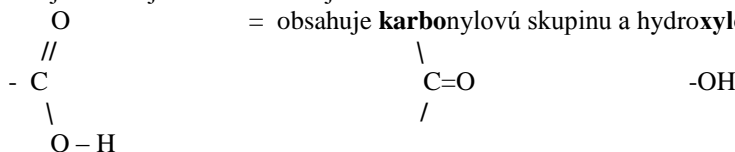
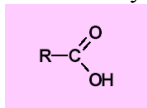


## KARBOXYLOVÉ KYSELINY

### CHARAKTERISTIKA

- kyslíkaté deriváty uhlíkovodíkov, ktoré majú vo svojich molekulách jednu alebo viac KARBOXYLOVÝCH SKUPÍN, t.j. skupín -COOH = obsahuje **karbonylovú** skupinu a **hydroxylovú** skupinu

- ich všeobecný vzorec je



### ROZDELENIE

- podľa počtu karboxylových skupín:

**JEDNOSÝTNE** – obsahujú jednu karboxylovú skupinu, napr.: kys. Octová

**VIACSYTNE** – obsahujú viac karboxylových skupín, **DVOJSÝTNE** – obsahujú dve karboxylové skupiny napr.: kys. šťaveľová

**TROJSÝTNE** – obsahujú tri karboxylové skupiny, .....

- podľa uhlíkovodíkového zvyšku:

a) **NASÝTENÉ**

b) **NENASÝTENÉ**

c) **AROMATICKE**

#### Nasýtené monokarboxylové kyseliny:

- **mravčia** H-COOH (kys. metánová)
- **propiónová** CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-COOH (kys. propánová)
- **palmitová** CH<sub>3</sub>-(CH<sub>2</sub>)<sub>14</sub>-COOH (kys. hexadekánová)

- **octová** CH<sub>3</sub>-COOH (kys. etánová)
- **maslová** CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-COOH (kys. butánová)
- **steárová** CH<sub>3</sub>-(CH<sub>2</sub>)<sub>16</sub>-COOH (kys. oktadekánová)

#### Nasýtené dikarboxylové kyseliny:

- **šťaveľová** HOOC-COOH (kys. etándiová)
- **jantárová** HOOC-(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>-COOH (kys. butándiová)
- **adipová** HOOC-(CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>-COOH (kys. hexándiová)

- **malónová** HOOC-CH<sub>2</sub>-COOH (kys. propándiová)
- **glutárová** HOOC-(CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub>-COOH (kys. pentándiová)

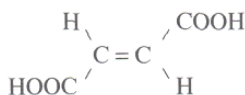
#### Nenasýtené monokarboxylové kyseliny:

- **akrylová** CH<sub>2</sub>=CH-COOH (kys. propénová)

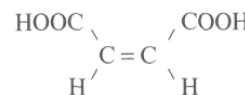
- **olejová** CH<sub>3</sub>-(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>-CH=CH-(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>-COOH (kys. cis-9-oktadecénová)

#### Nenasýtené dikarboxylové kyseliny:

- **fumarová** (kys. trans-buténdiová)

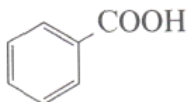


- **maleínová** (kys. cis-buténdiová)

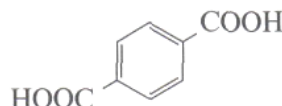
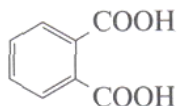


#### Aromatické karboxylové kyseliny:

- **benzoová** (kys. benzénkarboxylová)
- **ftalová** (kys. benzén-1,2-dikarboxylová)



- **tereftalová** (kys. benzén-1,4-dikarboxylová)



Vyššie monokarboxylové kyseliny nazývame aj **masťné kyseliny**, pretože sú súčasťou tukov a olejov – palmitová, steárová, olejová, ...

### FYZIKÁLNE VLASTNOSTI

#### Monokarboxylové:

- nižšie = kvapaliny prenikavého zápachu, miešateľné s vodou
- vyššie = olejovité látky, vo vode obmedzene rozpustné
- najvyššie = tuhé látky, vo vode nerozpustné

**Dikarboxylové a aromatické** = kryštalické (iba nižšie dikarboxylové sú rozpustné vo vode)

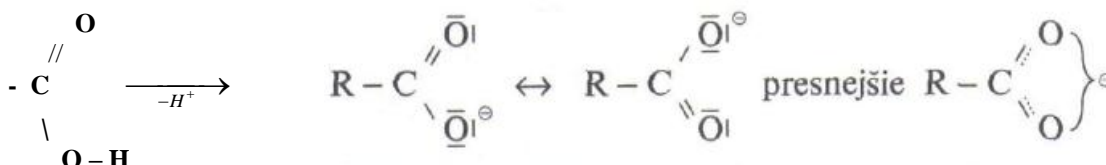
- rozpustnosť rastie s počtom karboxylových skupín
- teplota varu ↑ mólóvá hmotnosť ↑
- v kvapalnom stave tvoria väzby vodíkovým mostíkom (diméry) ⇒ majú relatívne vysoké teploty varu / topenia



## CHEMICKÉ VLASTNOSTI

- určuje karboxylová skupina = je polárna skupina:

- kyslík v "karbonylovej časti" karboxylovej kyseliny priťahuje elektróny π-väzby (-M-efekt) = nesie čiastočný záporný náboj, t.j. δ<sup>-</sup> náboj
- karboxylový uhlík nesie parciálny kladný náboj, t.j. δ<sup>+</sup> náboj (môže sa naň naviazať nukleofilné činidlo)
- voľné elektrónové páry na O z -OH skupiny sa zapoja do konjugácie s π-elektrónmi ⇒ tým sa oslabí pútanie H v -OH skupine a tak môže disociovať = odštiepi sa ako H<sup>+</sup> („kyslý charakter“) a vzniká karboxylátový anión R-COO<sup>-</sup>

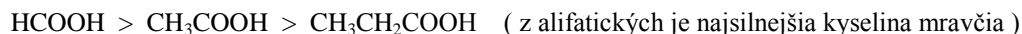


nevystihuje presne jeho konštitúciu anión je súmerný a záporný náboj je súmerne rozložený (delokalizovaný) na oboch atómoch kyslíka

## Sila karboxylových kyselín

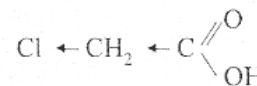
- vyjadruje sa pomocou disociačnej konštanty K<sub>A</sub> (u karboxylových kyselín < 10<sup>-4</sup>, t.j. sú to slabé kyseliny)
- závisí od uhlíkovodíkového zvyšku (R):
  - prítomnosť dvojitej väzby a aromatického jadra v blízkosti karboxylovej skupiny silu kyselín zvyšuje

- a) **Alifatické nesubstituované nasýtené kk** – s rastúcim +I efektom uhlíkovodíkových zvyškov klesá kyslosť kk (lebo sa znižuje kladný náboj na karboxylovom C) → sila kk klesá v poradí:



- b) **Alifatické substituované kyseliny** –

- elektrónakceptorné skupiny (-I efekt) – zvyšujú silu kyselín
- elektrónonorové skupiny (+I efekt) – znižujú kyslosť



- c) **Aromatické kyseliny** nesubstituované – karboxylová skupina vykazuje -M efekt

- kys. benzoová je slabšia ako kys. mravčia ale je silnejšia než kys. octová (+I efekt metylovej skupiny kys. octovej je silnejší ako -M efekt karboxylu kys. benzoovej (narušenie aromatického systému)

- d) **Aromatické kyseliny so substituentom na benzénovom jadre** – C

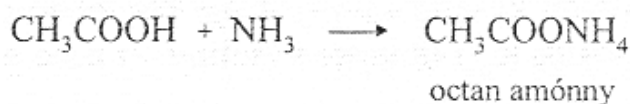
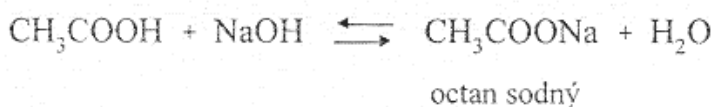
- elektrónakceptorové substituenty – zvyšujú silu kyselín (s-M efekt v polohe o- / p-)
- elektrónonorové substituenty - znižujú kyslosť

- e) **Nenasýtené kyseliny** – α-β nenasýtené kyseliny sú silnejšie ako nasýtené (napr. CH<sub>2</sub>=CH-COOH)

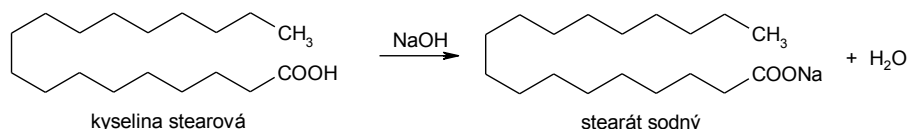
## CHARAKTERISTICKÉ REAKCIE

### ▶ 1. NEUTRALIZÁCIA

- reakcia karboxylových kyselín s hydroxidmi, pri ktorej vzniká voda a soľ karboxylovej kyseliny
- je to vratná reakcia, t.j. soli vodou hydrolyzujú

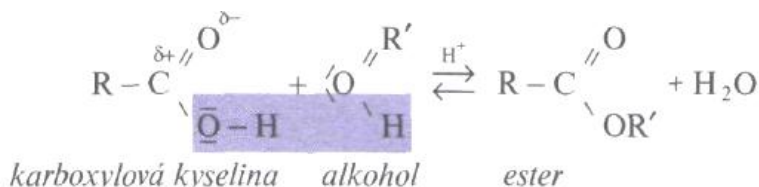


- prakticky významná je neutralizácia vyšších mastných kyselín hydroxidom sodným alebo draselným = vznikajúce soli sú hlavnou zložkou tradičných mydiel

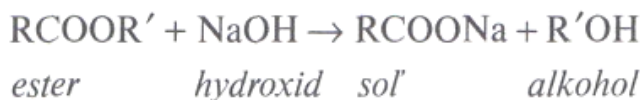


## ▶ 2. ESTERIFIKÁCIA

- je kyslo katalyzovaná reakcia karboxylovej kyseliny a alkoholu (t.j. prebieha v kyslom prostredí)
- alkohol sa naviaže na C<sup>δ+</sup> karboxylovej skupiny pri vzniku esteru a súčasne sa odštiepi voda

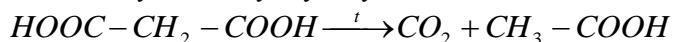


- je to vratná reakcia = opačným smerom prebieha HYDROLÝZA ESTEROV, ktorá sa môže uskutočniť v:
  - kyslom prostredí – t.j. katalyticky kyselinou – opäť vznikne karboxylová kyselina a alkohol
  - zásaditom prostredí (v prítomnosti NaOH / KOH) = tzv. zmydelňovanie esterov – vzniká soľ karboxylovej kyseliny a alkohol - soli vyšších mastných kyselín = mydlá

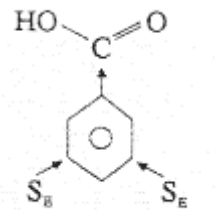
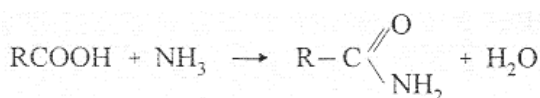
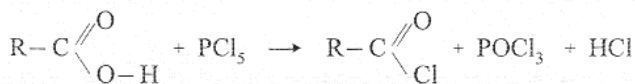


## ▶ 3. DEKARBOXYLÁCIA

- je reakcia, pri ktorej dochádza k odštiepeniu CO<sub>2</sub> z karboxylovej skupiny (t.j. k zániku karboxylovej skupiny) pri zahrievaní niektorých karboxylových kyselín



## ▶ 4. Iné



## PREHĽAD a POUŽITIE

### KYSELINA MRAVČIA (kys. metánová)

- bezfarebná, ostro páchnuca kvapalina, má leptavé a konzervačné účinky, neobmedzene rozpustná vo vode
- má redukčné schopnosti – pretože obsahuje i aldehydovú skupinu (HO – CHO)
- produkovaná mravcami ako obranná a signálna látka, vyskytuje sa aj vo včel'om jede, v listoch žihľavy
- priemyselne sa vyrába napr.: oxidáciou metanolu
- používa sa pri konzervovaní potravín, ako dezinfekčný prostriedok, v každom lekárstve, v kožiarskom priemysle

### KYSELINA OCTOVÁ (kys. etánová)

- bezfarebná kvapalina štipľavého zápachu, leptavá
- vyrába sa octovým kvasením liehových roztokov alebo oxidáciou acetaldehydu vzdušným kyslíkom (kvasením liehových roztokov vzniká aj v prírode – ide o octové kvasenie spôsobené niektorými druhmi baktérií, ktoré oxidujú alkohol na kyselinu octovú)
- používa sa ako rozpúšťadlo, na výrobu acetátového hodvábu, farbív, konzerváciu potravín, pri výrobe liečiv (acylpyrín), v potravinárstve – jej 5-8% vodný roztok = **OCOT**
- koncentrovaná kyselina octová tuhne už pri 17 °C = nazývame ju **padová kyselina octová**

### KYSELINA MASLOVÁ (kys. butánová)

- olejovitá, nepríjemne páchnuca kvapalina, vo forme esteru je súčasťou masla
- vzniká tuchnutím tukov, napr. žltnutie povrchu starého masla (je viazaná v mliečnom tuku a pri jeho žltnutí spôsobuje charakteristický zápach)
- voľná sa nachádza napr. v semenách Ginko biloba

### KYSELINA PALMITOVÁ a STEÁROVÁ

- biele pevné látky, obe sa nachádzajú vo forme svojich esterov s glycerolom v tukoch, ich alkalickou hydrolyzou vznikajú soli týchto kyselín = mydlá
- kys. palmitová bola zneužitá na výrobu napalmu = bojový chemický plyn

### KYSELINA OLEJOVÁ (kys. 9-oktadecénová) – obsahuje 1 dvojitú väzbu

- nachádza sa v rastlinných olejoch vo forme esterov s glycerolom, uvoľňuje sa z nich štiepením
- patrí medzi masťné kyseliny, hydrogenáciou sa mení na kys. steárovú (dochádza k stužovaniu olejov)
- používa sa v textilnom priemysle a na výrobu mazľavých mydiel

- kys. linolová  $C_{17}H_{31}COOH$  - má 2 dvojitú väzby kys. linolenová  $C_{17}H_{29}COOH$  - má 3 dvojitú väzby
- patria medzi masťné kyseliny, sú súčasťou tzv. tuhých olejov, napr. ľanový, konopný, makový (vplyvom vzdušného kyslíka sa nenasýtené karboxyl. kyseliny pozvoľna oxidujú a polymerizujú na živičné látky, z ktorých sa pripravujú fermeže)

### KYSELINA ŠŤAVEĽOVÁ

- kryštalická jedovatá látka, má leptavé účinky
- vyskytuje sa v rastlinách vo forme solí = šťaveľany (oxaláty) = vyskytujú sa v rastlinách, napr.: v šťaveli, rebarbore, špenáte a v ľudskom tele viažu vápnik za vzniku šťaveľanu vápenatého, ktorý je zložkou obličkových kameňov
- používa sa na prípravu moridiel, na odstraňovanie škvr, v analytickej chémii (manganometrii)

### KYSELINA AKRYLOVÁ

- bezfarebná štipľavo zápachajúca kvapalina
- ľahko polymerizuje na sklovitú hmotu – kys. polyakrylovú, ktorej estery sa používajú na výrobu organického skla

### KYSELINA BENZOOVÁ

- bezfarebná kryštalická látka – tvorí ihličky, sublimuje, je rozpustná v teplej vode a v etanole
- vyrába sa oxidáciou toluénu, v prírode sa vyskytuje voľná i viazaná vo forme esterov (živice, balzamy)
- pre svoje antioxidantné a konzervačné účinky sa používa v potravinárstve (pôsobí ako ochrana proti plesniam a kvasinkám) a v zdravotníctve pri kožných infekciách (lebo má antioxidantné a konzervačné účinky), ako surovina na výrobu mnohých aromatických zlúčenín

### KYSELINA FTALOVÁ

- biela kryštalická látka, pri zahrievaní stráca vodu a rozkladá sa na ftalanhydrid = výroba farbív, indikátorov a plastov

### KYSELINA TEREFTALOVÁ

- biela kryštalická látka, používa sa pri výrobe umelých vlákien (polyesterov)

### KYSELINA CHOLOVÁ

- nachádza sa v ľudskej žlči a ako emulgátor sa podieľa na trávení tukov

## **DERIVÁTY KARBOXYLOVÝCH KYSELÍN**

- odvodzujeme dva druhy derivátov:

- 1. FUNKČNÉ DERIVÁTY** – odvodzujú sa od karboxylových kyselín tak, že vo funkčnej ( karboxylovej ) skupine nahradíme buď vodík karboxylovej skupiny alebo celý hydroxyl karboxylovej skupiny
- 2. SUBSTITUČNÉ DERIVÁTY** – odvodzujú sa nahradením jedného alebo viacerých atómov vodíka v uhlíkovom reťazci karboxylovej kyseliny iným atómom alebo funkčnou skupinou na rozdiel od funkčných derivátov je modifikovaný jejich uhlíkatý reťazec, a to tak, že obsahuje ďalšiu funkčnú skupinu:

### **FUNKČNÉ DERIVÁTY KK**

- odvodzujú sa od karboxylových kyselín tak, že vo funkčnej ( karboxylovej ) skupine nahradíme buď vodík karboxylovej skupiny (soli) alebo celý hydroxyl karboxylovej skupiny (ostatné)
- v porovnaní s kk majú výrazne odlišné vlastnosti, pretože dochádza k zmenám v karboxylovej skupine
- najvýznamnejšie sú:

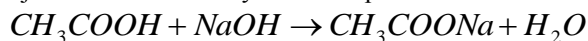
<b>SOLI</b>	$\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \diagup \\ \diagdown \\ \text{O}-\text{kov} \end{array}$	<b>ANHYDRIDY</b>	$\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \diagup \\ \diagdown \\ \text{O} \end{array} \begin{array}{l} \text{O} \\ \diagup \\ \diagdown \\ \text{C}-\text{R} \end{array}$
<b>HALOGENIDY</b>	$\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \diagup \\ \diagdown \\ \text{X} \end{array}$	<b>AMIDY</b>	$\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \diagup \\ \diagdown \\ \text{NH}_2 \end{array}$
<b>ESTERY</b>	$\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \diagup \\ \diagdown \\ \text{OR}' \end{array}$	<b>NITRILY</b>	$\text{R}-\text{C} \equiv \text{N}$

- zvyšok kyseliny po odtrhnutí hydroxylovej skupiny nazývame **ACYL** ( - yl ak kyselina končí na -ová )  
napr.: **formyl** = acyl kyseliny mravčej ( - karbonyl, ak kys. má koncovku -karboxylová )  
**acetyl** = acyl kyseliny octovej

- estery, amidy a soli kk sa vyskytujú v prírode, halogenidy a anhydridy boli pripravené umelo a sú veľmi reaktívne

### SOLI KK

- vznikajú nahradením vodíka atómom kovu (prip. amónnym katiónom )
- pripravujú sa reakciou kk s hydroxidom príslušného kovu



*kys. octová*

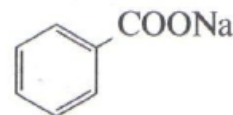
*octan sodný = sodná soľ kys. octovej*

**octan sodný** a **octan draselný** – používajú sa ako katalyzátory pri syntéze organických kyselín z aromatických  
 $\text{CH}_3\text{COONa}$      $\text{CH}_3\text{COOK}$     aldehydov

**octan hlinitý** –  $(\text{CH}_3\text{COO})_3\text{Al}$  - sa používa v medicíne na liečbu opuchov = octanová masť

**octan železitý** a **octan chromitý** – používajú sa na farbenie tkanív  
 $(\text{CH}_3\text{COO})_3\text{Fe}$      $(\text{CH}_3\text{COO})_3\text{Cr}$

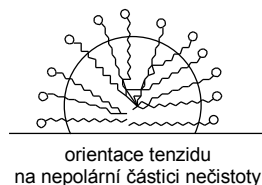
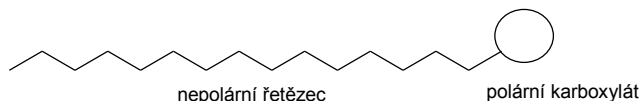
**benzoan sodný** – používa sa ako konzervačný prostriedok



**sodné a draselné soli vyšších mastných kyselín** – používajú sa ako mydlá

- mydlá = čistiace prostriedky
- sodné soli = základ jadrových – tvrdých mydiel    draselné soli = základ mazľavých mydiel
- toaletné mydlá vznikajú parfumovaním základných priemyselných mydiel

- Účinok mydla, rovnako ako ostatných tenzidov spočíva v odlišnej polarite jednotlivých častí molekuly. Zatiaľ čo dlhý uhlíkovodíkový reťazec je nepolárny, karboxylátový anión ( $\text{RCOO}^-$ ) je silno polárny. Na rozhraní polárnej a nepolárnej fázy sa orientujú molekuly tenzidu polárnou časťou do polárneho prostredia a nepolárnou časťou do nepolárneho prostredia. Nečistoty sú spravidla nepolárnej (mastnej) povahy a molekuly tenzidu pomáhajú solvatovať povrch takejto častice vodou a tým uľahčiť jej odstránenie (umytie).



- (Pradávná technológia výroby mydla spočívala vo varení zvyškov živočíšnych tukov v alkalickom roztoku uhličitanu alebo hydroxidu sodného a následným vysolením pevného mydla. Prvé nálezy produktov podobných dnešnému mydlu pochádzajú zo sumerského Babylonu z obdobia 2800 p. n. l.)

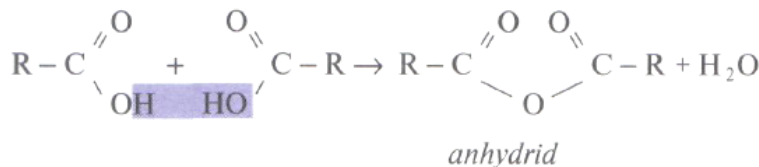
### HALOGENIDY KK (ACYLHALOGENIDY)

- odvodzujú sa nahradením -OH skupiny v karboxylovej skupine halogénom
- kvapalné i kryštalické ostro páchnuce látky, veľmi reaktívne ( lebo elektronegatívny atóm halogénu znižuje elektrónovú hustotu na karboxylovom C)

- používajú sa v organických syntézach ako acylačné činidlá = na vnašanie acylov do organických zlúčenín (napr. **acetylchlorid** = chlorid kys. octovej)
- atóm halogénu viazaný na karboxyl. C odčerpáva elektróny ( -I -efekt halogénu ) a elektrónový deficit na karb. C sa zvyšuje = acylhalogenidy sú zo všetkých funkčných derivátov najreaktívnejšie

## ANHYDRIDY

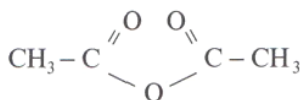
- môžeme ich odvodiť kondenzáciou karboxylových kyselín a súčasným odštiepením vody



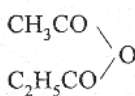
**jednoduché** = z 2 molekúl rovnakej kk

**zmiešané** = z 2 molekúl rôznych kk

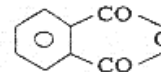
**cyklické** = z 1 molekuly dikarboxylovej kk



acetanhydrid  
(anhydrid kys. octovej)



zmiešaný anhydrid kys.  
octovej a propiónovej



ftalanhydrid  
anhydrid kys. ftalovej

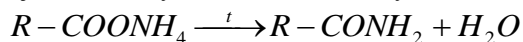
- anhydridy nižších kk sú ostro páchnuce kvapaliny, anhydridy vyšších mono- a dikarboxylových kyselín sú kryštalické látky
- používajú sa v organických syntézach ako acylačné činidlá = na vnašanie acylov do organických zlúčenín

## ESTERY

- odvodzujú sa náhradou -OH skupiny v karboxylovej skupine skupinou -OR' ( R' - je uhlíkovitý zvyšok alkoholu )
- väčšinou kvapalné ( niektoré i pevné ) látky, rozpustné vo vode, mnohé z nich majú charakteristickú vôňu
- mnohé sú súčasťou prírodných esencií, estery vyšších mastných kyselín a glycerolu sú súčasťou tukov a olejov
- pripravujú sa esterifikáciou
- v prítomnosti hydroxidov či kyselín podliehajú hydrolyze
- väčšina esterov nižších karboxylových kyselín príjemne, zvyčajne ovocne vonia – preto sa používajú k aromatizovaniu potravín a nápojov, t.j používajú sa v potravinárstve ako esencie (príchute) alebo pri výrobe voňaviek = ako vonné a chuťové látky, napr.: **mravčan etylový** = rumová esencia, **octan etylový** = hrušková esencia, **maslan etylový** = ananášová esencia
- **zmydelňovanie** - alkalická hydrolyza esterov, uskutočňuje sa pôsobením alkálií, napr. NaOH / KOH, vznikajú **mydlá**
- **estery vyšších karboxylových kyselín** (tzv. vyšších mastných kyselín) s glycerolom sa nazývajú **triacylglyceroly** a sú základnou zložkou tukov olejov

## AMIDY

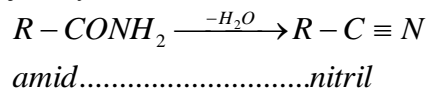
- odvodzujú sa náhradou -OH skupiny tvoriacej karboxyl za aminoskupinu -NH<sub>2</sub>
- kvapalné alebo kryštalické látky, majú vysoké teploty topenia a varu ( spôsobené prítomnosťou H-väzieb )
- pripravujú sa termickým rozkladom amónnych solí:



- sú to medzi produkty organických syntéz
- formamid = amid kyseliny mravečej = laboratórne rozpúšťadlo

## NITRILY

- majú vo svojich molekulách funkčnú skupinu  $-\text{C} \equiv \text{N}$ , vznikajú dehydratáciou amidov:



- jedovaté kvapaliny alebo kryštalické látky
- **akrylonitril** ( nitril kys. akrylovej )  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{C} \equiv \text{N}$  - jedovatý, výroba umelých vlákien

## SUBSTITUČNÉ DERIVÁTY KK

- odvodzujú sa nahradením jedného alebo viacerých atómov vodíka v uhl'ovodíkovom reťazci karboxylovej kyseliny iným atómom alebo funkčnou skupinou
- majú podobné vlastnosti ako kk, pretože karboxylová skupina zostáva zachovaná ( t.j. môžu odštiepiť  $H^+$  )

• medzi najvýznamnejšie patria:

• **HALOGÉNKYSELINY** s naviazaným atómom halogénu  $R - \overset{\text{X}}{\underset{|}{\text{CH}}} - \text{COOH}$

• **HYDROXYKYSELINY** s naviazanou hydroxylovou skupinou  $R - \overset{\text{OH}}{\underset{|}{\text{CH}}} - \text{COOH}$

• **KETOKYSELINY** s naviazanou oxoskupinou  $R - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{COOH}$

• **AMINOKYSELINY** s naviazanou aminoskupinou  $R - \overset{\text{NH}_2}{\underset{|}{\text{CH}}} - \text{COOH}$

( nemusia byť naviazané iba na C vedľa karboxylovej skupiny a môže ich byť i viac )

### HALOGÉNKYSELINY

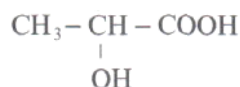
- väčšinou kryštalické jedovaté látky, leptajú pokožku, sú silnejšie kyseliny ako nesubstituované kyseliny: platí:
  - čím bližšie je halogén ku karboxylovej skupine, tým je kyselina silnejšia
  - čím väčší je počet halogénov v molekule, tým je kyselina silnejšia
- **kyselina trichlóroctová** -  $\text{CCl}_3\text{-COOH}$  - patrí k najsilnejším kyselinám vôbec, používa sa na ničenie buriny
- **kyselina chlóroctová** -  $\text{CH}_2\text{Cl-COOH}$  - má leptavé účinky, používa sa v organickej syntéze
- **kyselina fluóroctová** -  $\text{CH}_2\text{F-COOH}$  - veľmi jedovatá, v organizme sa môže zameniť za jej podobnú kys. octovú a zablokovať tak Krebsov cyklus. Je súčasťou jedu niektorých tropických rastlín

### HYDROXYKYSELINY

- kryštalické látky, dobre rozpustné vo vode
- často sa vyskytujú v ovoci

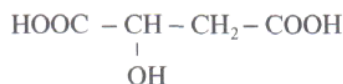
**kyselina mliečna** ( kys. 2-hydroxypropánová )

- vzniká mliečnym kvasením cukrov
- je prítomná v kyslom mlieku, kyslých uhorkách
- existuje v dvoch emantiomérnych formách = pravotočivá a ľavotočivá ( pravotočivá vzniká pri svalovej činnosti ako produkt anaeróbného odbúravania sacharidov )
- mliečne kvasenie pomocou kultúr mliečnych baktérií sa využíva v potravinárskom priemysle, napr.: pri výrobe tvarohov, syrov, jogurtov alebo na sterilizáciu uhoriek alebo kapusty



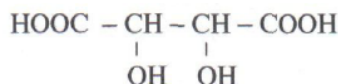
**kyselina jablčná** ( kys. 2-hydroxybutándiová )

- vyskytuje sa v nezrelom ovoci (jablká, hrozno)



**kyselina vínna** ( kys. 2,3-dihydroxybutándiová )

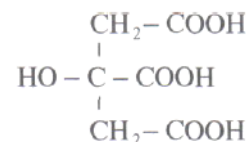
- nachádza sa v ovoci (hroznová šťava)
- vínan draselný = "vínny kameň" na stenách sudov



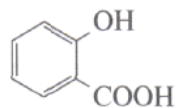
**kyselina hroznová** – nachádzajúca sa v ovoci je racemát ( zmes pravotočivej a ľavotočivej ) kys. vínnej

### **kyselina citrónová** ( kys. 2-hydroxypropán-1,2,3-trikarboxylová )

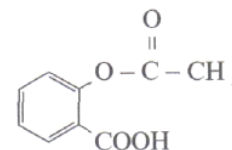
- nachádza sa v mnohých plodoch, najmä citrusových (citrusy, ríbezle, brusnice, ...)
- ako súčasť Krebsovho cyklu je jedným z medziproduktov metabolizmu živín
- používa sa na konzervovanie potravín a krvi (v lekárstve), prípravu nápojov, farbenie tkanív



### **kyselina salicylová** ( kys. 2-hydroxybenzoová )



- kyselina a jej deriváty sa používajú v medicíne
- antiseptikum, konzervačný prostriedok
- salicylan sodný = liek proti reume
- najvýznamnejší z jej derivátov je **kyselina acetylsalicylová**  
( atóm H v hydroxyle je nahradený acetylom )
  - používa sa ako liek pri horúčke, proti bolestiam a zápalom
  - acylpyrín = antipyretikum (znižuje teplotu)



- po prvýkrát ju získali z vrbovej kôry ( latinsky Salix )

## **KETOKYSELINY**

- zúčastňujú sa biochemických pochodov, zaradujeme ich spolu s aldokyselinami medzi **oxokyseliny**

### **kyselina pyrohroznová** ( kys. 2-oxopropánová ) $\text{CH}_3\text{-CO-COOH}$

- metabolizmus sacharidov, je produktom glykolýzy (štiepenia cukrov )

### **kyseliny acetocetové** ( kys. 3-oxobutánová ) $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_2\text{-COOH}$

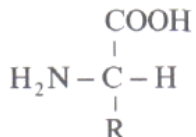
- je nestála a dekarboxyluje na acetón
- v organizme vzniká ako produkt metabolizmu tukov

**kyselina oxáloctová** a **kyselina  $\alpha$ -ketoglutarová** - sú súčasťou Krebsovho cyklu

## **AMINOKYSELINY**

### **CHARAKTERISTIKA a ROZDELENIE**

- sú to substitučné deriváty k, ktoré vo svojich molekulách obsahujú karboxylovú skupinu a aminoskupinu – NH<sub>2</sub>
- majú všeobecný vzorec :



- väčšina amk vyskytujúcich sa v prírode sú:
  - $\alpha$  - amk = majú aminoskupinu v polohe  $\alpha$  ( naviazanú na 2 atóme C, t.j. susedí s karboxylovou skupinou )
  - L - amk = ich konformácia sa odvodzuje od L-glyceraldehydu  
(  $\alpha$ -C je chirálny = amk sú opticky aktívne, vyskytujú sa v 2 enantiomérnych formách D- a L- )  
( amk glycín nie je opticky aktívna - neobsahuje chirálny C )

- t.j. medzi aminokyselinami majú z hľadiska živých organizmov najvýznamnejšie postavenie  $\alpha$  -aminokyseliny, resp. iba 20 z nich = v bielkovinách ( proteínoch ) sa vyskytuje bežne 20 **PROTEINOGENÝCH** (kódovaných) **AMK** ( sú geneticky kódované ) (všetky sú L- a  $\alpha$ - amk)  
(sú základnými stavebnými jednotkami peptidov a bielkovín)

- delíme ich na:

**ESENCIÁLNE AMK** = ( nevyhnutné, nepostrádateľné ) – amk, ktoré si ľudské telo nedokáže syntetizovať a preto ich musí obsahovať v potrave. Od ich obsahu v potrave závisí ich výživová hodnota bielkovín.  
- 8 - sú to: valín, leucín, izoleucín, treonín, lyzín, metionín, fenylalanín, tryptofán

**NEESENCIÁLNE AMK** = ( postrádateľné ) – amk, ktoré si ľudské telo dokáže syntetizovať – vznikajú transamináciou z amk prijatých potravou

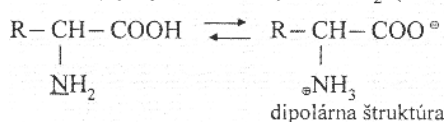
- okrem týchto 20 základných proteinogénnych amk existujú i ďalšie, ktoré sa však objavujú iba u niektorých druhov organizmov. Pre rôzne živočíšne druhy sú esenciálne rôzne druhy amk. Rastliny sú schopné syntetizovať všetkých 20 amk.



## VLASTNOSTI

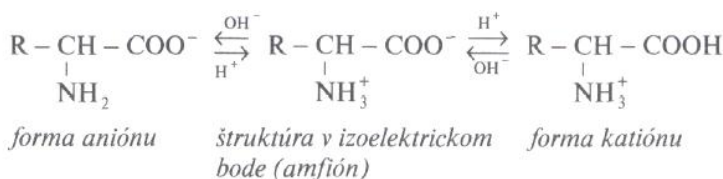
- bezfarebné pevné, kryštalické látky s ↑teplotou topenia, väčšinou rozpustné vo vode, nerozpustné v nepolár. rozpúšťadlách
- väčšina amk má **AMFOTÉRNÝ CHARAKTER** ( majú vlastnosti kyselín i zásad ) :
  - – **COOH** skupina má **kyslé vlastnosti** ( môže odštepovať  $H^+$  ) = v zásaditom prostredí sa amk správajú ako kyseliny – t.j. odštiepujú kation vodíka a vytvárajú anión  $-COO^-$  ( zásadité prostredie bráni disociácii  $-NH_2$  sk )
  - –  $\overline{NH}_2$  skupina je príčinou **zásaditých vlastností** ( lebo na dusíku je voľný elektrónový pár - t.j. môže viazať  $H^+$  ) = v kyslom prostredí sa amk správajú ako zásady – t.j. prijímajú vodíkový kation a tvoria amóniový kation  $-NH_3^+$  ( kyslé prostredie bráni disociácii  $-COOH$  )

COOH (kyslý charakter) a  $-NH_2$  (bázický charakter)



reakcia v rámci molekuly

- **IZOELEKTRICKÝ BOD** = ozn. **pI** – je hodnota pH, pri ktorej sa amk správa neutrálne, čiže všetky jej molekuly sú vo forme **AMFIÓNOV** = obojakých iónov ( tzv. vnútornej soli )



- táto hodnota je charakteristická pre každú amk a umožňuje nám napr. využiť elektromigračné metódy pre analýzu zmesi aminokyselín - v elektrickom poli sa budú pri danom pH pohybovať kladne nabité aminokyseliny ku katóde a záporne nabité k anóde - ak nastavíme pH tak, aby odpovedalo pI hľadanej aminokyseliny, nebude sa táto amk v elektrickom poli pohybovať žiadnym smerom
- pH, pri ktorom sa aminoskupina a karboxylová skupina "navzájom zneutralizujú"
- amk majú rôznu hodnotu pI, ktorý závisí od podľa počtu skupín -COOH a  $-NH_2$  v molekule
- hodnota pI je pre každú amk charakteristická a pohybuje sa v rozsahu 3 – 11

## ROZDELENIE AMK:

- **podľa počtu skupín -COOH a  $-NH_2$  v molekule amk delíme na:**

**KYSLÉ** – ak má amk v molekule viac  $-COOH$  skupín ako  $-NH_2$  skupín = správa sa kyslo a vo vodnom roztoku má formu aniónu

- napr.: kyselina asparágová

**ZÁSADITÉ** – ak má amk v molekule viac  $-NH_2$  skupín ako  $-COOH$  skupín = správa sa zásadito a vo vodnom roztoku má formu kationu

- napr.: lyzín

**NEUTRÁLNE** – ak je počet  $-COOH$  skupín a  $-NH_2$  skupín v molekule rovnaký

- **podľa postranného reťazca amk delíme na:**

**NEPOLÁRNE** – postranný reťazec je uhl'ovodíkový zvyšok.

- napr.: alanín, glycín

- dodávajú bielkovinám hydrofóbne vlastnosti a majú schopnosť viazať nepolárne nízkomolekulové látky, napr. lipidy

**POLÁRNE** – postranný reťazec obsahuje polárne funkčné skupiny

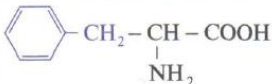
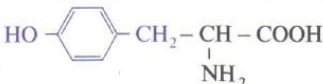
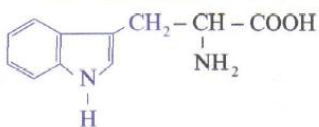
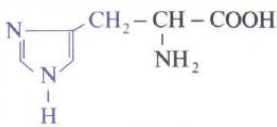
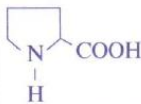
- napr. serín, treonín, tyrozín

- ľahko vytvárajú vodíkové väzby s molekulami vody a zvyšujú tak rozpustnosť bielkovín vo vode

## VÝZNAM

- aminokyseliny, predovšetkým  $\alpha$ -amk majú zásadný význam ako stavebné zložky bielkovín a ako zlúčeniny, podieľajúce sa na najrôznejších metabolických procesoch v organizmoch
- z týchto tzv. kódovaných amk sú bunkami živočíchov a rastlín syntetizované proteíny, ktoré majú skoro všetky mysliteľné funkcie - od regulačných hormónov ( vazopresín, inzulín ) , cez stavebné funkcie ( kolagén ) až po katalyzátory biochemických procesov ( enzýmy )
- okrem týchto  $\alpha$ -aminokyselín tvoriacich peptidy sa v živých organizmoch vyskytujú ďalšie amk, ktoré majú rozličné funkcie – napr. kyselina 4-aminomaslová ( GABA ) funguje ako neurotransmiter v mozgových bunkách, thyroxín – rastový hormón produkovaný štítnou žľazou

aminokyselina	medzinárodná skratka	postranný reťazec
<b>AMINOKYSELINY S NESUBSTITUOVANÝM POSTRANNÝM REŤAZCOM</b>		
GLYCÍN	Gly	$\text{H} - \text{CH} - \text{COOH}$   $\text{NH}_2$
ALANÍN	Ala	$\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{COOH}$   $\text{NH}_2$
VALÍN	Val	$\text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \text{CH} - \text{COOH}$     $\text{CH}_3 \text{NH}_2$
LEUCÍN	Leu	$\text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH}$     $\text{CH}_3 \text{NH}_2$
IZOLEUCÍN	Ile	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH} - \text{CH} - \text{COOH}$     $\text{CH}_3 \text{NH}_2$
<b>AMINOKYSELINY S HYDROXYLOVOU SKUPINOU V POSTRANNOM REŤAZCI</b>		
SERÍN	Ser	$\text{HOCH}_2 - \text{CH} - \text{COOH}$   $\text{NH}_2$
TREONÍN	Thr	$\text{CH}_3\text{CH} - \text{CH} - \text{COOH}$     $\text{OH} \text{NH}_2$
<b>AMINOKYSELINY OBSAHUJÚCE SÍRU V POSTRANNOM REŤAZCI</b>		
CYSTEÍN	Cys	$\text{HSCH}_2 - \text{CH} - \text{COOH}$   $\text{NH}_2$
METIONÍN	Met	$\text{CH}_3\text{SCH}_2\text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH}$   $\text{NH}_2$

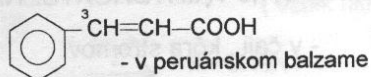
<b>KYSLÉ AMINOKYSELINY S KARBOXYLOVOU SKUPINOU V POSTRANNOM REŤAZCI A ICH AMÍNY</b>		
KYSELINA ASPARÁGOVÁ	Asp	$\text{HOOCCH}_2 - \text{CH} - \text{COOH}$   $\text{NH}_2$
KYSELINA GLUTÁMOVÁ	Glu	$\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH}$   $\text{NH}_2$
ASPARAGÍN	Asn	$\text{H}_2\text{NCOCH}_2 - \text{CH} - \text{COOH}$   $\text{NH}_2$
GLUTAMÍN	Gln	$\text{H}_2\text{NCOCH}_2\text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH}$   $\text{NH}_2$
<b>BÁZICKÉ AMINOKYSELINY</b>		
ARGINÍN	Arg	$\text{H}_2\text{NCNH}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH}$      $\text{NH} \text{NH}_2$
LYZÍN	Lys	$\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH}$   $\text{NH}_2$
<b>AROMATICKÉ AMINOKYSELINY</b>		
FENYLALANÍN	Phe	
TYROZÍN	Tyr	
TRYPTOFÁN	Trp	
<b>HETEROCYKICKÉ AMINOKYSELINY</b>		
HISTIDÍN	His	
PROLÍN	Pro	

KYSELINA	SYSTEMATICKY	LATINSKY	ACYL
MRAVČIA	metánová	formicum	formyl
OCTOVÁ	etánová	aceticum	acetyl
PROPIÓNOVÁ	propánová	propionicum	propionyl
MASLOVÁ	butánová	butyriacum	butyryl
KAPRÓNOVÁ	hexánová	capronicum	hexanoyl (kaproyl)
MYRISTOVÁ	tetradekánová	-	-
ŠŤAVEĽOVÁ	etándiová	oxalycum	oxalyl
MALÓNOVÁ	propándiová	malonicum	malonyl *
JANTÁROVÁ	butándiová	succinicum	sukrinyl
GLUTÁROVÁ	pentándiová	glutaricum	glutaryl **
ADIPOVÁ	hexándiová	adipicum	adipoyl

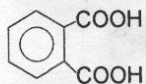
\* soli malonáty, nie maláty (= jablčnany)  
\*\* soli glutaráty = glutamáty od glutámovej ( α-aminoglutárovej )

#### AROMATICKÉ KYSELINY

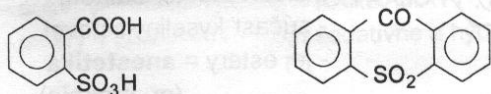
1. KYS. ŠKORICOVÁ = 3-FENYLPROPÉNOVÁ



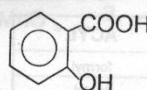
2. KYS. FTALOVÁ - reakciou jej anhydridu s rôznymi fenolmi vznikajú **ftaleíny** (fenolftaleín = indikátor, aj laxatívum)



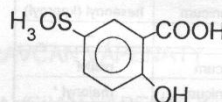
3. KYS. o - SULFOBENZOOVÁ - jej imid = SACHARÍN



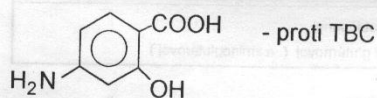
4. KYS. SALICYLOVÁ - kožné liečivo  
- kedysi na konzervovanie  
(dnes benzoová)



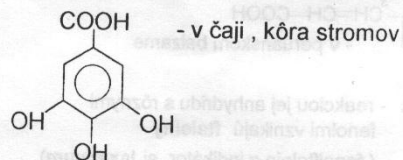
5. KYS. SULFOSALICYLOVÁ - 2-HYDROXI - 5-SULFOBENZOOVÁ  
- dôkaz bielkovín v moči



6. KYS. p - AMINOSALICYLOVÁ = PAS



7. KYS. GALOVÁ = 3,4,5-TRIHYDROXYBENZOOVÁ



8. KYS. p - AMINOBENZOOVÁ = PAB

