтаноламин, фосфатидилсерин, фосфатидилinositol.

Фосфолипиды

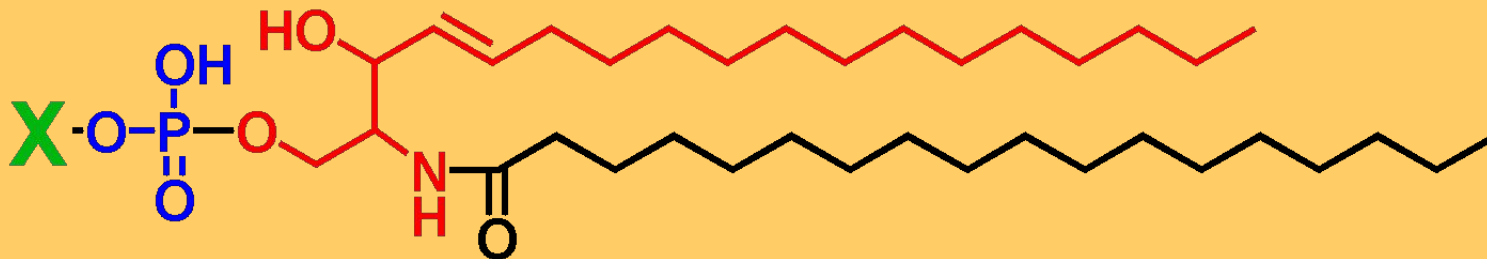


Аи 10-15% î ò î áù áã ã è èè-ãñòâà
 ô î ñô î èèì èäî â â òèáí ýõ ì èãèî èòàð-
 ù èõñü. Èî èàèèçàöèÿ: ì î çã, ñãðãöã,
 î á-áí ü, î î ÷èè, ñãèãç, í èà, è, ãèèã.

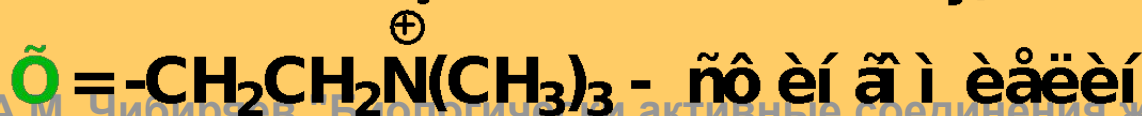
Ôî ñô àèèäèèñãðèí ù

Âù ñòóí ààò ðããðèÿü ðí ì àèèèáí î ñèè ðÿãà ì àì áðáí î ñãÿçáí í ù õ
 ô áðì áí õí â; ÿãèÿãòñÿ ì ðããø ãñòãáí í èèì ì ì ðè áèí ñèí òãçã
 ô î ñô àèèäèèÿòáí î èàì èì î â.

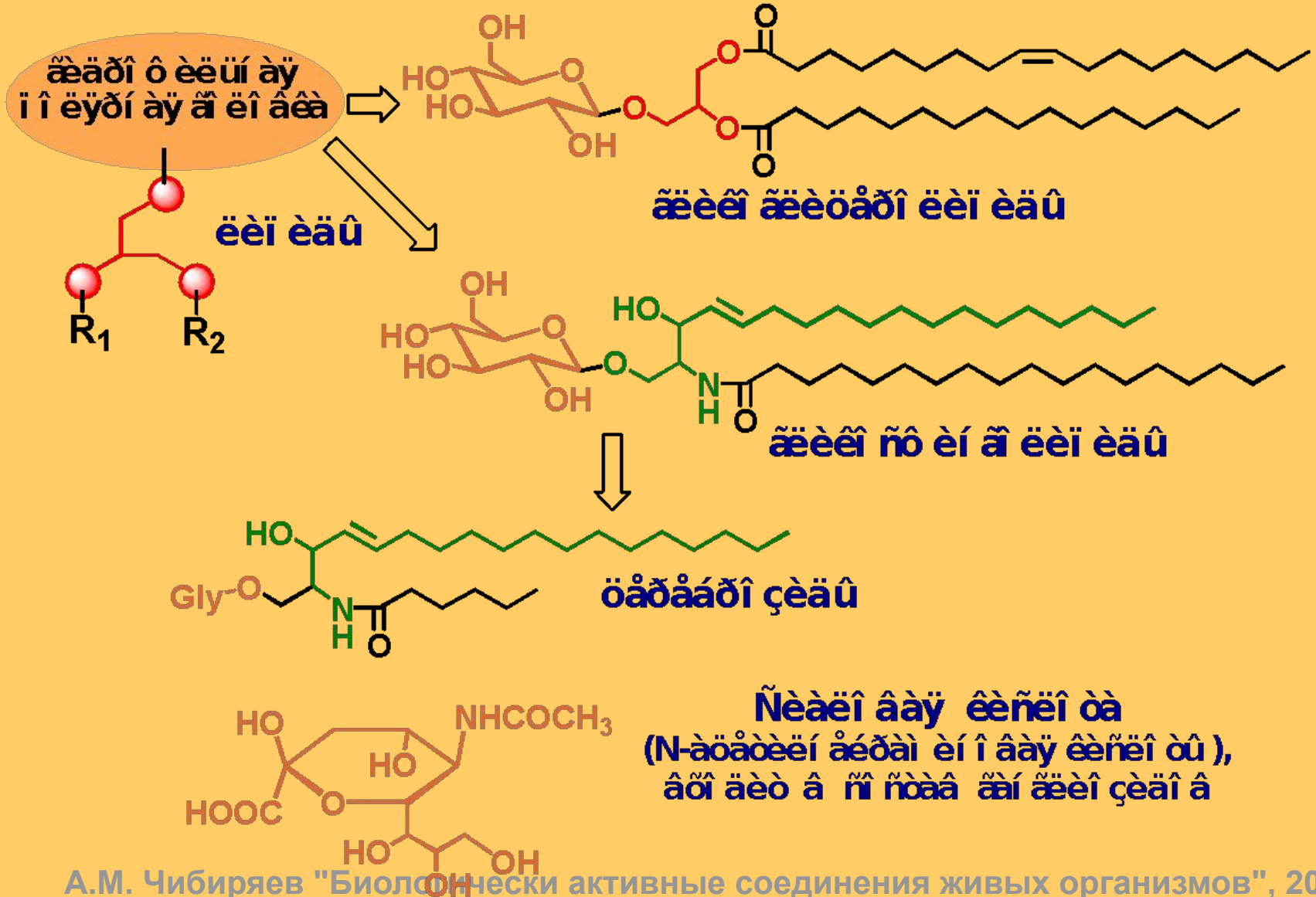
Ñò èí ã ô î ñô î èèì èäü .



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



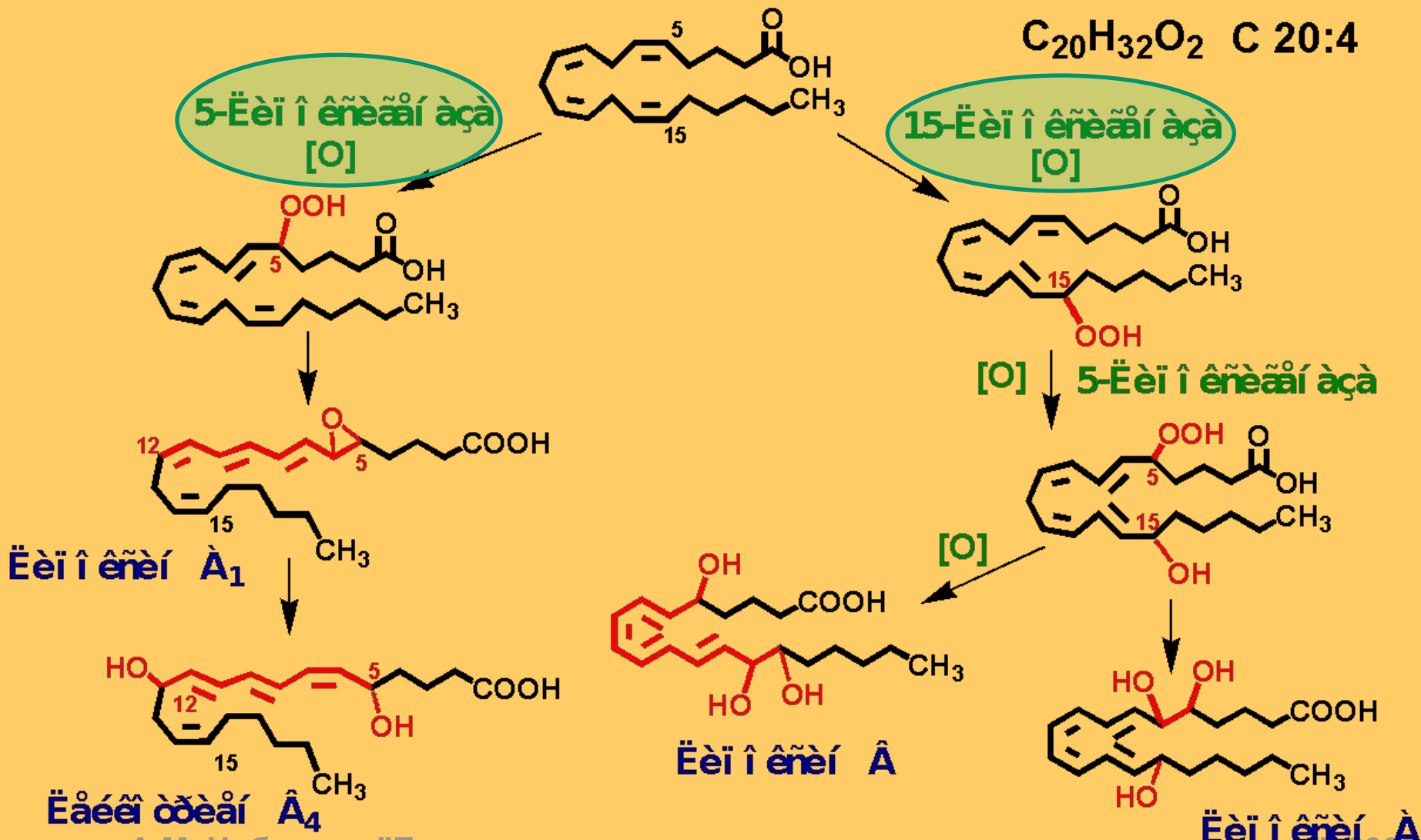
Аэеëî ëèï èäû .



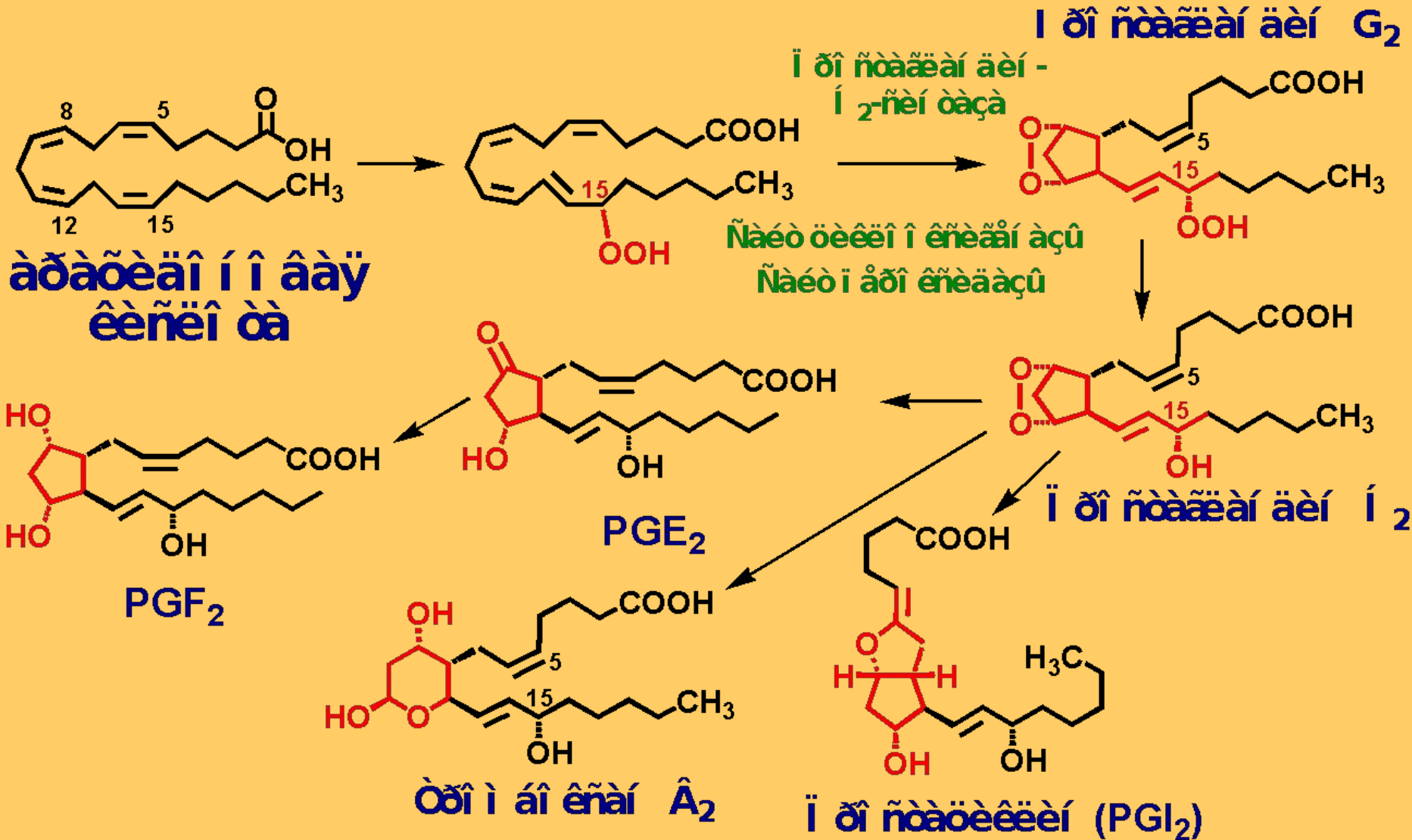
Каскад арахидоновой К-ТЫ

àðàõèäî í î âàÿ èèñèî à

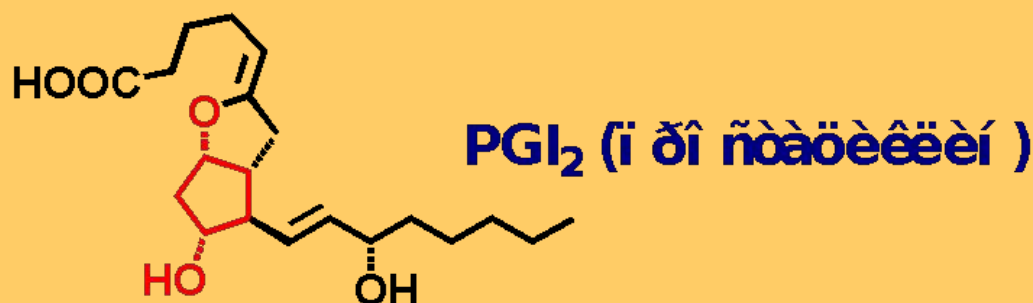
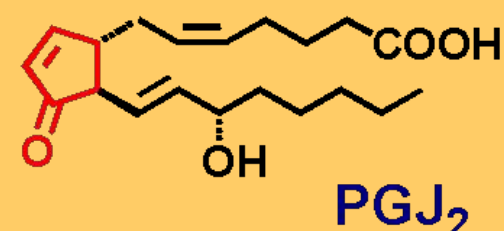
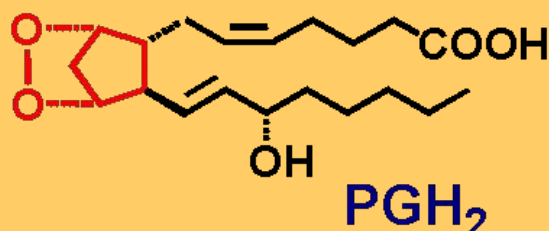
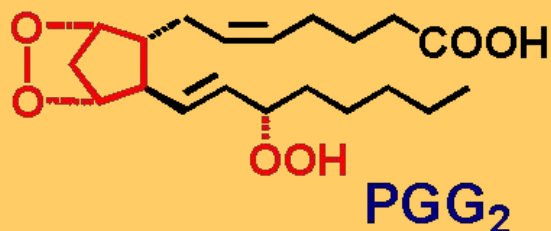
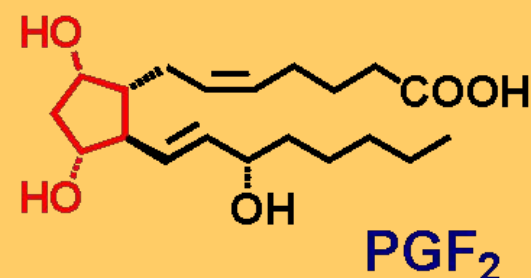
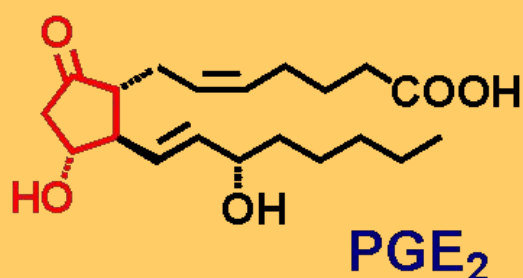
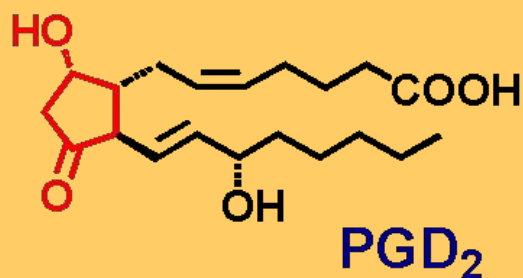
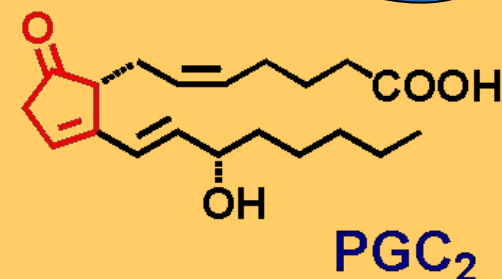
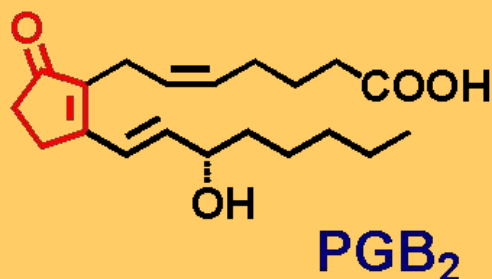
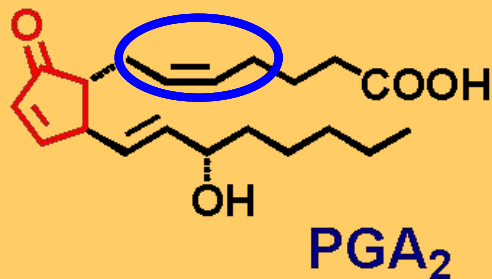
Öèñ, öèñ, öèñ, öèñ - Ýéñ çà-5,8,11,14-òàððàáî í âàÿ èèñèî à



Каскад арахидоновой К-ТЫ



Простагландины



Простаноиды

25

ФЕРМЕНТАТИВНО

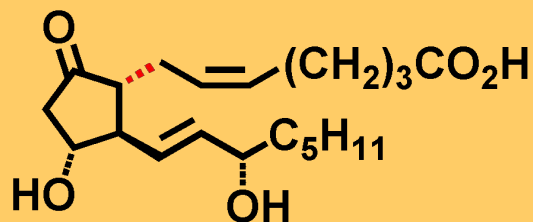
Не ферментативно

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

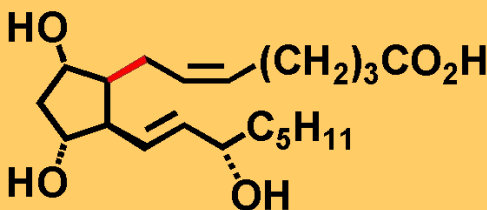
\hat{a} \hat{d} \hat{a} \hat{o} \hat{e} \hat{a} \hat{i} \hat{i} \hat{a} \hat{a} \hat{y} \hat{e} \hat{o} \hat{a} $\hat{N}20:4$

\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} $\hat{N}20:5$

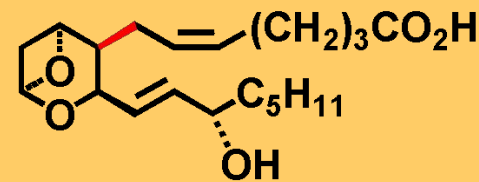
\hat{a} \hat{i} \hat{e} \hat{c} \hat{a} \hat{a} \hat{e} \hat{n} \hat{a} \hat{a} \hat{i} \hat{i} \hat{a} \hat{a} \hat{y} \hat{e} \hat{o} \hat{a} $\hat{N}22:6$



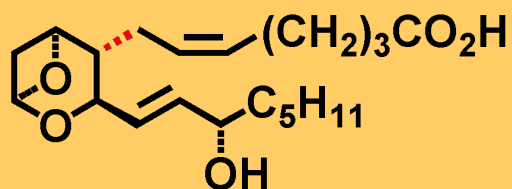
\hat{i} \hat{d} \hat{i} \hat{n} \hat{o} \hat{a} \hat{a} \hat{e} \hat{a} \hat{i} \hat{a} \hat{e} \hat{i} E_2



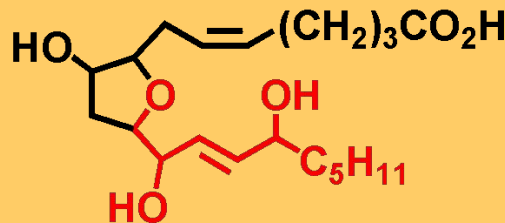
\hat{e} \hat{c} \hat{i} \hat{i} \hat{d} \hat{i} \hat{n} \hat{o} \hat{a} \hat{i} $15-F_{2t}$



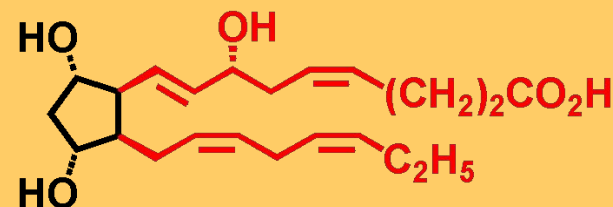
\hat{e} \hat{c} \hat{i} \hat{o} \hat{d} \hat{i} \hat{i} \hat{a} \hat{i} \hat{e} \hat{n} \hat{a} \hat{i} $15-A_2$



\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}



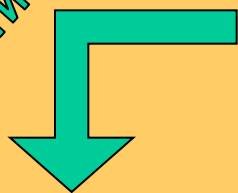
\hat{i} \hat{a} \hat{e} \hat{o} \hat{d} \hat{i} \hat{i} \hat{d} \hat{i} \hat{n} \hat{o} \hat{a} \hat{i} $7-F_{4t}$

Объект - животные

Простаноиды

26

ферментативно



α - ω -18:3

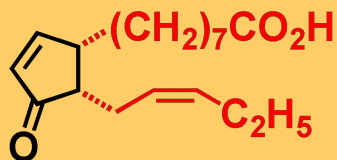
α - ω -20:4

γ - ω -20:5

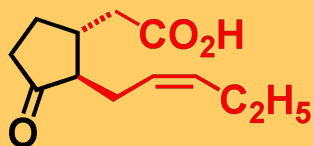
α - ω -22:6



не ферментативно

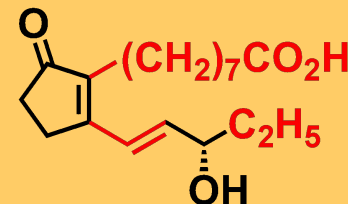


12- ω -ethyl-10-oxo- Δ^5 -prostanic acid

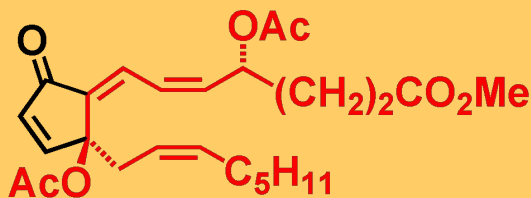


12-ethyl-10-oxo- Δ^5 -prostanic acid

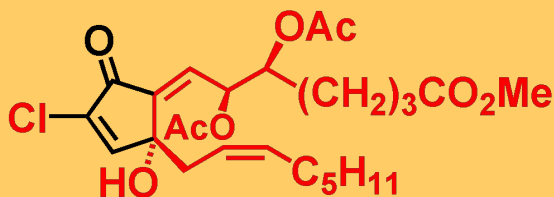
растения



6-ethyl-10-oxo- Δ^5 -prostanic acid



12-ethyl-10-oxo- Δ^5 -prostanic acid



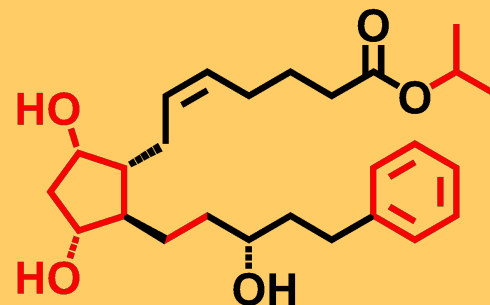
12-ethyl-10-oxo- Δ^5 -prostanic acid

морские организмы

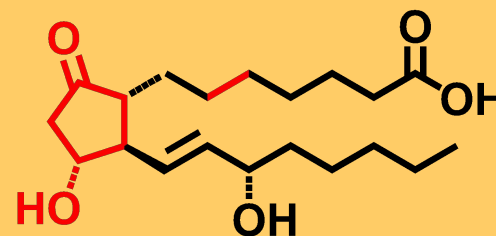
Препараты простагландинов.

27

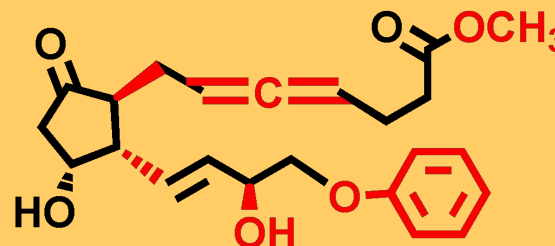
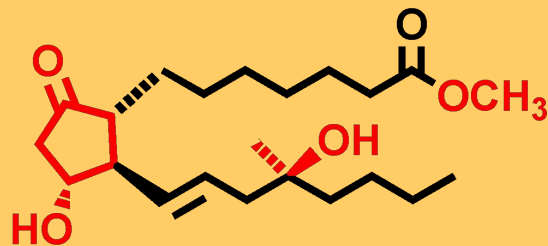
Латанопрост (Ксалатан) – антиглаукомное средство (на основе синтетического простагландина группы $F_{2\alpha}$).



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