

ГЕТЕРОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

ГЕТЕРОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

**Органические соединения,
содержащие разные
функциональные группы,
называются
гетерофункциональными**

ГЕТЕРОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Гетерофункциональные соединения

аминоспирты

-OH -NH₂

гидроксикислоты

-OH -COOH

оксокислоты

-C=O -COOH

аминокислоты

-NH₂ -COOH

ГЕТЕРОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

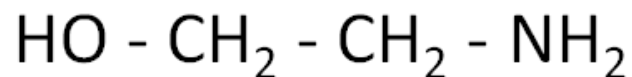
Гетерофункциональные соединения обладают типичной реакционной способностью

Взаимное влияние разных функ. групп приводит к появлению специфических свойств

АМИНОСПИРТЫ

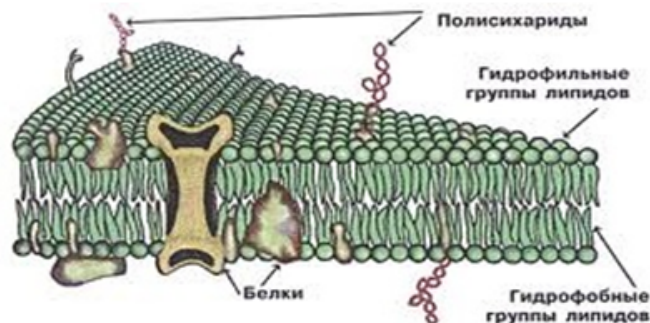
Аминоспирты, органические соединения, содержащие —NH_2 - и —OH- группы у разных атомов углерода в молекуле.

Простейший аминоспирт – **АМИНОЭТАНОЛ (КОЛАМИН)** :



2-аминоэтанол

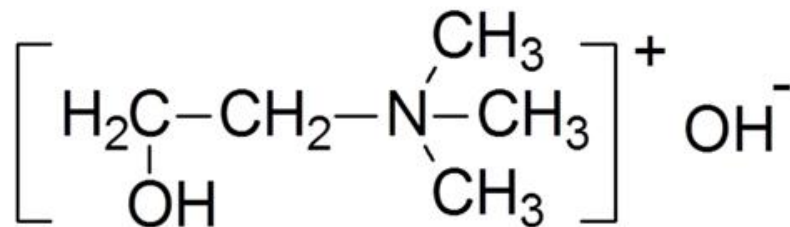
Структурный компонент сложных липидов - фосфатидилэтаноламинов



АМИНОСПИРТЫ

Холин

Триметил-2-гидроксиэтиламмоний- структурный элемент сложных липидов.



Имеет большое значение как витаминоподобное вещество (витамин B4), регулирующее жировой обмен.

В организме холин может образовываться из аминокислоты серина.



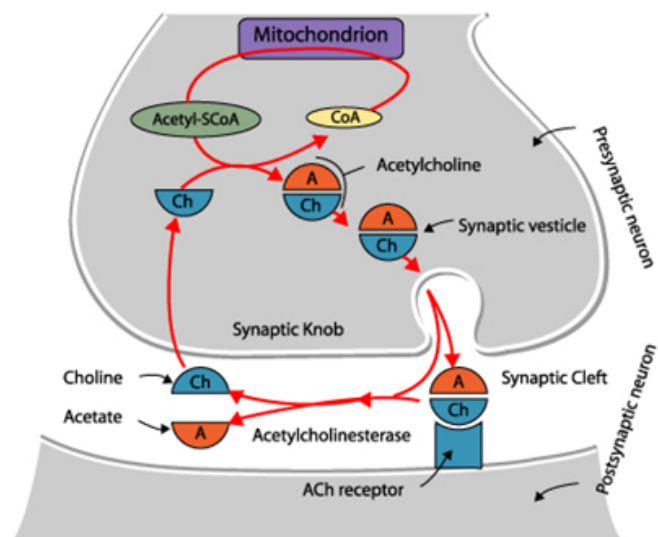
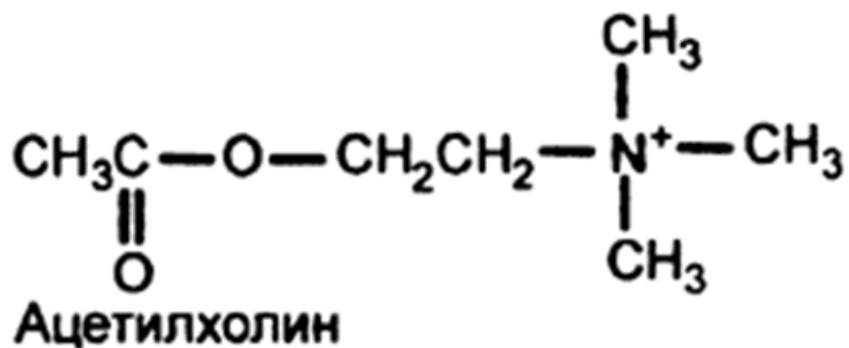
АМИНОСПИРТЫ

Ацетилхолин

Ацетилхолин- уксуснокислый эфир холина

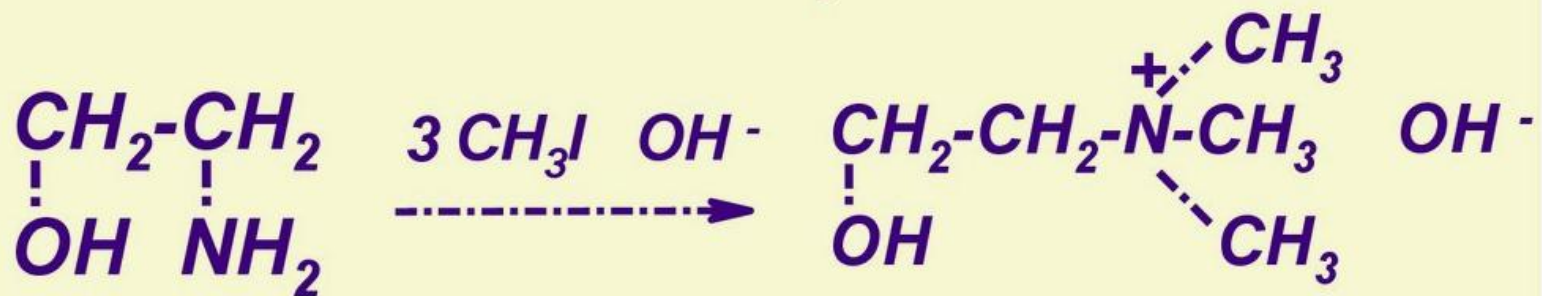
Посредник при передаче нервного возбуждения в нервных тканях (нейромедиатор)

Он образуется в организме при ацетилировании холина с помощью ацетилхолинэстеразы А.



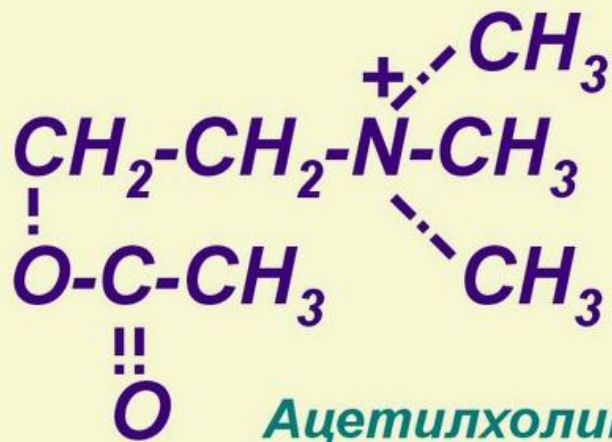
АМИНОСПИРТЫ

Аминоспирты

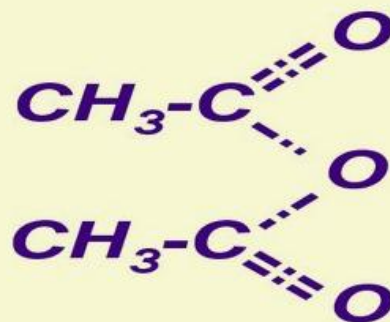


2-аминоэтанол,
коламин

Холин



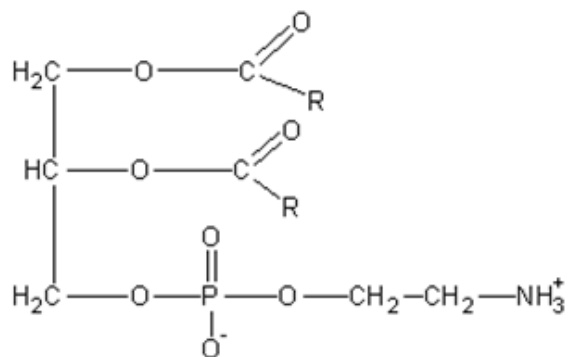
Ацетилхолин



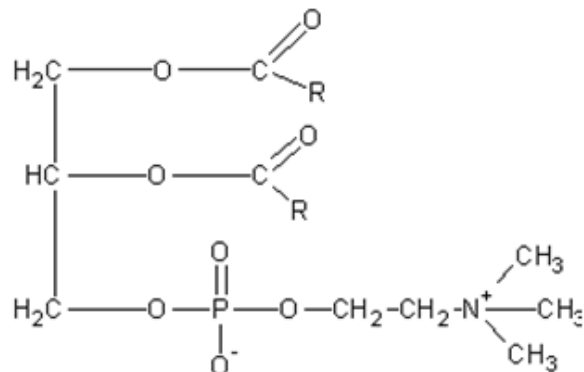
In vivo – Ацетилкоэнзим А

АМИНОСПИРТЫ

2 – аминоэтанол (коламин) и холин, входящие в состав фосфолипидов.



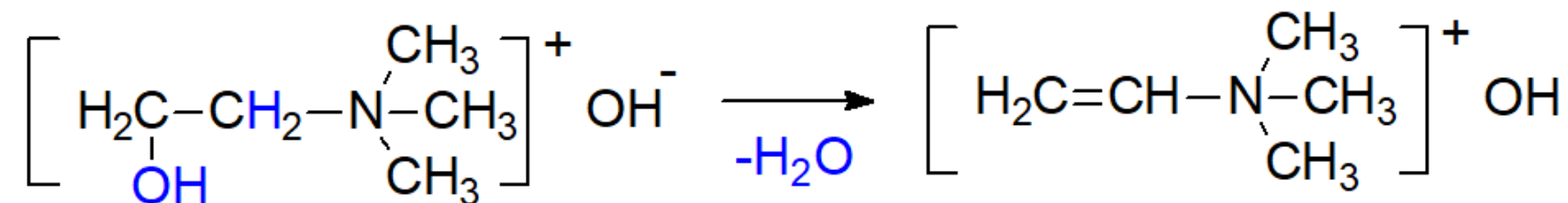
фосфатидилэтаноламина



фосфатидилхолина

Перечисленные фосфолипиды являются частью биологических мембран.

АМИНОСПИРТЫ



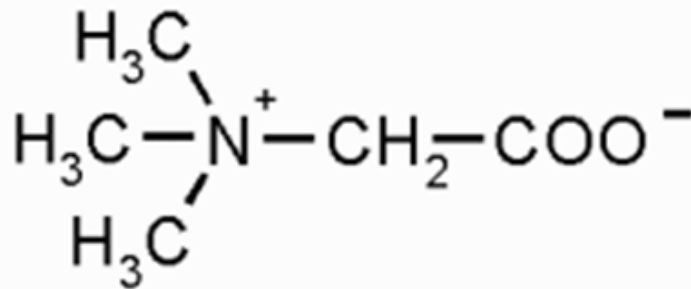
Нейрин

Нейрин – продукт внутримолекулярной дегидратации холина.

Образуется при гниении белков.

Обладает высокой токсичностью.

АМИНОСПИРТЫ



Бетаин – диполярный ион, образуется в результате окисления свободного холина *in vivo*.

Может служить источником метильных групп.

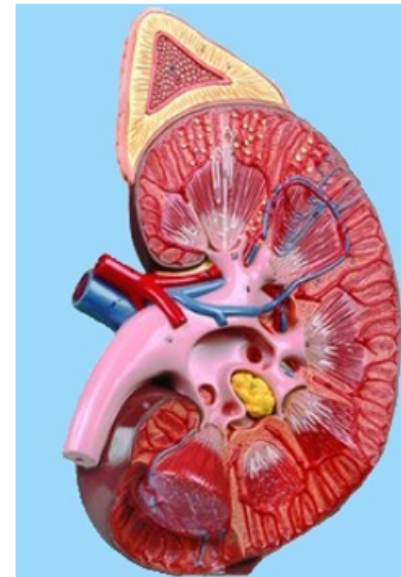
АМИНОФЕНОЛЫ

Аминофенолы, содержащие остаток пирокатехина, называются **катехоламины - биогенные амины**, т.е. образующиеся в организме в результате процессов метаболизма.

- Катехоламины - **гормоны** мозгового слоя надпочечников и медиаторы нервной системы. Они отражают и определяют состояние симпатического отдела **вегетативной нервной системы**, играют важную роль в нейрогуморальной регуляции и нервной трофике.

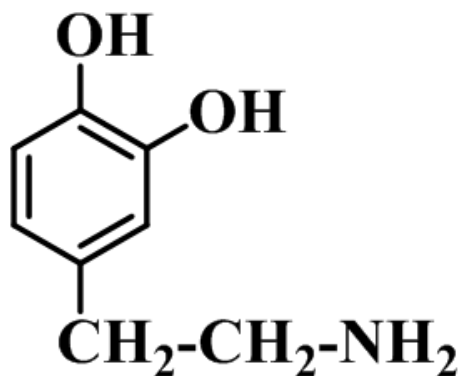
К ним относятся:

- **Дофамин**
- **Норадреналин**
- **Адреналин**



АМИНОФЕНОЛЫ

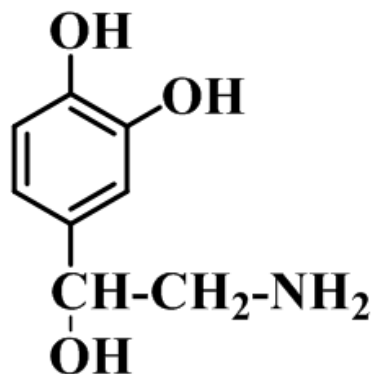
дофамин



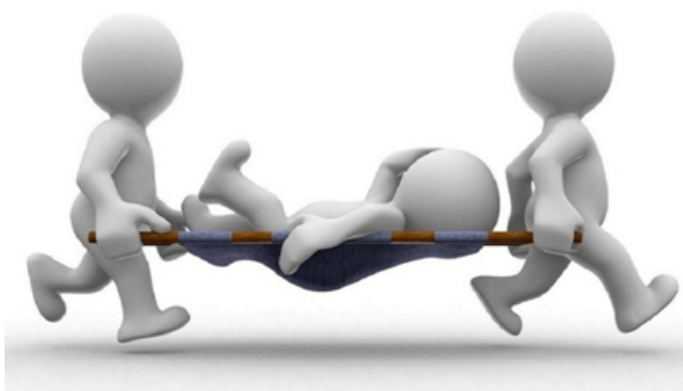
- **Дофамин** - промежуточный продукт биосинтеза катехоламинов, образующийся в результате декарбоксилирования диоксифенилаланина (**ДОФА**).
- Ряд органов и тканей (печень, лёгкие, кишечник и др.) содержат преимущественно **дофамин**.
- Дофамин (ДОФА) – важнейший **нейромедиатор**, участвующий в так называемой «**системе награды**». Когда мы делаем что-то хорошее в мозге выделяется дофамин, что и создаёт ощущение **удовольствия**

АМИНОФЕНОЛЫ

НОРАДРЕНАЛИН



По действию на сердце, кровеносные сосуды, гладкие мышцы, а также на углеводный обмен **норадреналин** обладает свойствами гормона. Уровень **норадреналина** в крови, органах и выделениях организма позволяет судить о состоянии (тонусе и реактивности) **симпатической нервной системы**.

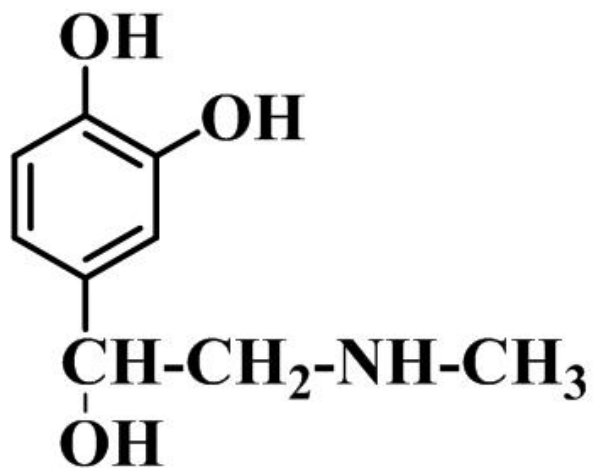


Норадреналин применяется в медицинской практике:

при падении кровяного давления, при коллапсе, шоке, кровопотерях и т. д.

АМИНОФЕНОЛЫ

адреналин – гормон страха.



➤ Интересно, что лишь левовращающий (природный) адреналин обладает биологической активностью, тогда как правовращающий биологически неактивен.

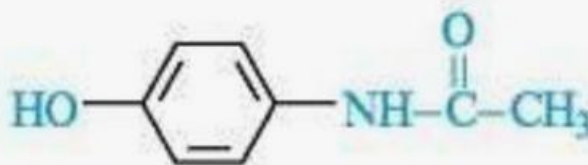
АМИНОФЕНОЛЫ

Ароматические гетерофункциональные соединения.

п-Аминофенол и его производные



п-аминофенол



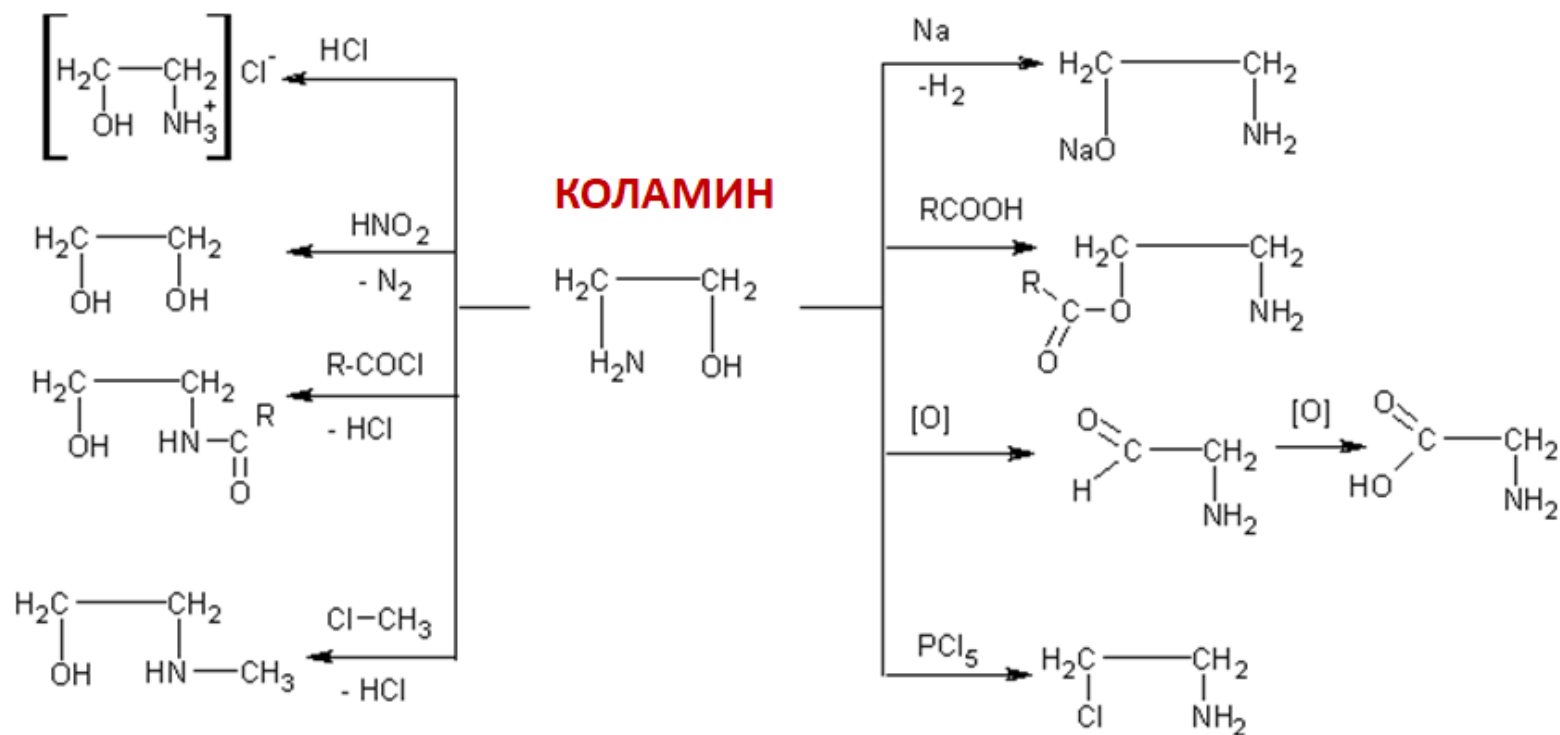
п-ацетаминофенол (парацетамол)

ПАРАЦЕТАМОЛ (Paracetamolum) применяется в качестве болеутоляющего и жаропонижающего средства.

Одним из побочных эффектов является способность вызывать образование метгемоглобина.

АМИНОСПИРТЫ

Химические свойства



ГИДРОКСИКИСЛОТЫ

Гидроксикислоты – это гетерофункциональные соединения, содержащие гидроксильную и карбоксильную группы.

Классификация.

I. В зависимости от строения радикала различают алифатические (спиртокислоты) и ароматические(фенолокислоты)

II. По взаимному расположению карбоксильных и гидроксильных групп различают α , β , γ , δ и т.д. гидроксикислоты

III. По количеству карбоксильных групп различают основность гидроксикислот (одно-, двух-, трехосновные)

IV. По количеству гидроксильных групп различают атомность гидроксикислот (одно-, двух-, трех-, четырехатомные)

ГИДРОКСИКИСЛОТЫ

◉ Номенклатура.

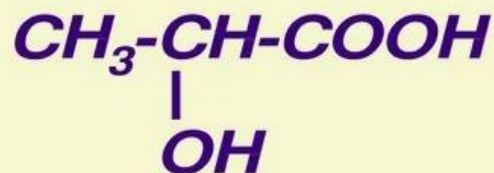
- 1) По заместительной номенклатуре ИЮПАК название производят от названия соответствующей карбоновой кислоты с префиксом «гидрокси», отмечая положение ОН-группы арабской цифрой.
- 2) Используют тривиальные названия
- 3) Используют локанты α , β , γ и т.д. (в настоящее время применяется редко).

ГИДРОКСИКИСЛОТЫ

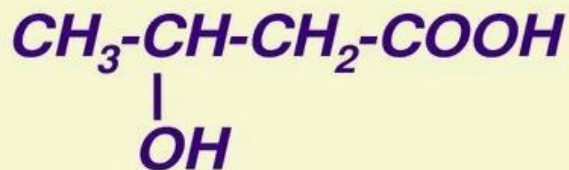
Гидроксикислоты

- OH

-COOH



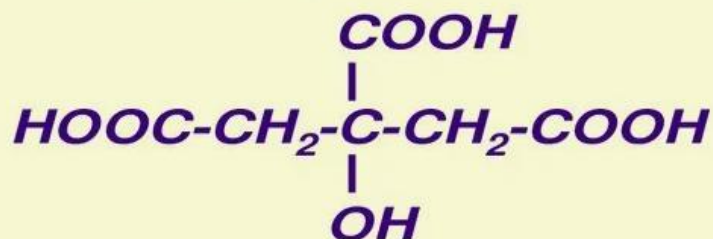
α -гидроксипропионовая кислота
2-гидроксипропановая кислота
молочная кислота



β -гидроксимасляная кислота
3-гидроксипропановая кислота

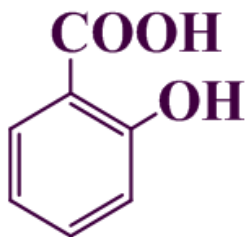


2,3-дигидроксипропановая кислота
винная кислота



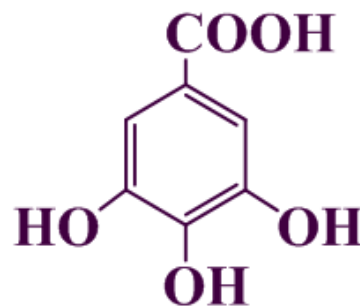
2-гидроксипропантрикарбоновая кислота
лимонная кислота

ГИДРОКСИКИСЛОТЫ



**салициловая
кислота**

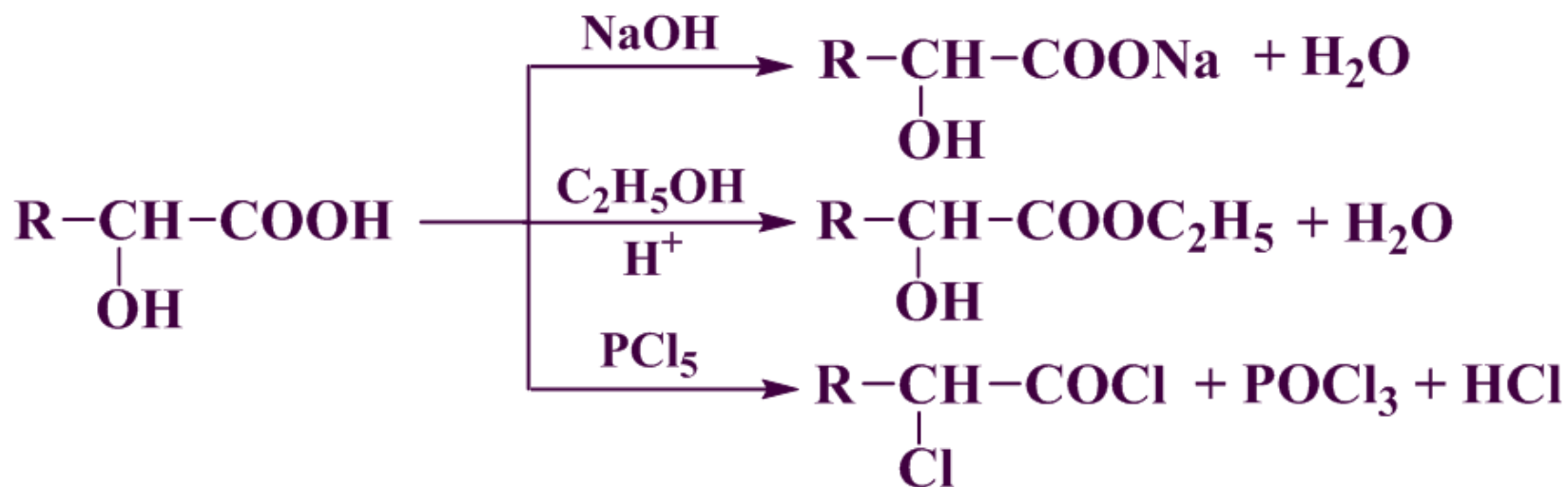
2-гидроксibenзойная кислота



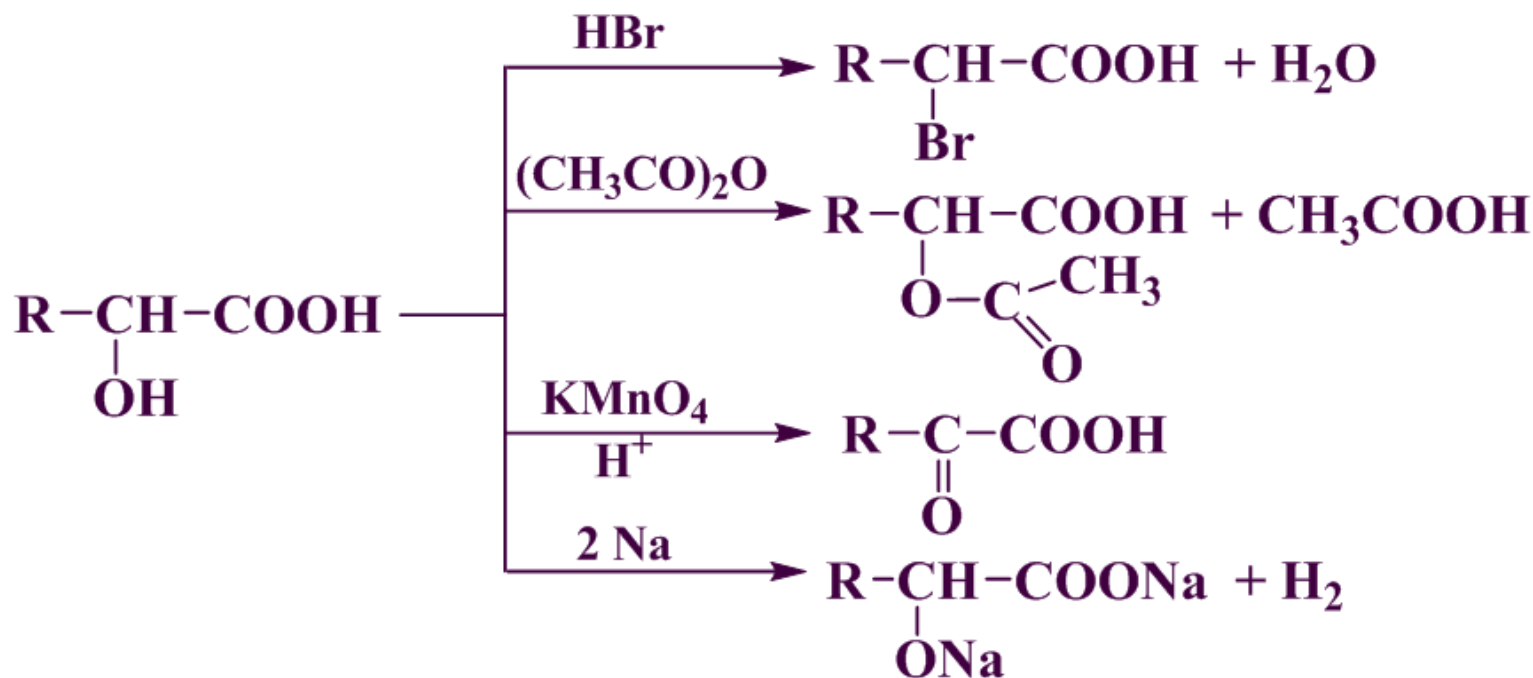
галловая кислота

3,4,5-триоксibenзойная кислота

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПО КАРБОКСИЛЬНОЙ ГРУППЕ

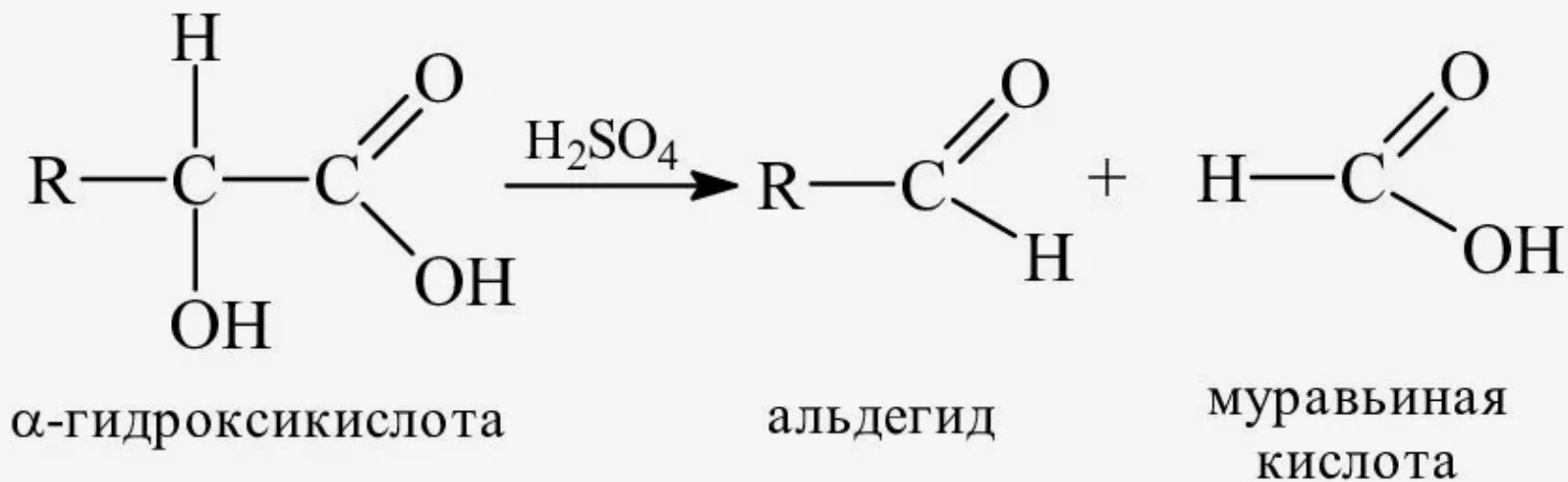


ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПО ГИДРОКСИ-ГРУППЕ



СПЕЦИФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИДРОКСИКИСЛОТ

Разложение α -гидроксикислот



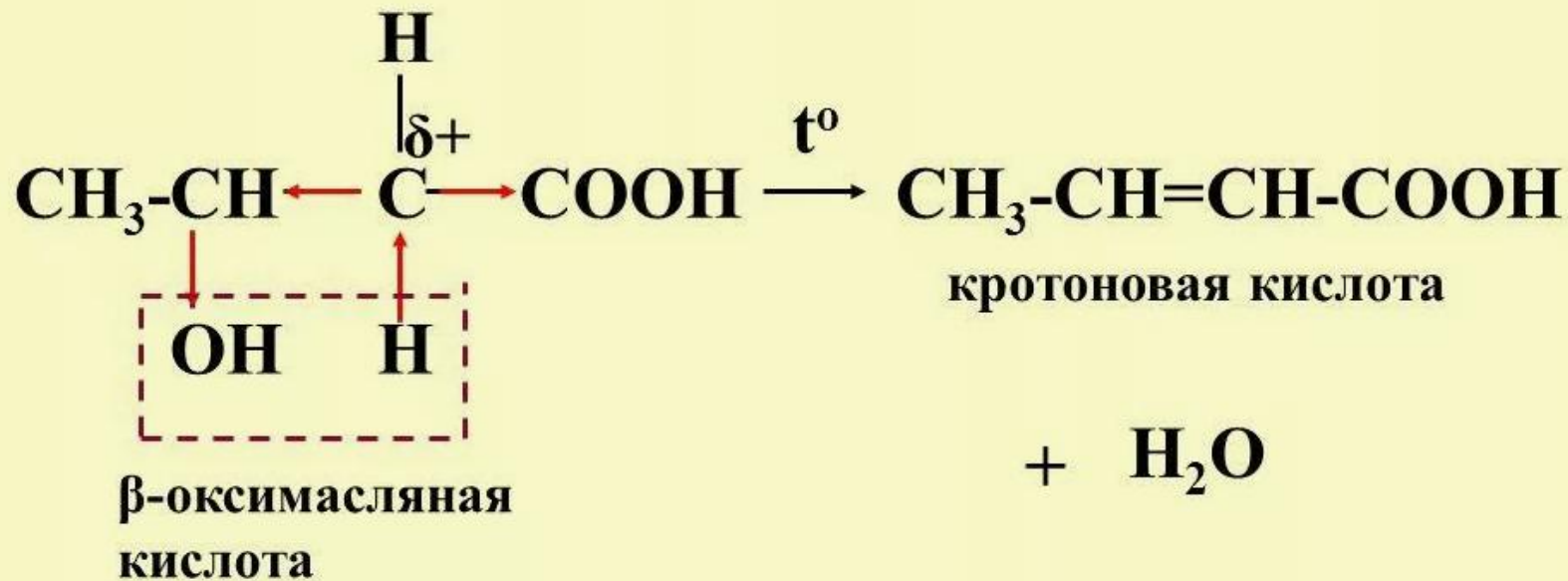
СПЕЦИФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИДРОКСИКИСЛОТ

Специфические свойства α -оксикислот



СПЕЦИФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИДРОКСИКИСЛОТ

Специфические свойства β -оксикислот



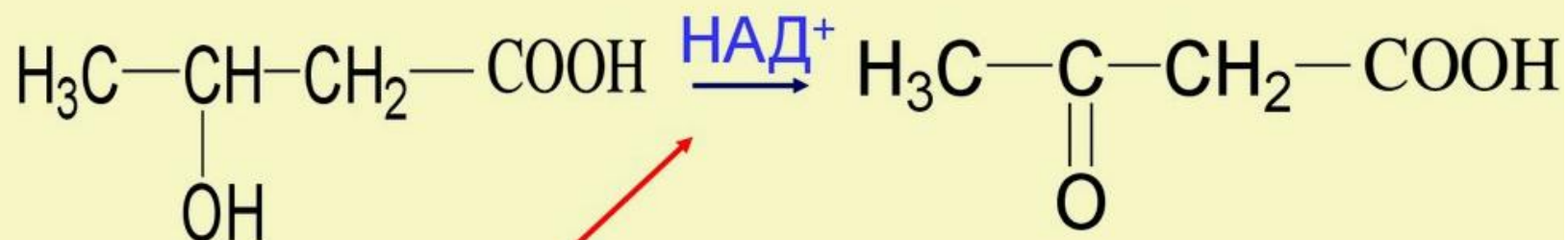
СПЕЦИФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИДРОКСИКИСЛОТ

Специфические свойства γ -оксикислот



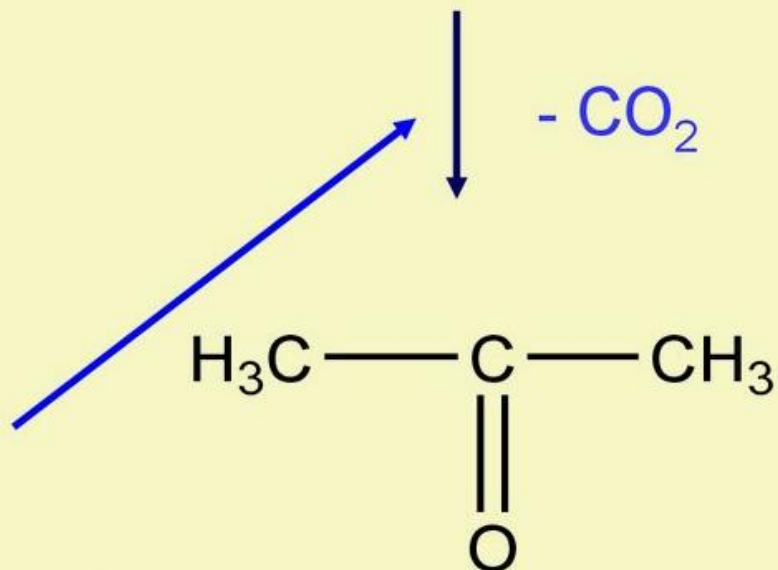
ГИДРОКСИКИСЛОТЫ

Кетоновые тела



окисление

декарбоксилирование



БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ГИДРОКСИКИСЛОТ

HOOC – CHOH – CH₂ – COOH
(оксиянтарная кислота)-
оксикарбоновая кислота.

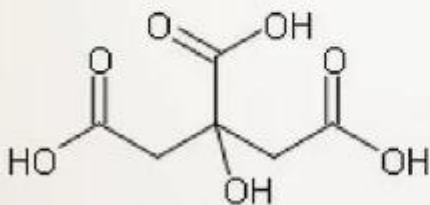
Яблочная кислота в пищевой промышленности яблочную кислоту используют в качестве регулятора кислотности или как вкусовую добавку, при изготовлении вин, кондитерских изделий и фруктовых вод. В медицине - для производства слабительного и лекарств от хрипоты, компонент косметических препаратов.



БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ГИДРОКСИКИСЛОТ

Лимонная кислота

Одна из самых распространенных добавок в пищевой промышленности. Промышленное название - Е 330. Благодаря ярко выраженным антиокислительным свойствам, добавка получила широкое распространение в производстве пищевых продуктов. При неосторожном обращении эта пищевая кислота может вызвать ожог слизистых оболочек, кожи или дыхательных путей.



БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ГИДРОКСИКИСЛОТ

β-Гидроксимасляная кислота $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{COOH}$ как промежуточный продукт β-окисления жирных кислот накапливается в организме у больных сахарным диабетом, являясь, в свою очередь, предшественником ацетоуксусной кислоты

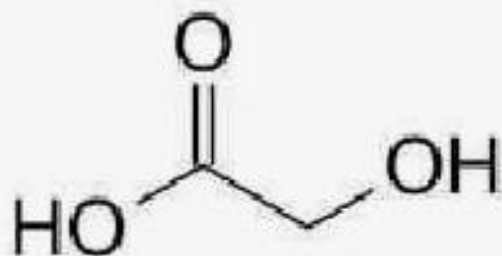
γ-Гидроксимасляная кислота (ГОМК) $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ оказывает наркотическое действие, практически нетоксична. Применяется в виде натриевой соли $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COONa}$ (γ-гидроксibuтират натрия) как снотворное средство, а также в анестезиологии в качестве неингаляционного наркотического средства при операциях.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ГИДРОКСИКИСЛОТ

● $\text{OH-CH}_2\text{-COOH}$

α – гидроксипропионовая
кислота/гликолевая кислота

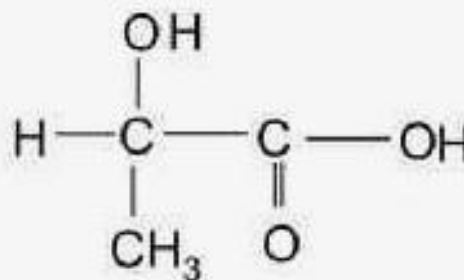
Используется для травления металлов, очистки оборудования; как компонент химического пилинга в косметологии.



● $\text{CH}_3\text{CH(OH)COOH}$

α -оксипропионовая
кислота/ молочная кислота
(лактат)

Используется в пищевой промышленности используется как консервант, пищевая добавка E270.



ОКСОКИСЛОТЫ

○ Классификация.

- I. По положению оксогруппы различают альдегидо- и кетонокислоты*
- II. По взаимному расположению карбоксильной и оксогрупп различают α , β , γ , δ и т.д. оксокарбоновые кислоты*
- III. По количеству карбоксильных групп различают основность оксокислот (одно-, двух-, и т.д.)*

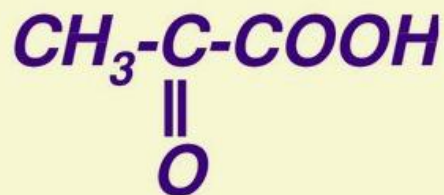
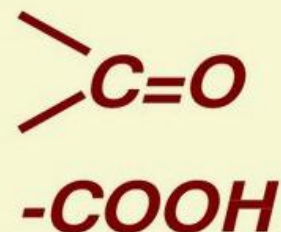
ОКСОКИСЛОТЫ

Номенклатура.

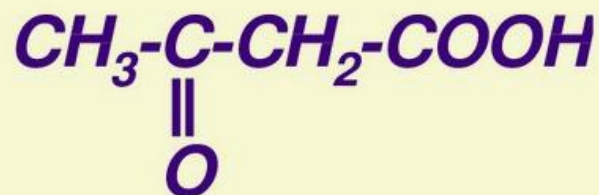
В названиях альдегидо- и кетонокислот наличие карбонильной группы обозначают префиксом оксо-. Для некоторых оксокислот часто используются тривиальные названия или традиционно сложившиеся в биохимической литературе.

ОКСОКИСЛОТЫ

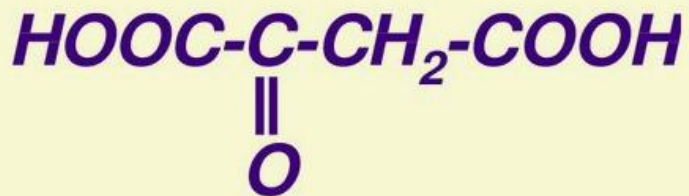
Оксо(кето)кислоты



α -кетопропионовая кислота
2-оксопропановая кислота
Пировиноградная кислота



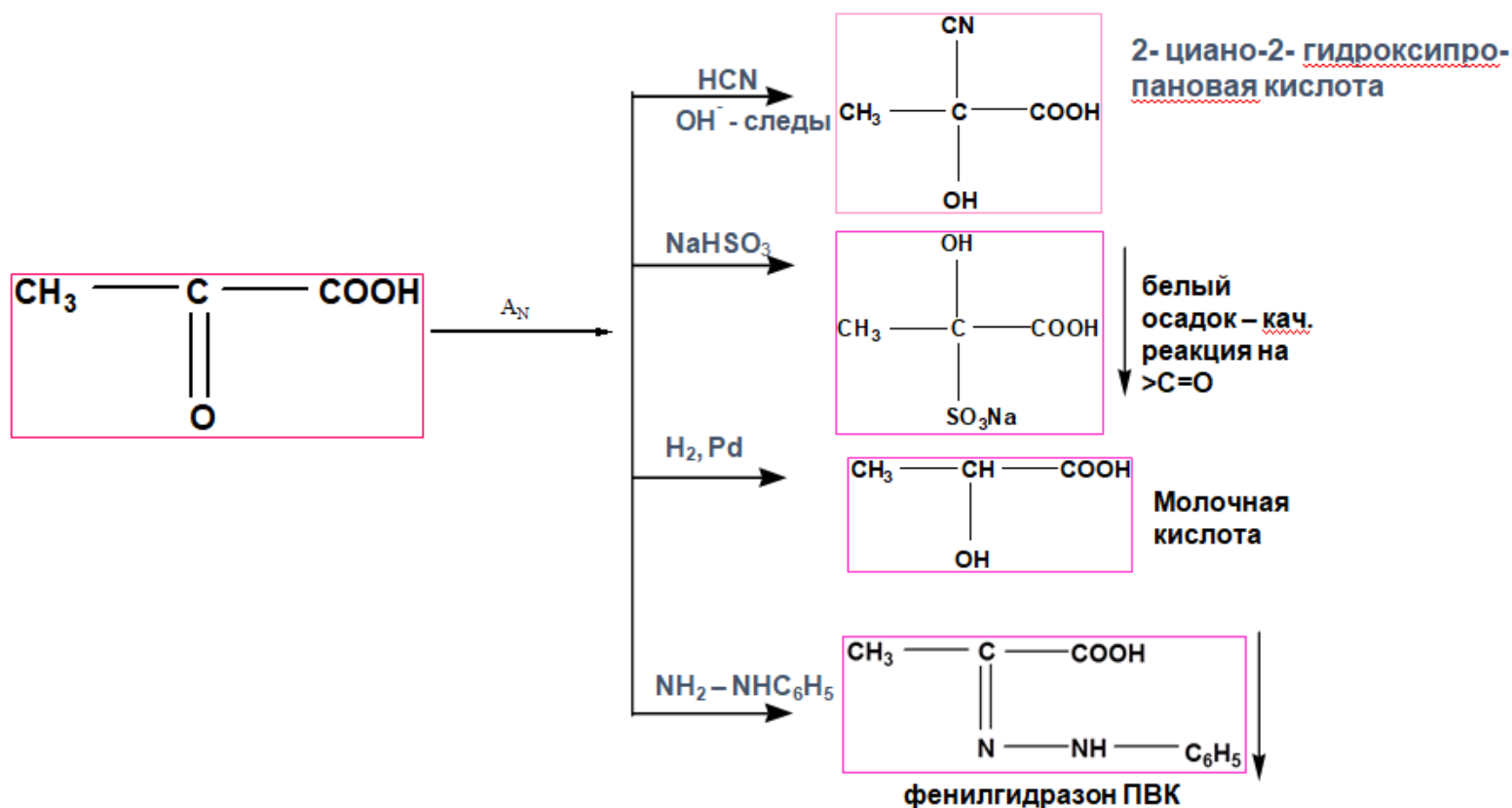
β -кетомасляная кислота
3-оксобутановая кислота
Ацетоуксусная кислота



кетоянтарная кислота
2-оксобутандиовая кислота
Щавелевоуксусная кислота
ЩУК

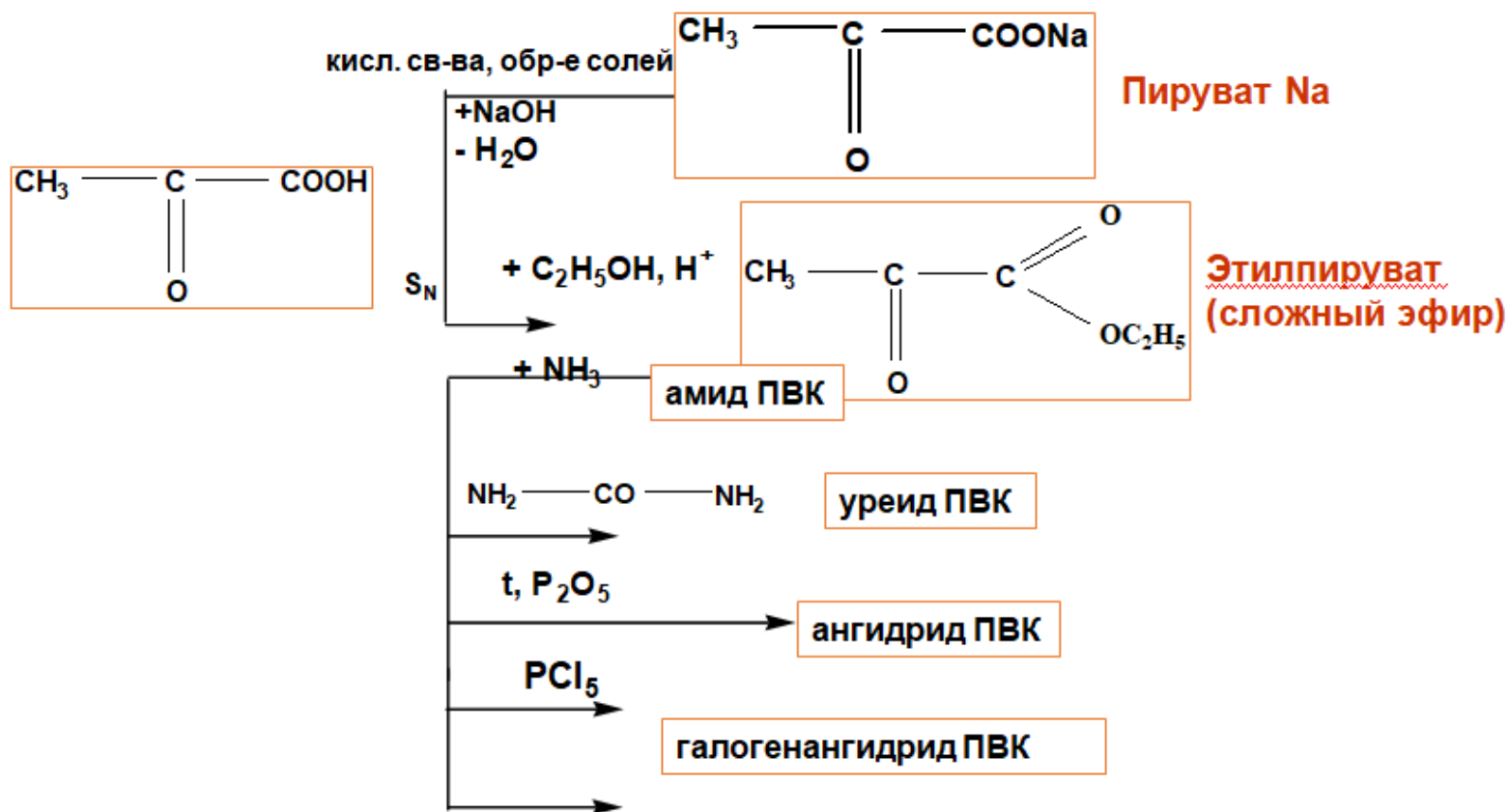
ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОКСОКИСЛОТ

1) Реакция $>\text{C}=\text{O}$ - A_N



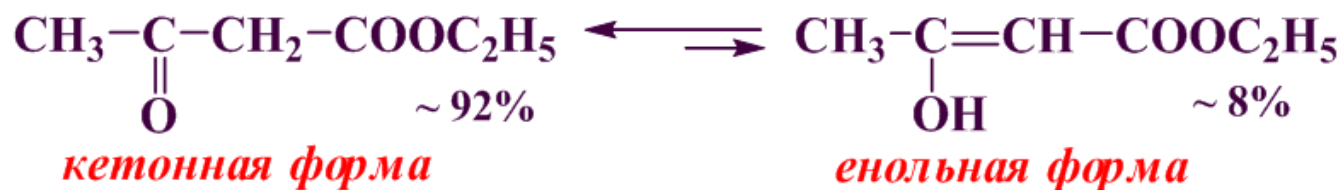
ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОКСОКИСЛОТ

2) Реакции – COOH группы.

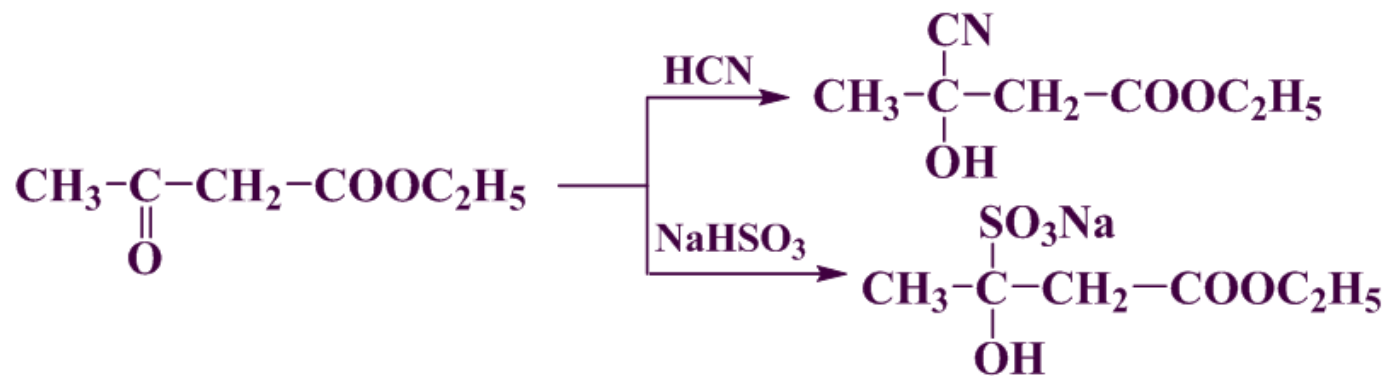


ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОКСОКИСЛОТ

Кето-енольная таутомерия β-оксокислот



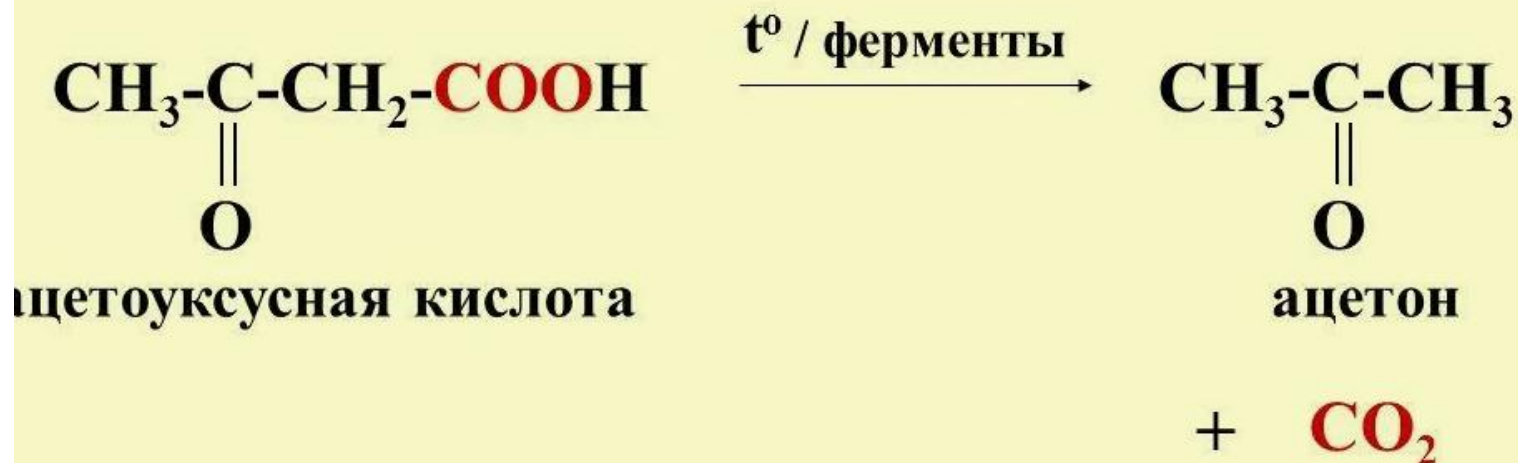
Реакции в кетонной форме



ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОКСОКИСЛОТ

Специфические свойства β -кетокислот

Реакция декарбоксилирования



БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ОКСОКИСЛОТ

Пировиноградная кислота

- Пировиноградная кислота (ПВК, пируват) является продуктом окисления глюкозы и некоторых аминокислот. Ее судьба различна в зависимости от доступности кислорода в клетке. В **анаэробных** условиях она восстанавливается до **молочной кислоты**. В **аэробных** условиях происходит ее **окислительное декарбоксилирование** до уксусной кислоты, переносчиком которой служит коэнзим А.

Окисление ПВК происходит при участии ряда ферментов и коферментов, объединенных структурно в мультиферментную систему, получившую название «пируватдегидрогеназный комплекс».

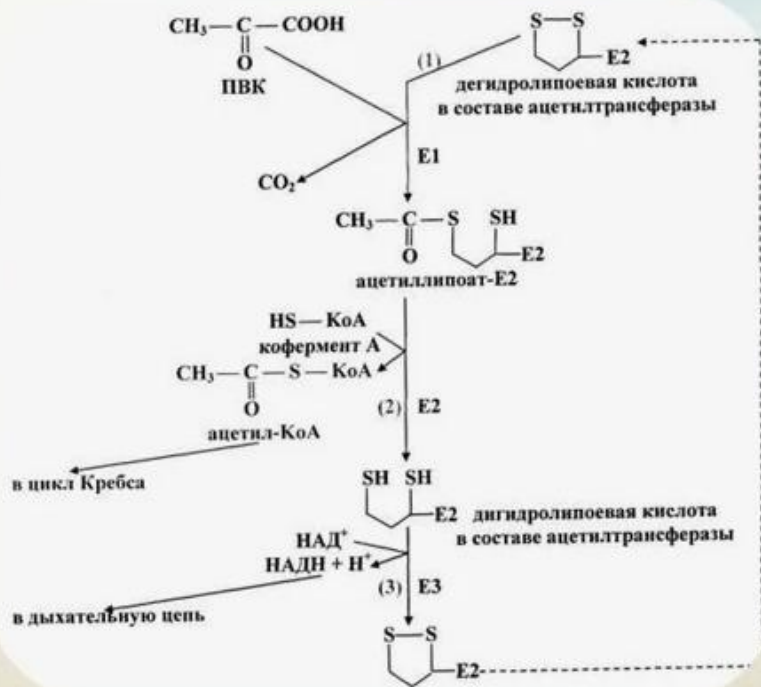
Пируватдегидрогеназный комплекс - митохондриальный мультиферментный комплекс, соединенный с внутренней мембраной со стороны матрикса.

Локализация: матрикс митохондрий.



БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ОКСОКИСЛОТ

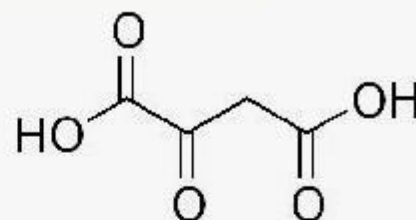
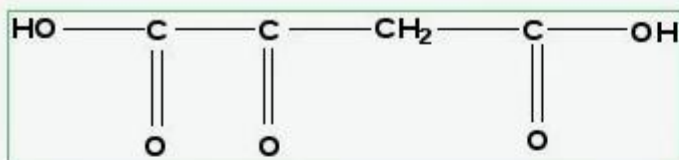
Окислительное декарбоксилирование пировиноградной кислоты и биологическая роль



Биологическая роль окислительного декарбоксилирования пирувата заключается в том, что оно является важным этапом катаболизма, позволяющим включаться в цикл Кребса тем веществам, при распаде которых образуется ПВК. Образовавшаяся молекула NADH_2 окисляется в длинной дыхательной цепи с образованием 3-х молекул АТФ.

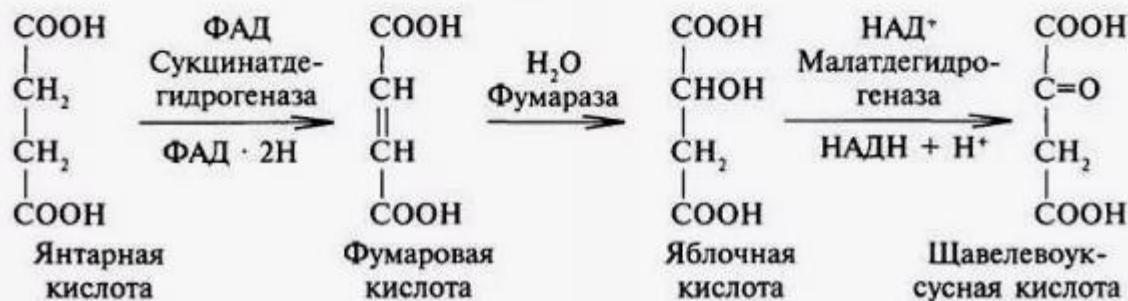
БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ОКСОКИСЛОТ

Щавелевоуксусная кислота



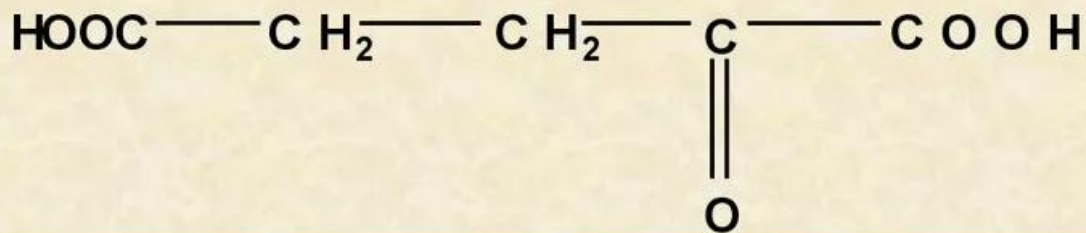
2- оксобутандиовая
Относится одновременно к
 α и β - оксокислотам

Щавелевоуксусная кислота является промежуточным соединением в **цикле Кребса** и **глюконеогенезе**. Она образуется при окислении яблочной кислоты. Далее **ЩУК** взаимодействует с ацетил-КоА, и превращается в **лимонную кислоту**



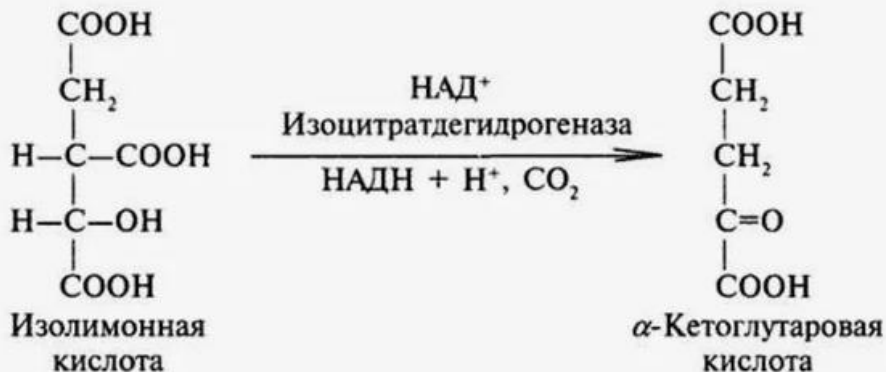
БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ОКСОКИСЛОТ

α-оксоглутаровая кислота



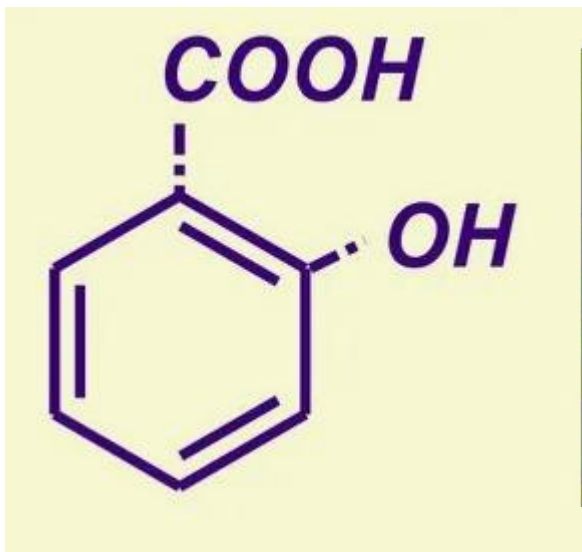
2-оксопентандиовая
кислота,
α-кетоглутаровая
кислота

Ключевой продукт цикла Кребса, образуется в результате декарбоксилирования изолимонной кислоты.



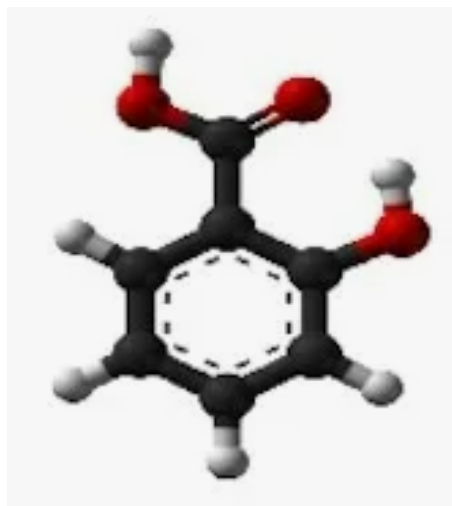
ФЕНОЛОКИСЛОТЫ

Фенолокислоты — это ароматические кислоты, в молекуле которых одновременно с карбоксильной группой имеется фенольный гидроксил. Наибольшую физиологическую активность проявляет - о-гидроксibenзойная, или салициловая,

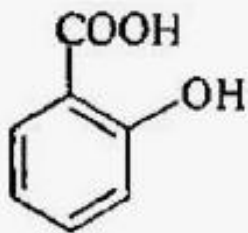


ФЕНОЛОКИСЛОТЫ

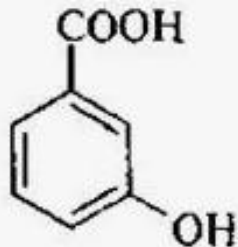
В природе встречается в растениях в виде производных, **салициловая** кислота была впервые выделена из **коры ивы**, откуда и происходит название



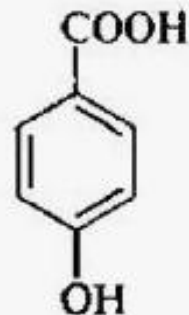
ФЕНОЛКИСЛОТЫ



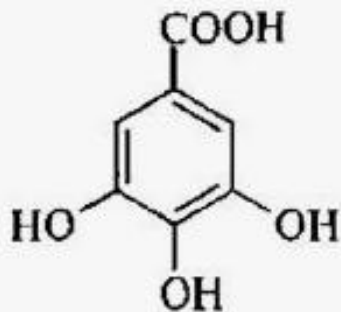
o-гидроксibenзойная
кислота;
салициловая кислота



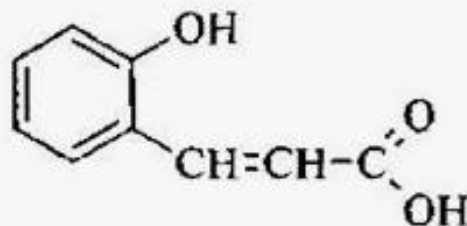
m-гидроксibenзойная
кислота



p-гидроксibenзойная
кислота



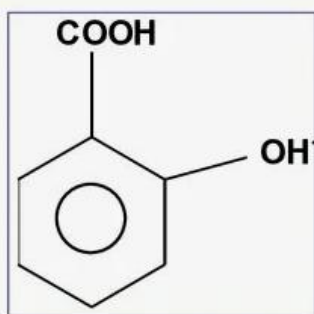
3,4,5-тригидроксibenзойная
кислота



2-гидроксикоричная
кислота

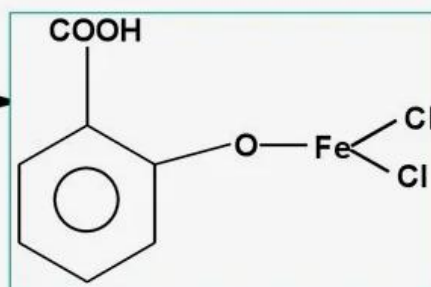
ФЕНОЛКИСЛОТЫ

➤ Химические свойства OH^- - группы (характерны все реакции фенольного гидроксила)



FeCl_3

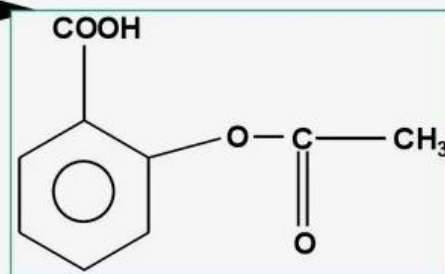
- HCl



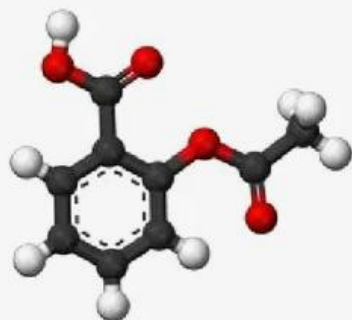
(качественная реакция на фенол
интенсивное фиолетовое окрашивание)

$(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$

- CH_3COOH

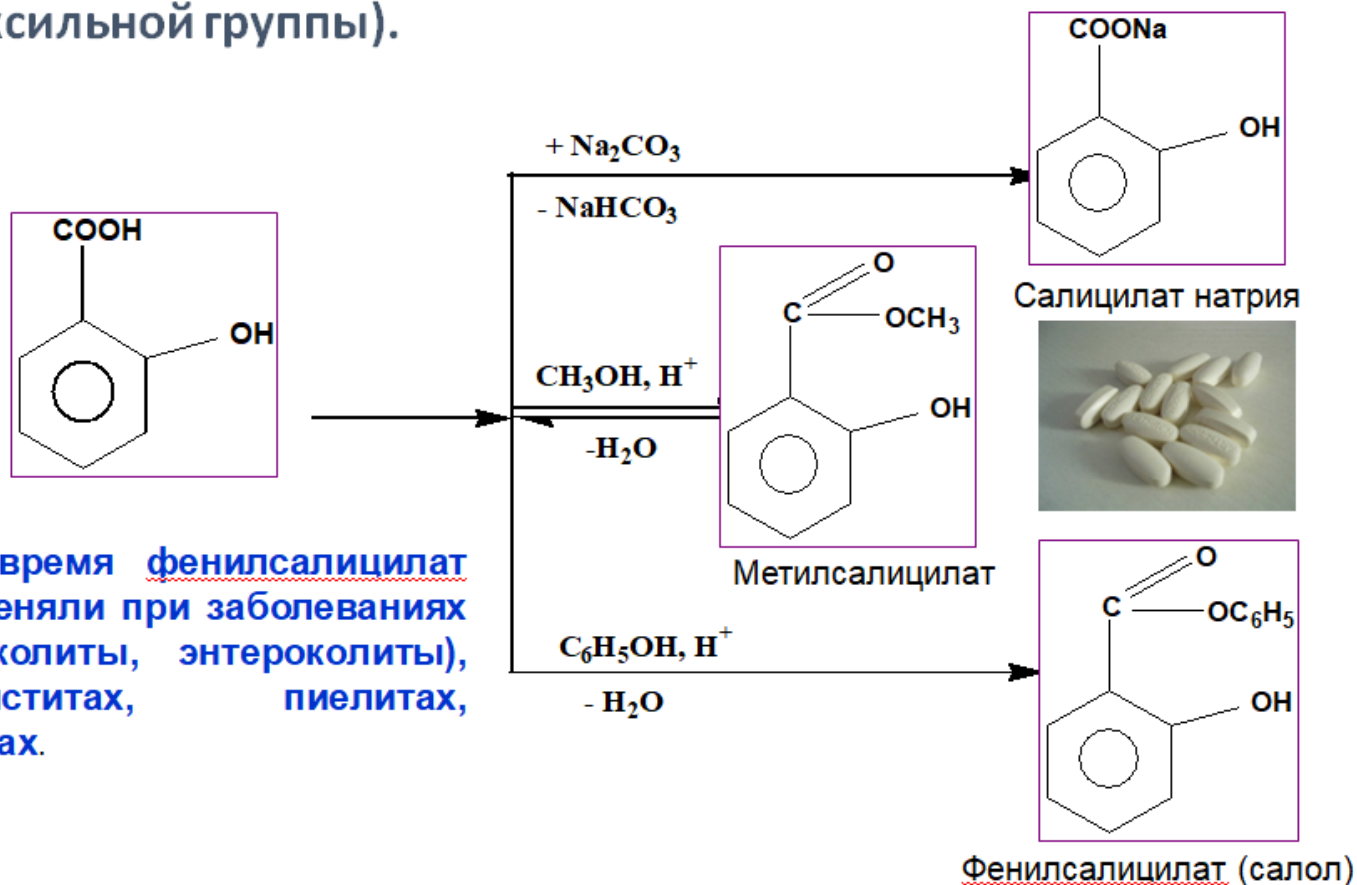


Ацетилсалициловая кислота (аспирин)⁶²



ФЕНОЛКИСЛОТЫ

Химические свойства COOH^- - группы (характерны все реакции карбоксильной группы).



Длительное время фенилсалицилат широко применяли при заболеваниях кишечника (колиты, энтероколиты), при циститах, пиелитах, пиелонефритах.

ФЕНОЛКИСЛОТЫ

Специфические реакции, обусловленные влиянием 2^х групп друг на друга:

➤ Декарбоксилирование

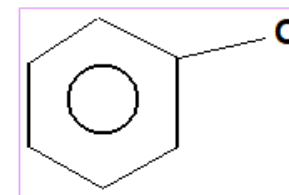
➤ Более сильные кислотные свойства



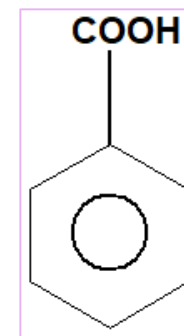
декарбоксилирование

t

- CO₂



Усиление кислотных свойств
(pK = 2.98) по сравнению
бензойной кислотой



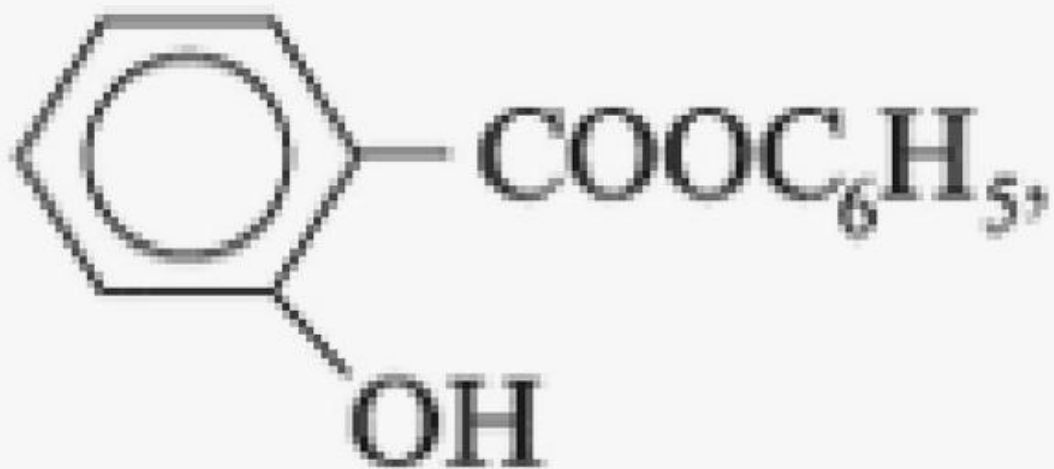
ФЕНОЛКИСЛОТЫ

Производные салициловой кислоты



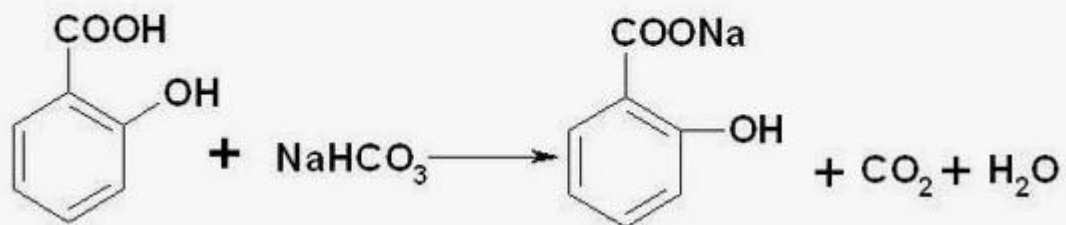
ФЕНОЛКИСЛОТЫ

Салол (фенилсалицетат) - кристаллический порошок, плохо растворим в воде, с FeCl_3 не даёт фиолетовое окрашивание, гидролизуется медленно, дезинфицирующее средство при заболевании кишечника.



ФЕНОЛКИСЛОТЫ

Салицилат натрия:



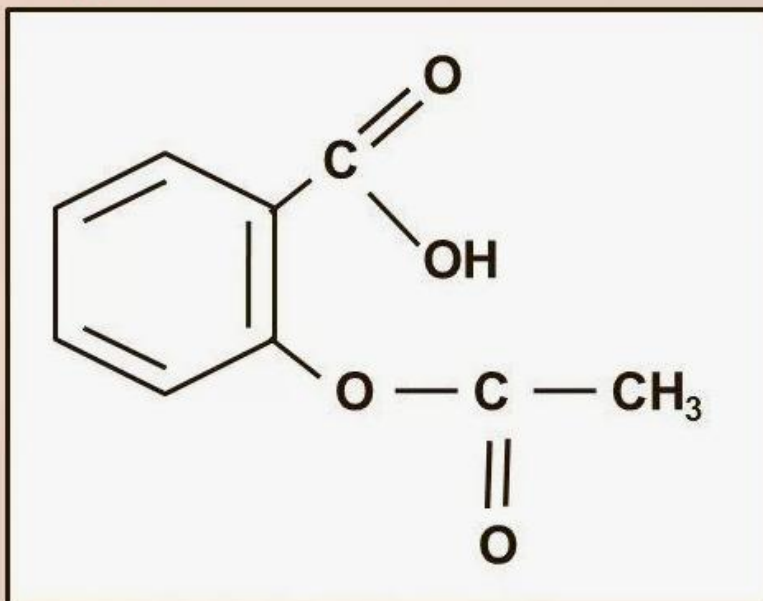
Применяется в качестве анальгетического, противовоспалительного, жаропонижающего средства.



ФЕНОЛКИСЛОТЫ

Аспирин

Кислота
ацетил-
салициловая,
салициловый
эфир
уксусной
кислоты



Противовоспалительное, жаропонижающее, болеутоляющее средство при лихорадочных состояниях, болях различного происхождения (головной, зубной, ревматоидной)