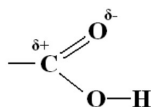


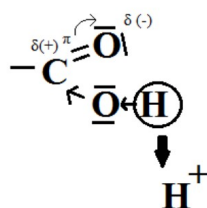
Karboxylové kyseliny

1. Obecná charakteristika karboxylových kyselin

Karboxylová skupina vzniká připojením **hydroxylové skupiny** -OH ke **karbonylové skupině** (oxoskupině) >C=O . Souhrnně můžeme tuto skupinu zapsat jako -COOH . Struktura karboxylové skupiny je následující:



Proton karboxylové OH skupiny je relativně **kyselý**. Elektro-akceptorní substituenty na uhlíku zvyšují polarizaci O-H vazby a tím i kyselost dané karboxylové kyseliny. Podobně elektron-donorní substituenty snižují kyselost. Vliv substituentu se přenáší po konjugovaných násobných vazbách na značné vzdálenosti či přes aromatická jádra.



Tab.: Srovnání hodnot disociačních konstant pK_a kyselin (při 25 °C)

| | |
|--------------------------------|------|
| Kyselina octová | 4,76 |
| Kyselina chloroctová | 2,81 |
| Kyselina dichloroctová | 1,35 |
| Kyselina trichloroctová | 0,77 |
| Kyselina trifluoroctová | 0,30 |

Odštěpením protonu vzniká anion **karboxylát**. V něm jsou obě vazby mezi atomem uhlíku a atomy kyslíku **rovnocenné**.

2. Názvosloví karboxylových kyselin

Názvy karboxylových kyselin jsou tvořené podstatným jménem **kyselina** a přídavným jménem vytvořeným z názvu patřičného **uhlovodíku** a přípony **-ová**. Jestliže se mezi základní skelet nezapočítává atom uhlíku karboxylové skupiny (-COOH), použije se koncovka **-karboxylová**. U mnohých karboxylových kyselin se však používají jejich triviální názvy:

a) Acyklické nasycené monokarboxylové kyseliny

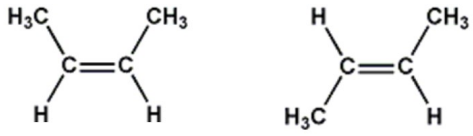
| | | |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|
| HCOOH | CH_3COOH | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ |
| kyselina methanová kyselina mravenčí | kyselina ethanová kyselina octová | kyselina propanová kyselina propionová |
| $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$ | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$ | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$ |
| kyselina butanová kyselina máselná | kyselina pentanová kyselina valerová | kyselina hexanová kyselina kapronová |
| $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$ | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$ | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$ |
| kyselina dodekanová kyselina laurová | kyselina hexadekanová kyselina palmitová | kyselina oktadekanová kyselina stearová |

b) Acyklické nenasyčené monokarboxylové kyseliny

| | |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| $\text{CH}_2=\text{CHCOOH}$ | $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ |
| kyselina propenová kyselina akrylová | kyselina oktadec-9-enová kyselina olejová |
| $\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$ | $\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}$ |
| kyselina oktadeka-9,12-dienová kyselina linolová | kyselina oktadeka-9,12,15-trienová kyselina linolenová |

c) Acyklické dikarboxylové kyseliny

| | | |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| HOOC-COOH | $\text{HOOC-CH}_2\text{-COOH}$ | $\text{HOOC-(CH}_2)_2\text{-COOH}$ |
| kyselina ethandiová kyselina šťavelová | kyselina propandiová kyselina malonová | kyselina butandiová kyselina jantarová |

| | | |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_3-\text{COOH}$ | $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$ | |
| kyselina pentandiová | kyselina hexandiová | |
| kyselina glutarová | kyselina adipová | |
| | | |
| kyselina (Z)-butendiová | kyselina (E)-butendiová | CIS-TRANS izomerie |
| kyselina maleinová | kyselina fumarová | na dvojné vazbě |
| | |  |
| | | cis – zuzamen - Z trans – E - entgegen |

c) Aromatické karboxylové kyseliny

| | |
|------------------------------------------|------------------------------------------|
| | |
| kyselina benzenkarboxylová | kyselina benzen-1,2-dikarboxylová |
| kyselina benzoová | kyselina ftalová |
| | |
| kyselina benzen-1,3-dikarboxylová | kyselina benzen-1,4-dikarboxylová |
| kyselina isofталová | kyselina tereftalová |
| | |
| kyselina naftalen-1-karboxylová | |
| kyselina 1-naftoová | |

3. Výskyt karboxylových kyselin

Některé karboxylové kyseliny se v přírodě vyskytují **volně** (např. kyselina mravenčí v tělech mravenců), velká řada jich je **vázaná** ve formě svých solí, esterů, amidů či jiných derivátů. Soli kyseliny šťavelové nalezneme v **rostlinách** (šťaveli, špenátu aj.), esterifikované vyšší mastné kyseliny nalezneme v **tucích** a **olejích**, estery nižší karboxylových kyselin jsou složky vonných **esencí** (např. v ovoci). Karboxylová skupina je vázána i v několika isoprenoidech, jako třeba **žlučových kyselinách**.

4. Příprava a výroba karboxylových kyselin

Karboxylové kyseliny je možné připravit oxidací karboxylových sloučenin (aldehydů, ketonů) nebo přímo alkoholu:



5. Fyzikální vlastnosti karboxylových kyselin

Karboxylové kyseliny s nižším počtem obsažených atomů uhlíků jsou obvykle **kapaliny nepříjemného zápachu**. Dvojsytné (s více skupinami –COOH) a aromatické karboxylové kyseliny jsou **krystalické**, pevné látky. Rozpustnost karboxylových kyselin ve vodě klesá společně s rostoucím počtem atomů uhlíku v řetězci, na druhou stranu roste se zvyšujícím se počtem karboxylových skupin. V kapalném či pevném skupenství existuje většina karboxylových kyselin ve formě **dimeru** (dochází ke vzniku vodíkových vazeb mezi karboxyly). Karboxylové kyseliny s dlouhými alifatickými zbytky mají **amfifilní vlastnosti**, jsou zároveň **hydrofilní i hydrofobní**. Takové látky jsou využívány jako detergenty (odmašťovače). V přírodě mohou mít stejnou funkci, především však slouží k tvorbě biologických membrán.

6. Chemické vlastnosti karboxylových kyselin

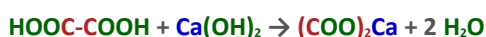
Chemické vlastnosti karboxylových kyselin jsou určeny jejich **kyselým charakterem**, který vyplývá ze schopnosti odštěpení protonu H^+ vázaného v hydroxylové skupině karboxylu. Mezi typické reakce karboxylových kyselin je možné zařadit jejich **dekarboxylaci** (odštěpení oxidu uhličitého, obvykle při zahřívání):



Karboxylové kyseliny reagují s alkoholy za vzniku **esterů** (za kyselé katalýzy):



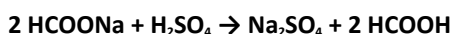
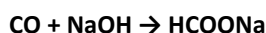
Další charakteristickou reakcí pro karboxylové kyseliny je jejich **neutralizace**. Karboxylové kyseliny jsou schopné při reakci se zásadou odštěpit proton H^+ vázaný v hydroxylové skupině –OH. Této acidobazické reakce se mohou účastnit i vícesytné karboxylové kyseliny, například:



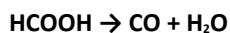
7. Zástupci karboxylových kyselin a jejich využití

Kyselina mravenčí HCOOH (kyselina methanová) je nejsilnější karboxylová kyselina (neuvažujeme-li jejich deriváty). Jedná se o bezbarvou kapalinu ostrého zápachu, která leptá pokožku a je silně toxická. Kyselina mravenčí má jako jediná karboxylová kyselina **redukční** schopnosti, neboť ve své struktuře obsahuje aldehydovou skupinu (HO-CHO). Vyskytuje se v těle mravenců (odtud její triviální název), komárů a některých rostlin (např. kopřiv). Průmyslově se vyrábí působením oxidu uhelnatého na

hydroxid sodný (zvýšené teploty a tlaku) a následnou reakcí vzniklého mravenčanu sodného s velmi zředěnou kyselinou sírovou:



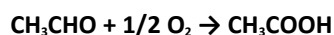
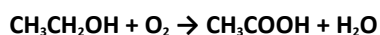
Působením koncentrované kyseliny sírové na kyselinu mravenčí dochází k jejímu rozkladu na vodu a oxid uhelnatý:



Kyselina mravenčí se používala při konzervování potravin (má baktericidní schopnosti) a k výrobě esterů, které se využívají v potravinářství jako vonné esence.

Je také jedním z metabolitu methanolu v těle odpovědných za jeho toxicitu.

Kyselina octová CH_3COOH (kyselina ethanová) je bezbarvá kapalina štiplavého zápachu. Vyskytuje se ve svalech, potu a moči. Při teplotě 16,6 °C tuhne na látku podobnou ledu, a tak se tato forma označuje jako **ledová** kyselina octová. Kyselina octová se vyrábí buď oxidací zředěných alkoholických roztoků (pro potravinářské účely) či oxidací acetaldehydu:

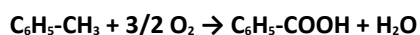


Kyselina octová se využívá jako 6-8 % vodný roztok v potravinářství jako **ocet**. Dále nachází široké uplatnění při výrobě léčiv, barviv, syntetických látek aj.

Kyselina palmitová $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ (kyselina hexadekanová) a **kyselina stearová $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$** (kyselina oktadekanová) jsou pevné látky. Jejich estery se vyskytují v tucích. Směs těchto kyselin se používá při výrobě svíček, krémů a past.

Kyselina šťavelová $(\text{COOH})_2$ (kyselina ethandiová) je ve vodě rozpustná bílá krystalická látka, která leptá sliznici a sráží v krvi vápenaté ionty (proto je jedovatá). Vyskytuje se ve formě svých solí v rostlinách (šťaveli, špenátu...). Používá se např. v chemické analýze při **manganometrii**.

Kyselina benzoová $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ (kyselina benzenkarboxylová) je ve vodě málo rozpustná pevná látka. Vyskytuje se v pryskyřici benzoie (odtud pochází její triviální název). Tato kyselina vzniká oxidací toluenu:



Kyselina benzoová se používá v potravinářství jako konzervant či lékařství