

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.

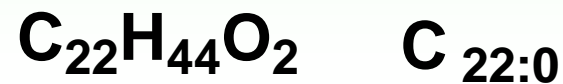
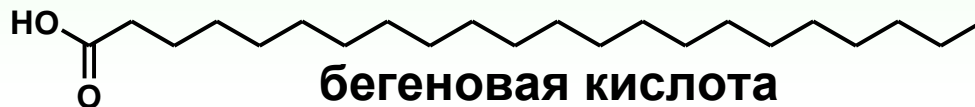
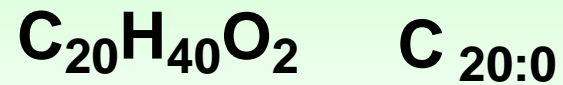
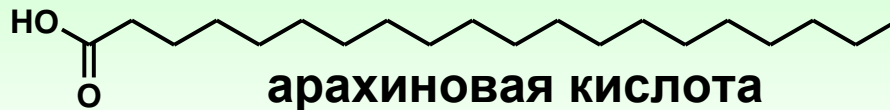
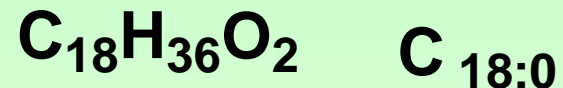
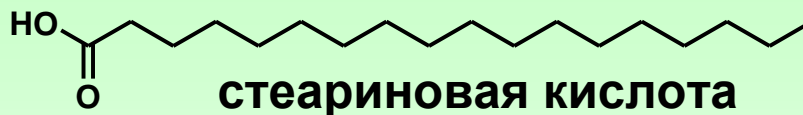
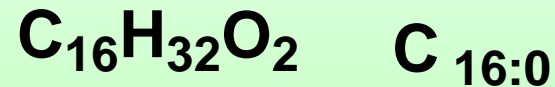
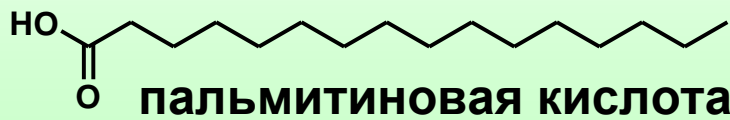
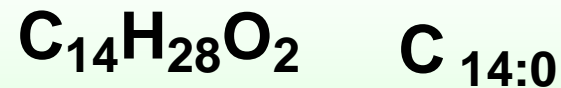
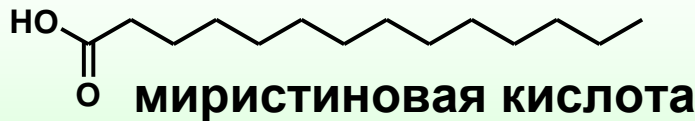
Воски состоят из сложных эфиров высших жирных кислот и одно- или двухатомных высших спиртов.

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.

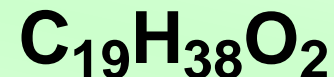
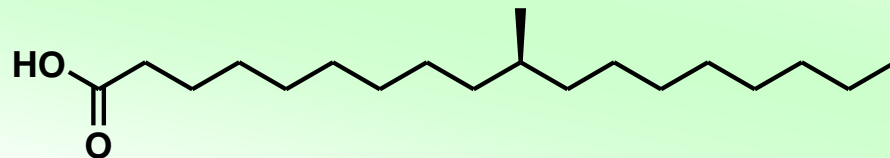
Сложные липиды делят на три большие группы: фосфолипиды (соединения, имеющие в своей структуре остаток фосфорной кислоты), гликолипиды (соединения, имеющие в своей структуре углеводный компонент) и сфинголипиды. Иногда сложные липиды дополнительно подразделяют на нейтральные, полярные и оксилипиды.

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.).

Насыщенные жирные кислоты



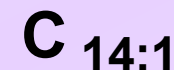
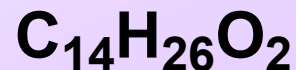
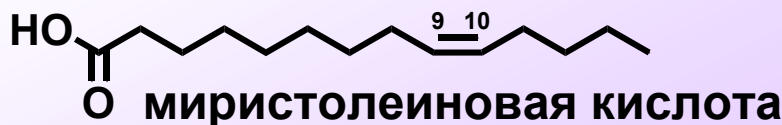
В составе липидов бактериальных клеток часто встречаются разветвленные жирные кислоты, с циклопропановым фрагментом или с OH-группой.



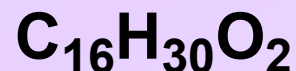
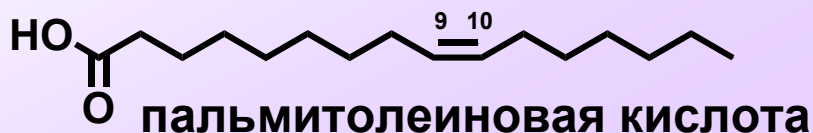
туберкулостеариновая кислота

Ненасыщенные жирные кислоты

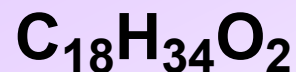
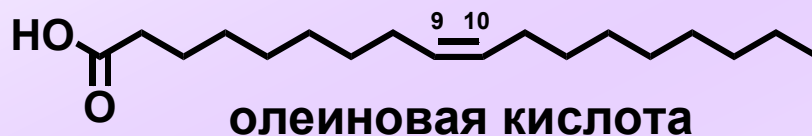
МОНОЕНОВЫЕ



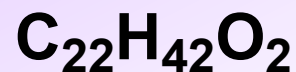
миристолеиновая кислота



пальмитолеиновая кислота



олеиновая кислота

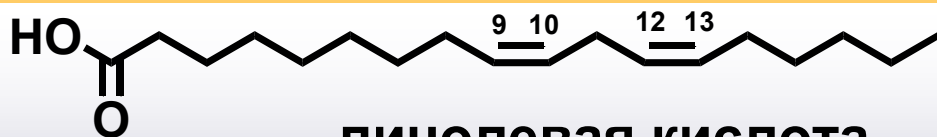


эруковая кислота

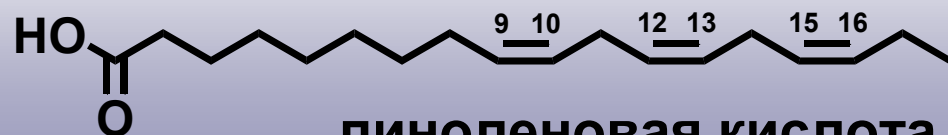
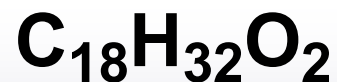
(от 42 до 55% в масле рапса и горчицы)

Составные части липидов - жирные кислоты

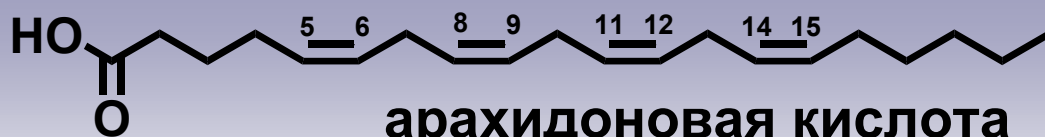
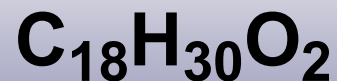
ПОЛИЕНОВЫЕ



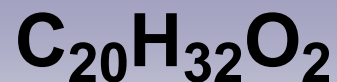
линолевая кислота



линоленовая кислота



арахидоновая кислота



Олеиновая и линолевая кислоты составляют около 60% всех ЖК растительных масел.

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 Kurzii



Hydnocarpus laurifolia



69
13

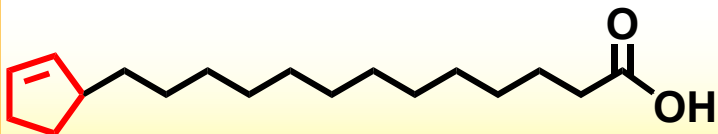


Calendula officinalis

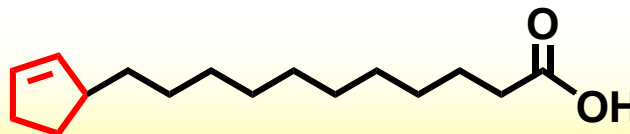
календовая кислота

18:3 (8t, 10t, 12c) ИД

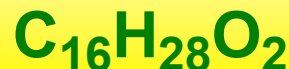
Hydnocarpus Kurzii – 27% чаульмуговой к-ты



чаульмуговая кислота



гиднокарповая кислота



:0

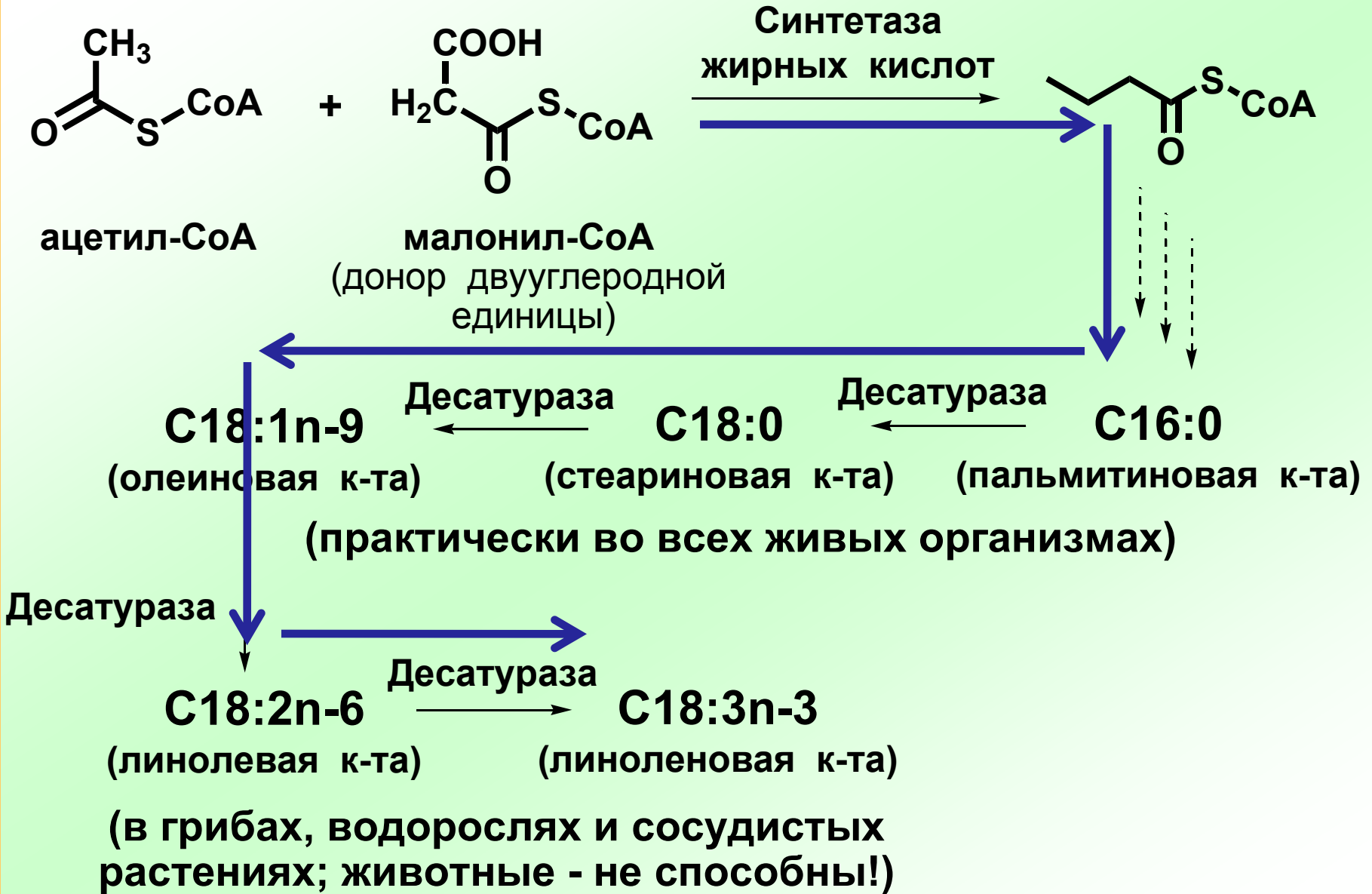
Масло растений с необычным составом жирных кислот.

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

масло какао из шоколадного дерева (*Theobroma cacao*) – 34.4% (+ 34.8% олеиновой кислоты);

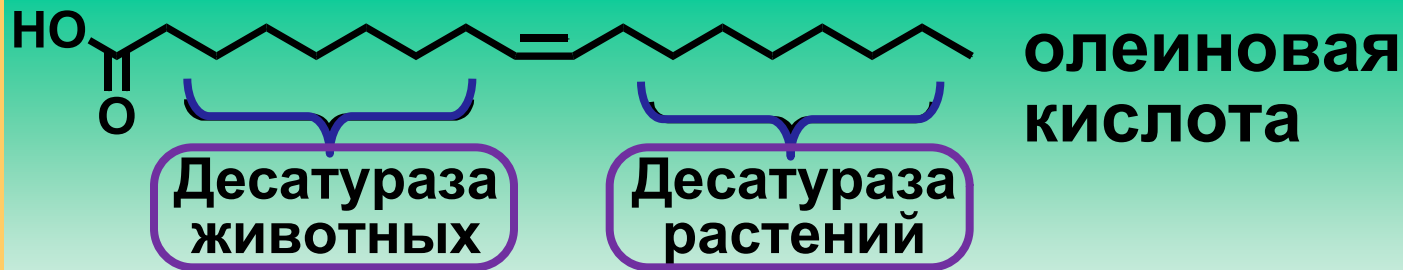
масло салового дерева (*Shorea robusta*) – 44.3% (+ 40.4% олеиновой кислоты); в 1975 году было произведено 35 тыс. т.;

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



Биосинтез жирных кислот

12



Линолевая и линоленовая кислоты не синтезируются в организмах высших животных, но необходимы для нормального жирового обмена => являются незаменимыми кислотами.

Биосинтез полиеновых кислот.

К-ты линолевого ряда

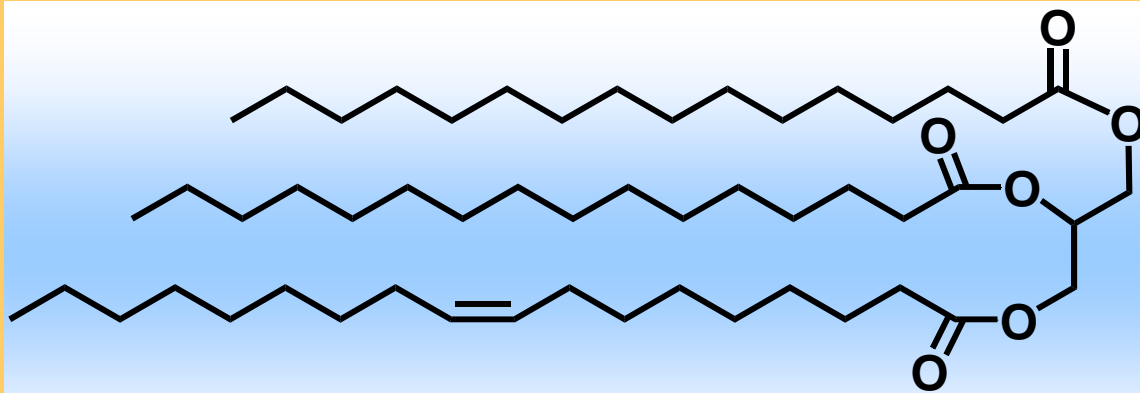


К-ты линоленового ряда



(практически во всех живых организмах, **кроме животных-хищников и цветковых растений!**)

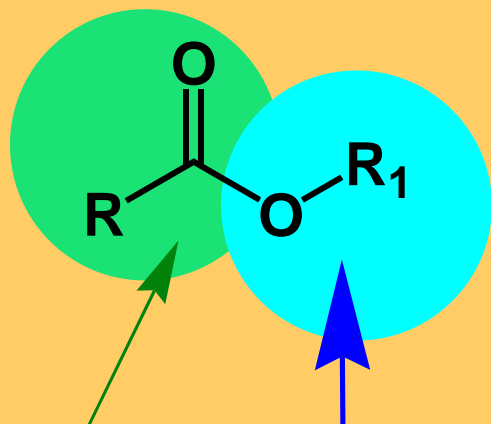
Простые липиды – жиры.



триацилглицерины (жиры)

Составные простых липидов – жирные спирты.

	цетиловый спирт	$C_{16}H_{33}OH$
	цериловый спирт	$C_{26}H_{53}OH$
	мирициловый спирт	$C_{30}H_{61}OH$

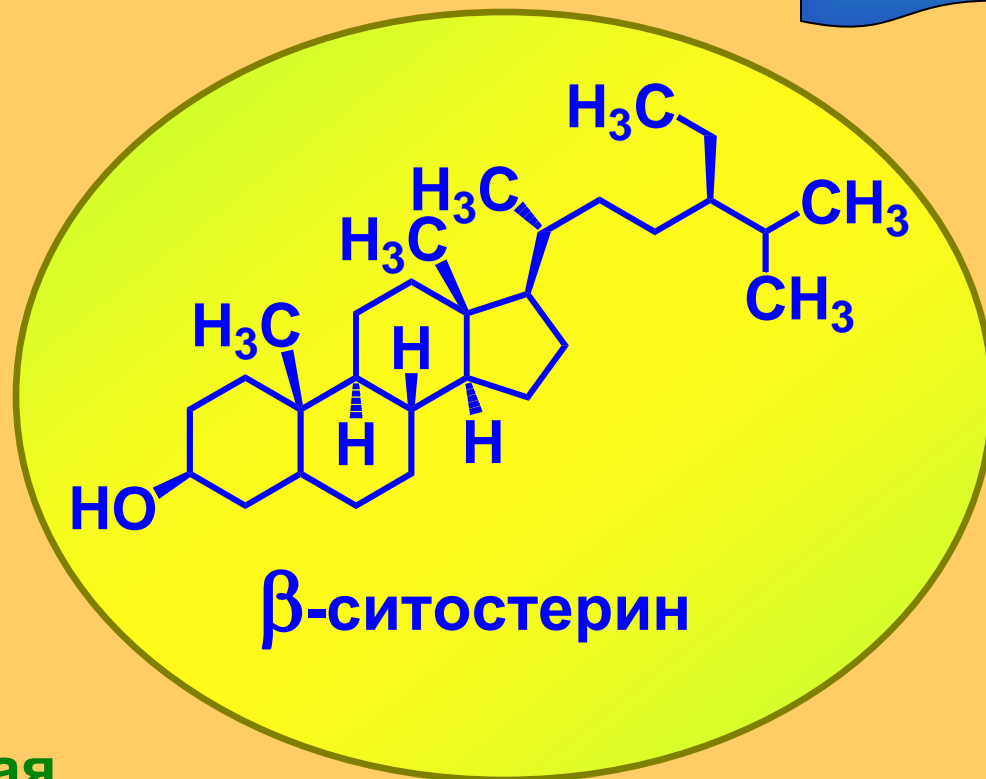


остаток
карбоновой
кислоты

остаток
спирта

$C_{15}H_{31}COOH$ - пальмитиновая

$C_{25}H_{51}COOH$ - церотиновая



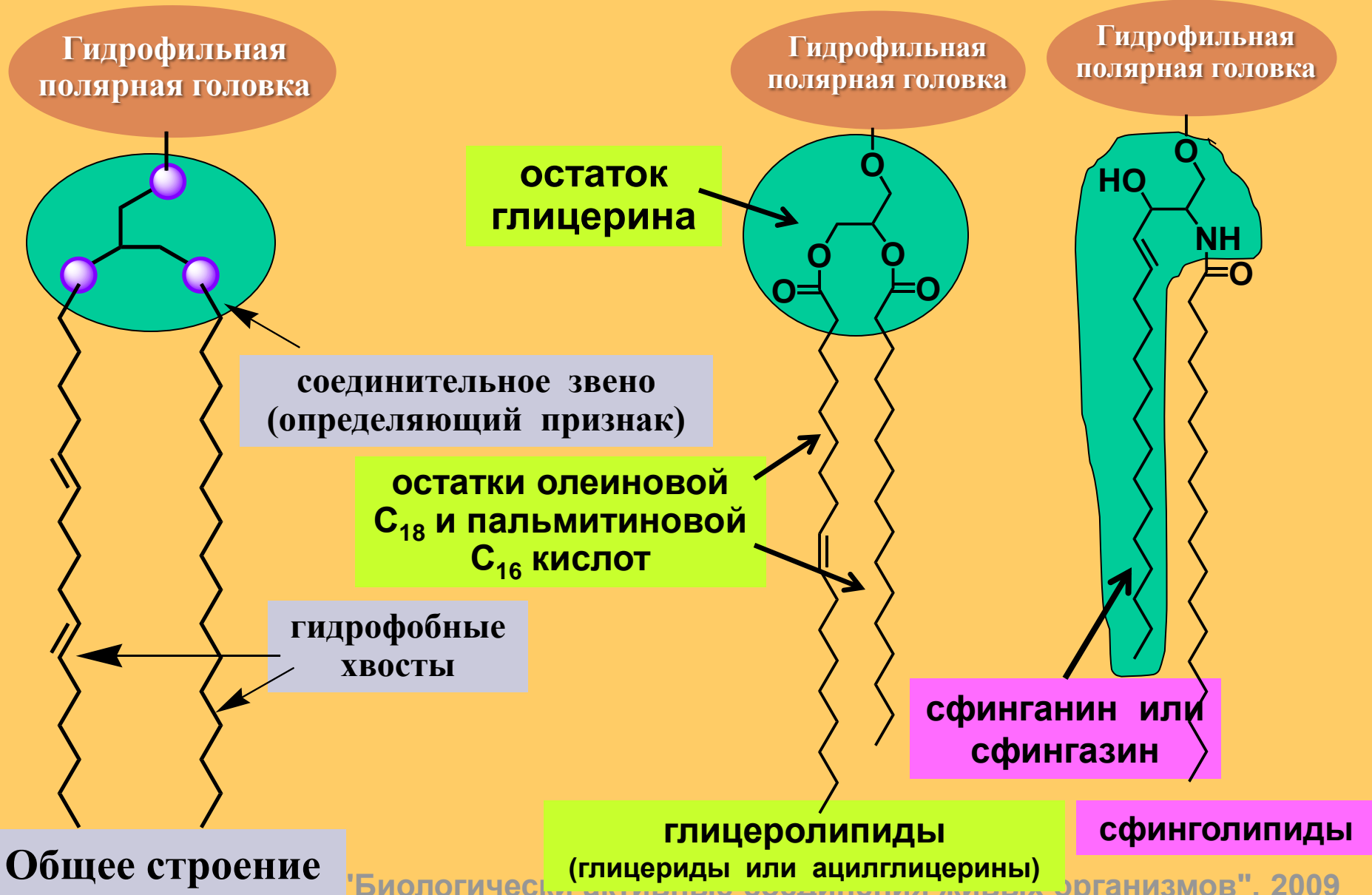
β -ситостерин

$C_{19}H_{39}-\overset{OH}{\underset{|}{CH}}-C_6H_{11}$ - жюнон

$n-C_{30}H_{61}OH$ - триаконтанол

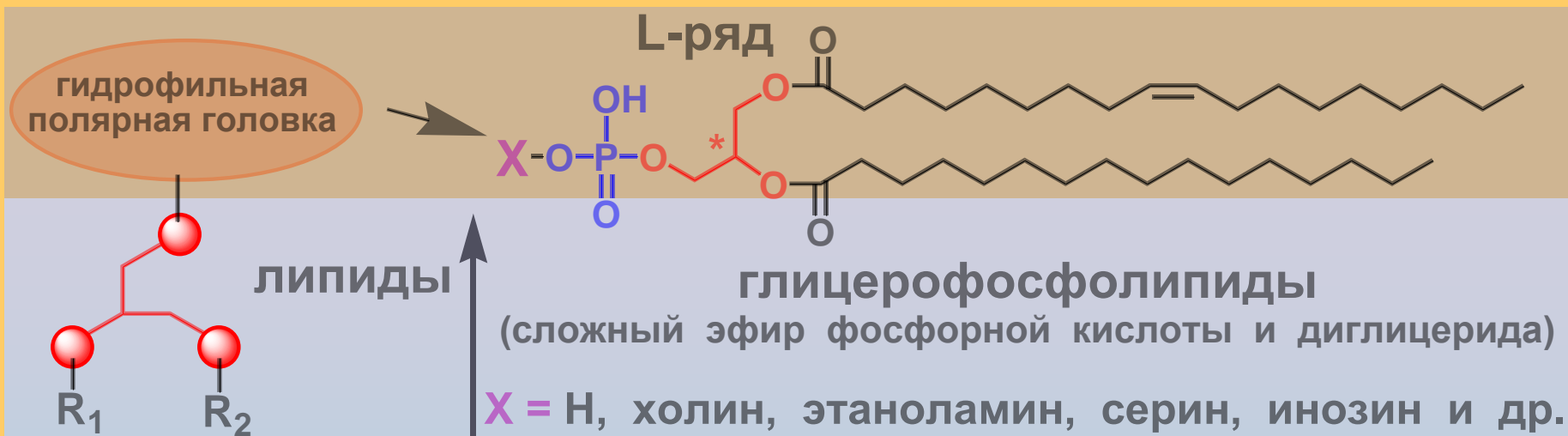
Первичная классификация липидов биологических мембран

15



Фосфолипиды – главные компоненты биологических мембран

16



$X = \text{H}$ - фосфатидовая кислота

(1-5% от общего количества фосфолипидов; найдена в тканях животных, растений и микроорганизмов; предшественник всех других глицерофосфолипидов)

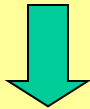
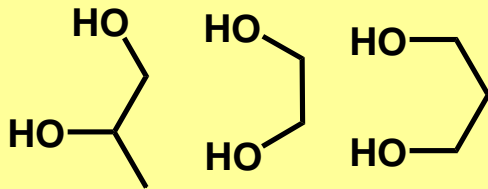
Составные части липидов биологических мембран

глицеролипиды

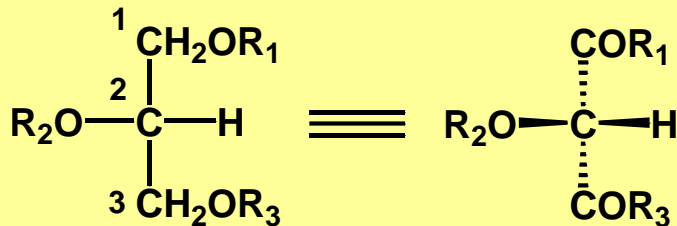


более 50% от встречающихся в природе

ЖК + глицерин (или другие полиолы)



диольные липиды



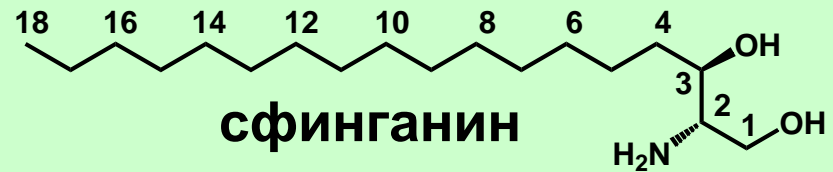
Проекция Фишера глицеридов

сфинголипиды

Строительный материал нервных тканей и мозга

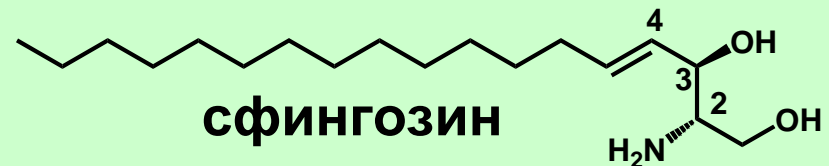


жирные кислоты + сфингозиновые основания



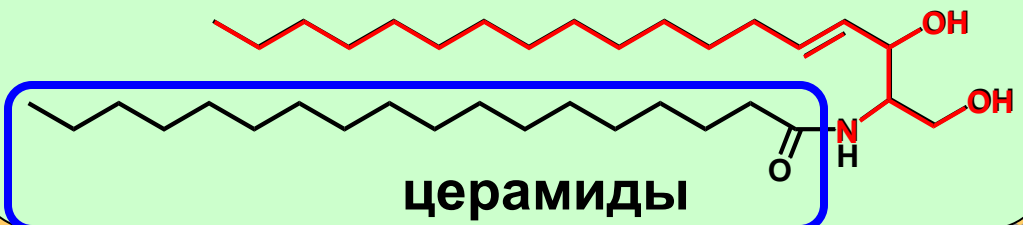
сфинганин

(2*S*, 3*R*)-2-аминооктадекандиол-1,3



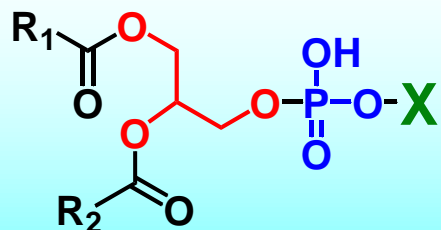
сфингозин

(2*S*, 3*R*, 4*E*)-2-аминооктадецен-4-диол-1,3



церамиды

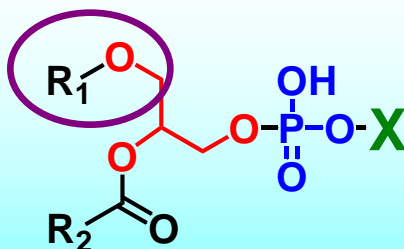
Диацильные глицерофосфолипиды



фосфатидил

(обязательный компонент большинства мембран животных, растительных и бактериальных клеток)

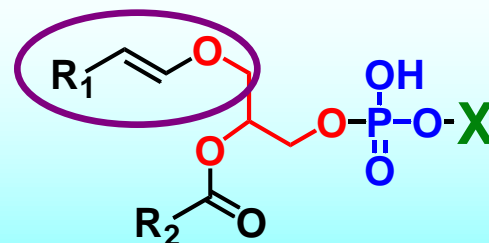
Алкилацильные глицерофосфолипиды



плазманил

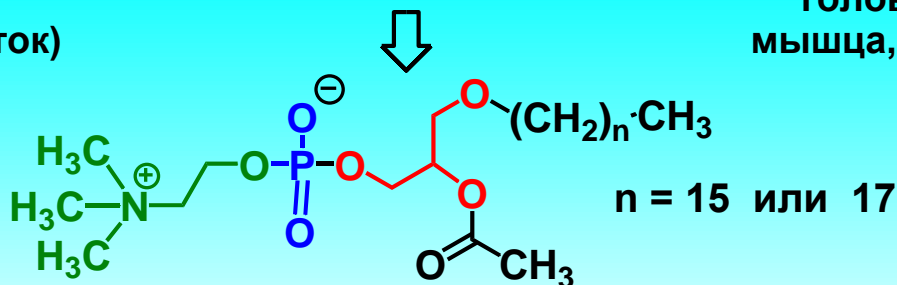
(часто встречается в тканях животных организмов морей и океанов)

Плазмалогены



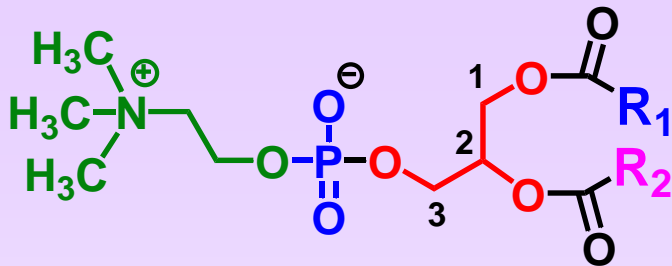
плазменил

(до 22% от общего количества фосфолипидов; в организме человека - нервные ткани, головной мозг, сердечная мышца, надпочечники, сперма)



Тромбоцитактивирующий фактор

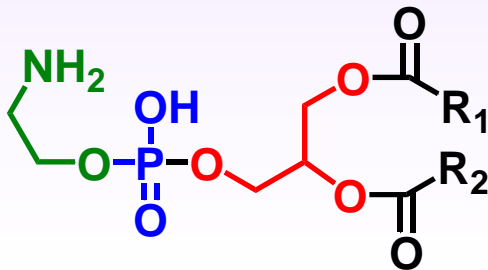
(в концентрациях <1 наномоль изменяет морфологию тромбоцитов, вызывает их агрегацию и приводит к высвобождению 5-гидрокситриптамина; участвует в развитии ряда острых аллергических и воспалительных реакций у животных и человека)



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

Фосфатидилхолины

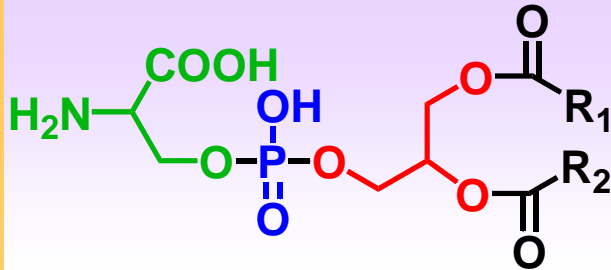
До 50% от общего количества фосфолипидов в тканях высших растений и животных. В бактериальных клетках практически отсутствует.



Основной компонент в бактериальных клетках. В тканях высших растений и животных - 15-30% от общего количества фосфолипидов.

Фосфатидилэтаноламины

В бактериальных клетках фосфатидилэтаноламины преимущественно имеют остатки насыщенных и разветвленных жирных кислот. Поэтому их мембраны более устойчивы к внешнему воздействию.



До 10-15% от общего количества фосфолипидов в тканях млекопитающих. Локализация: мозг, сердце, печень, почки, селезёнка, лёгкие.

Фосфатидилсерины

Выступает регулятором активности ряда мембраносвязанных ферментов; является предшественником при биосинтезе фосфатидилэтаноламинов.

Сфингофосфолипиды.

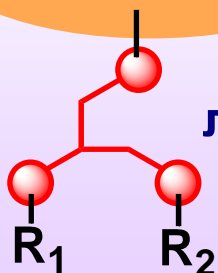


(сложный эфир фосфорной кислоты и сфингозинового основания)

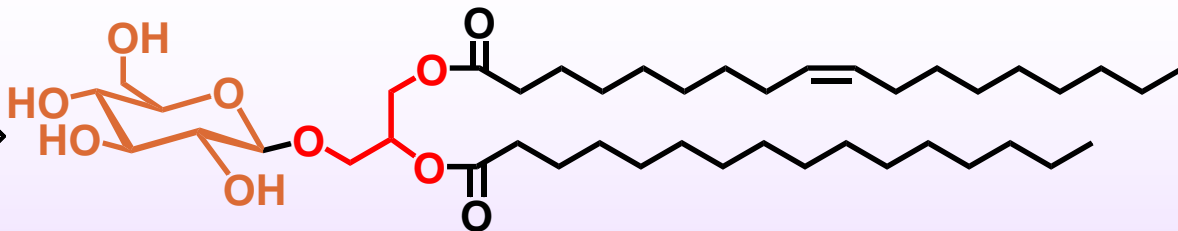
$X = -\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_3$ - сфингомиелин

Гликолипиды.

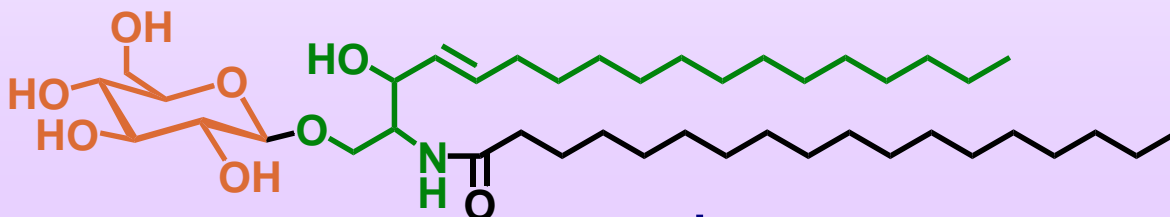
гидрофильная полярная головка



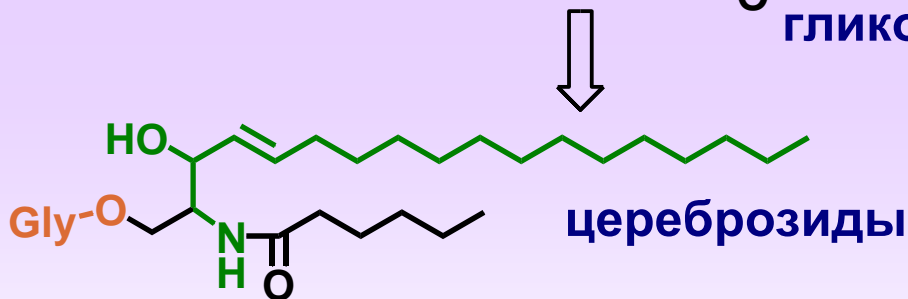
липиды



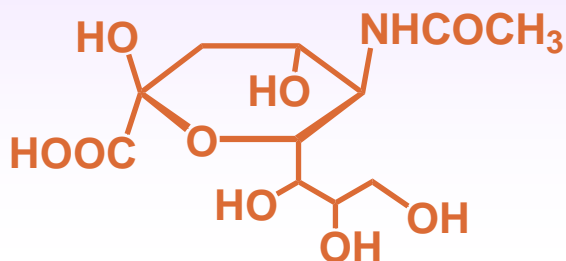
гликоглицеролипиды



гликосфинголипиды



цереброзиды



Сиаловая кислота (N-ацетилнейраминовая кислоты), входит в состав ганглиозидов

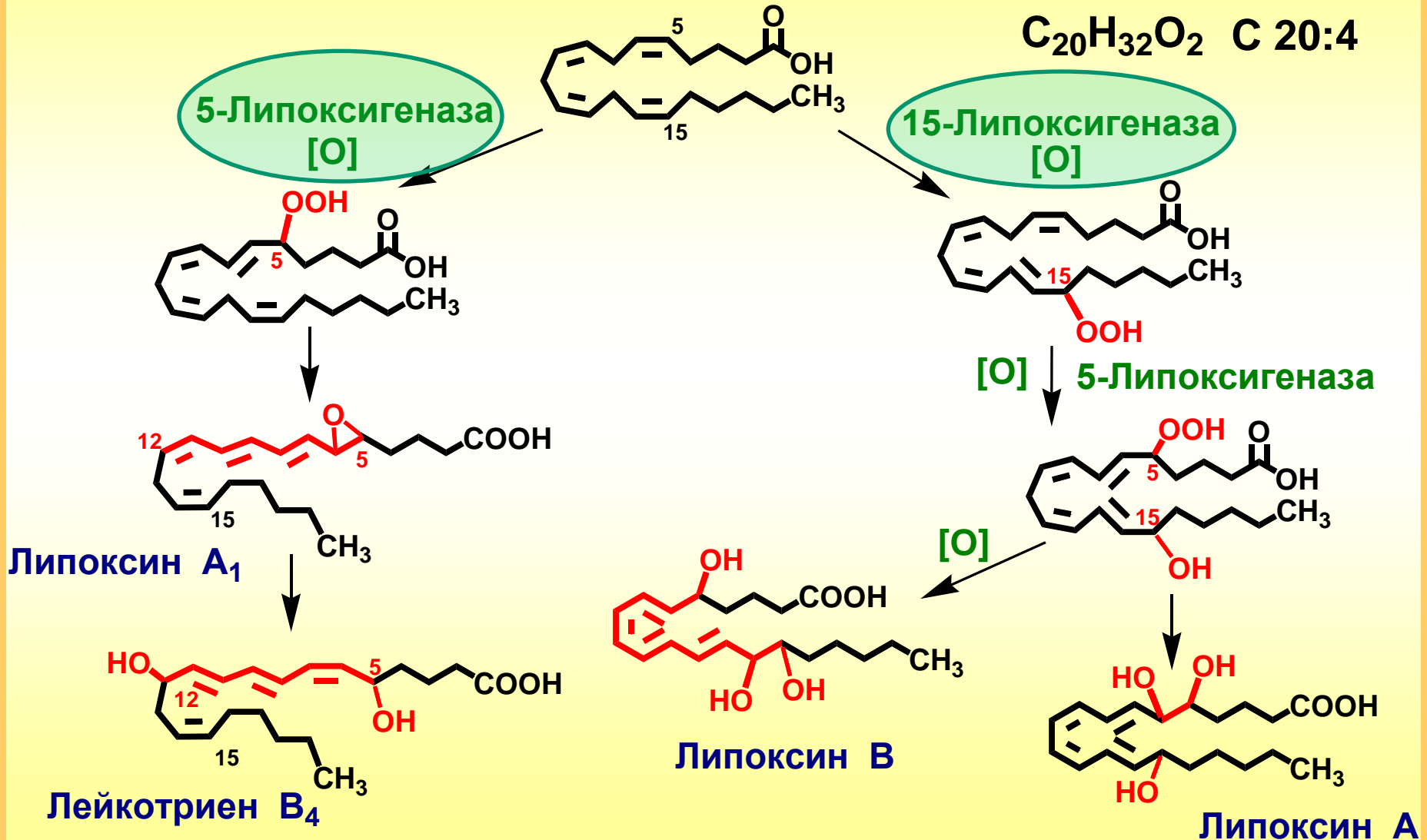
Каскад арахидоновой К-ТЫ

22

арахидоновая кислота

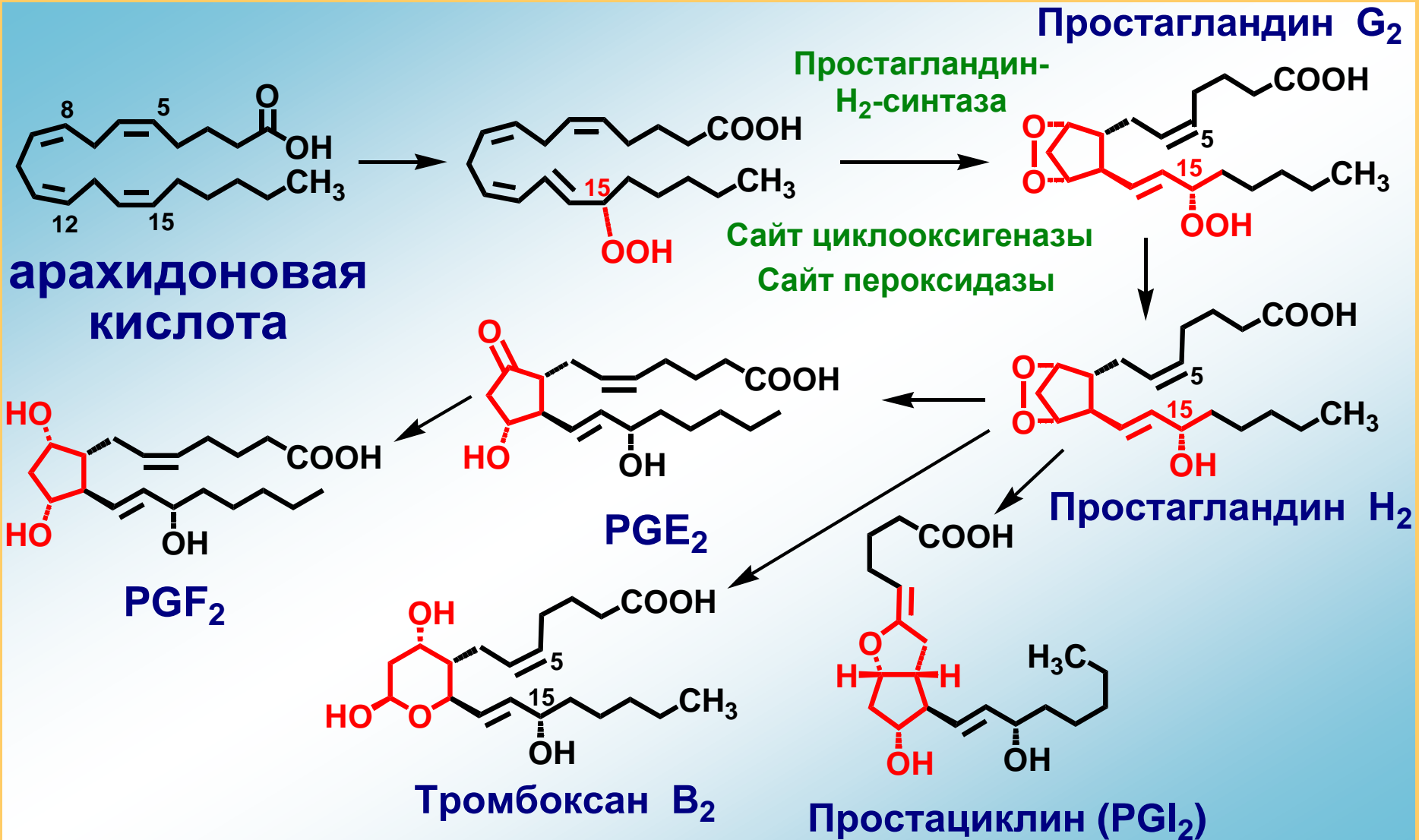
Цис, цис, цис, цис - Эйкоза-5,8,11,14-тетраеновая кислота

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



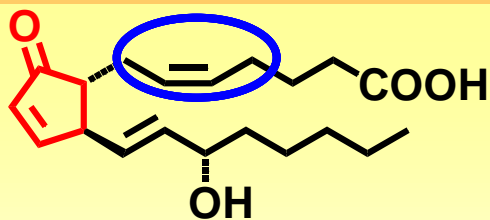
Каскад арахидоновой К-ТЫ

23

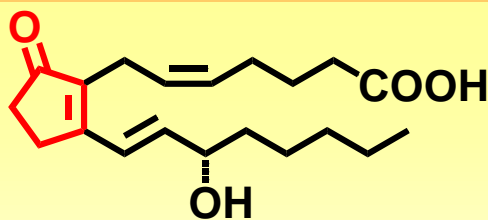


Простагландины

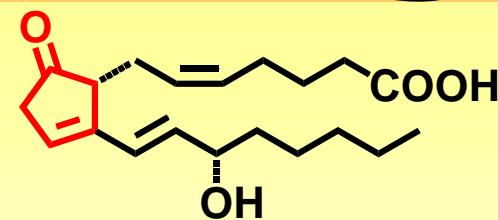
24



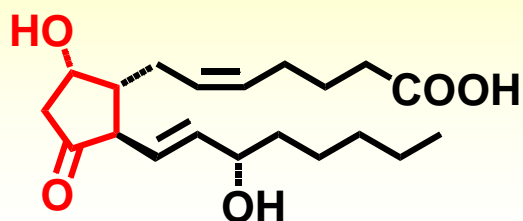
PGA_2



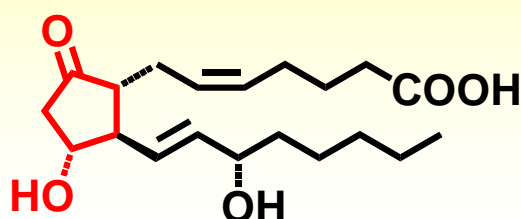
PGB_2



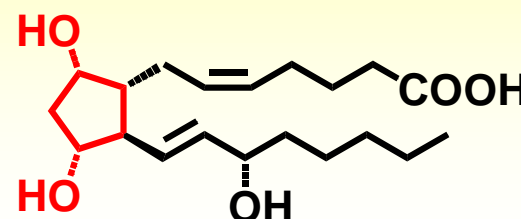
PGC_2



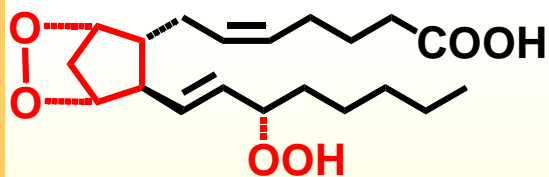
PGD_2



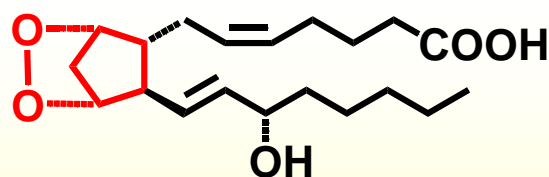
PGE_2



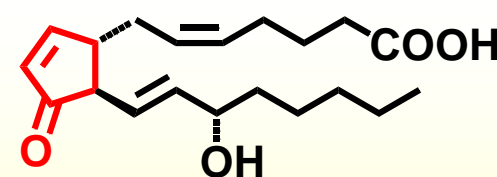
PGF_2



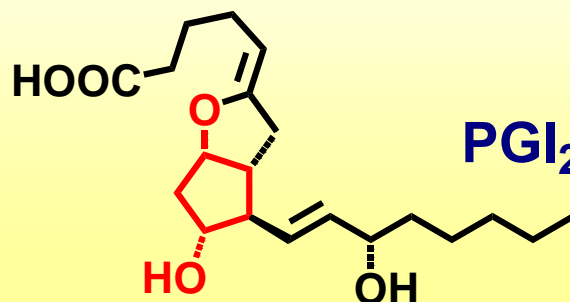
PGG_2



PGH_2



PGJ_2

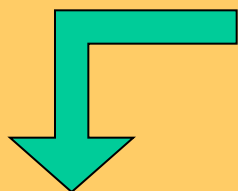


PGI_2 (простациклин)

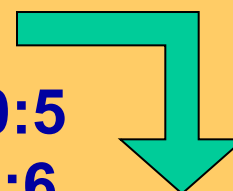
Простаноиды

25

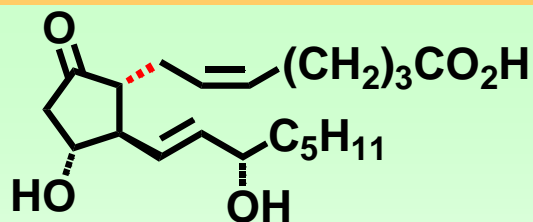
ферментативно



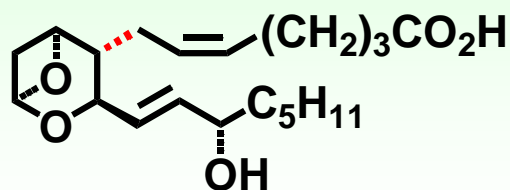
α -линоленовая к-та C18:3
арахидоновая к-та C20:4
эйкозапентаеновая к-та C20:5
докозагексаеновая к-та C22:6



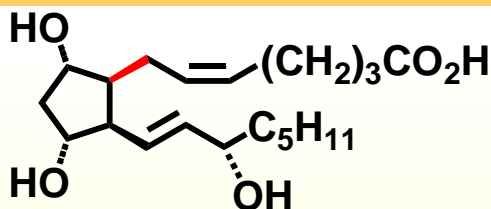
не ферментативно



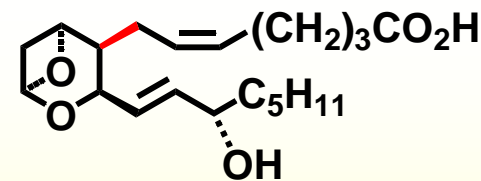
простагландин E₂



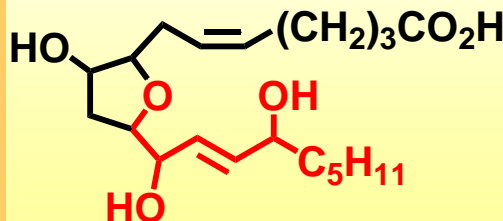
тромбоксан A₂



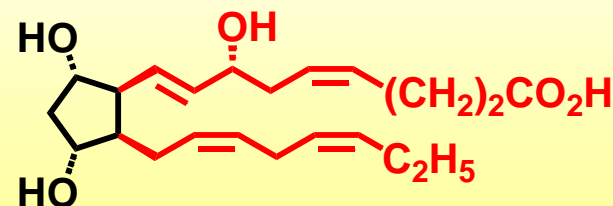
изопростан 15-F_{2t}



изотромбоксан 15-A₂



изофураны



нейропростан 7-F_{4t}

Объект - животные

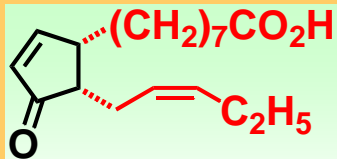
Простаноиды

26

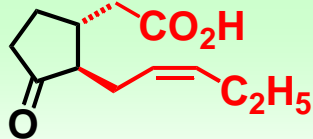
ферментативно

не ферментативно

α -линоленовая к-та C18:3
арахидоновая к-та C20:4
эйкозапентаеновая к-та C20:5
докозагексаеновая к-та C22:6

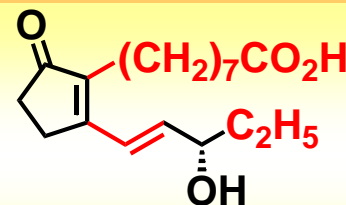


12-оксофито-
диеновая к-та

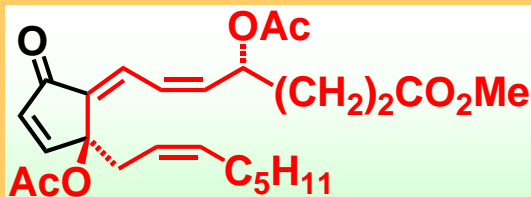


жасмоновая к-та

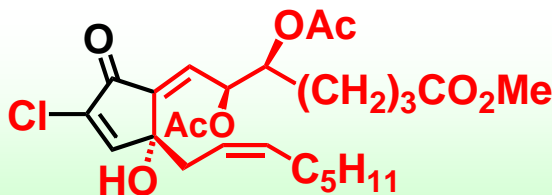
растения



фитопростан 6-В₁



клавулон



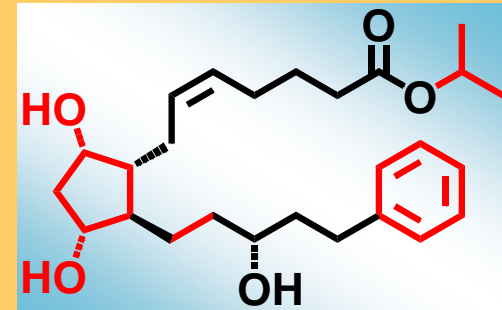
пунагландин

морские
организмы

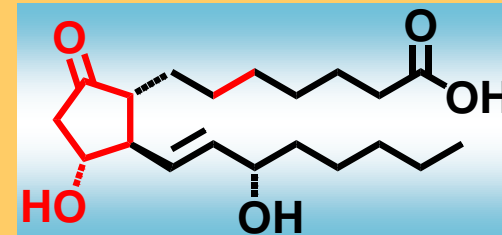
Препараты простагландинов.

27

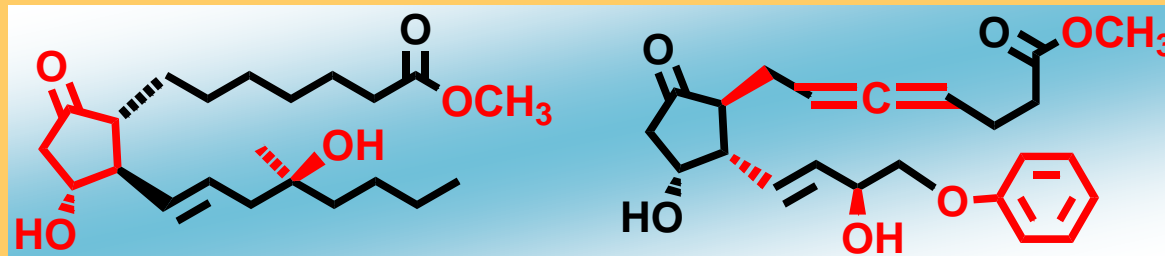
Латанопрост (Ксалатан) – антиглаукомное средство (на основе синтетического простагландина группы $F_{2\alpha}$).



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