

DERIVÁTY KARBOXYLOVÝCH KYSELIN

Deriváty karboxylových kyselin je skupina organických sloučenin odvozených od karboxylových kyselin nahrazením

- atomu vodíku nebo -OH skupiny v karboxylu jiným prvkem nebo funkční skupinou – **funkční deriváty**,
- jednoho nebo více atomů vodíku v radikálu (mimo karboxylovou skupinu) – **substituční deriváty**.

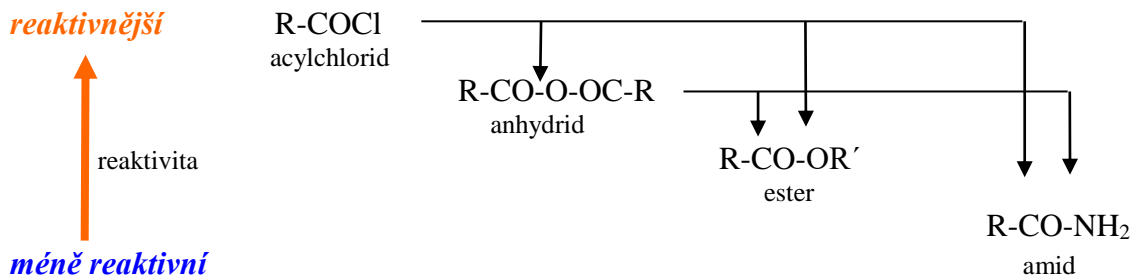
Funkční deriváty karboxylových kyselin

Mezi důležitější funkční deriváty kyselin patří:

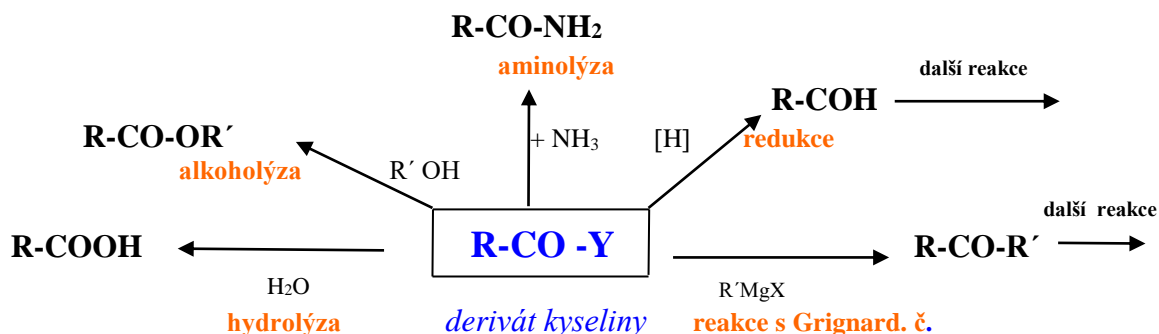
- halogenidy** karboxylových kyselin **R-COX** čili **acylhalogenidy**, kde X je atom halogenu. Nejčastější deriváty jsou chlor- a bromderiváty, tedy chloridy nebo bromidy karboxylových kyselin; jinak acylchloridy, acylbromidy.
- anhydridy** karboxylových kyselin,
- estery** karboxylových kyselin R-COOR',
- amidy** karboxylových kyselin R-CONH₂,
- ostatní deriváty** karboxylových kyselin

K jiným derivátům patří např. nitrily a izonitrily k. k., hydrazidy k. k., azidy aj. Substituovaná skupina má jiné vlastnosti než původní -OH skupina, proto funkční deriváty se svými vlastnostmi liší od karboxylových kyselin. Některé se používají přímo (např. estery), jiné jsou důležitými meziprodukty anebo výchozími látkami k dalším syntézám (např. chloridy nebo nitrily). V dalším se blíže budeme zabývat deriváty uvedenými v bodech 1. – 4.

Vzájemné přeměny derivátů karboxylových kyselin znázorňuje následující tabulka. Reaktivnější derivát může být převeden na méně reaktivnější, ale opačně to nejde.



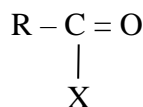
Některé obecné reakce funkčních derivátů karboxylových kyselin



DERIVÁTY ALIFATICKÝCH KYSELIN

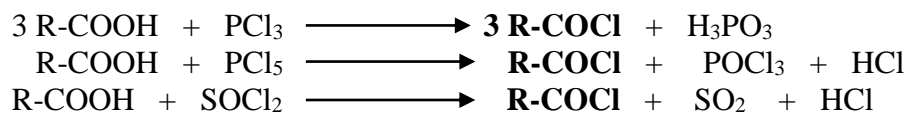
HALOGENIDY karboxylových kyselin R-COX

mají strukturní vzorec

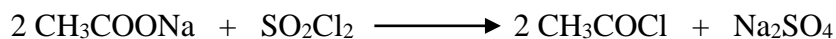


Připravují se několika způsoby, z nichž nejběžnější je

- reakce bezvodých karboxylových kyselin (také Na⁺ soli) s PCl₃, PCl₅, SOCl₂ (thionylchlorid), SO₂Cl₂ (sulfurylchlorid) apod.



Např. acetylchlorid nebo-li chlorid kyseliny octové CH₃COCl se vyrábí reakcí bezvodého octanu sodného s sulfurylchloridem



Podobně se dá získat i benzoylchlorid C₆H₅-COCl (viz aromatické halogenderiváty). Reakcí kyseliny olejové s PCl₃ se připravuje oleoylchlorid.

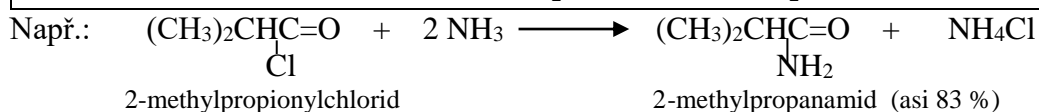
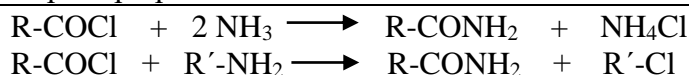
Acylchloridy se po chemické stránce vyznačují značnou reaktivitou. Ta je způsobena volnou vazbou halogenu v molekule acylhalogenidu a snadnou možností jeho nahrazení jinou funkční skupinou. Proto se používají (zejména acylchloridy a acylbromidy) k přípravě jiných derivátů karb. kyselin nebo k acylaci arenů (viz příprava aromatických ketonů).

Reakce acylchloridů (bromidů):

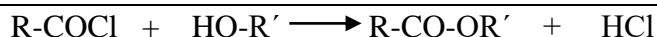
1. *hydrolýza acylhalogenidů* za vzniku karboxylové kyseliny (provádí se v přítomnosti zásady, která váže uvolňující se HCl, případně vzniká ještě sůl karboxylové kyseliny).



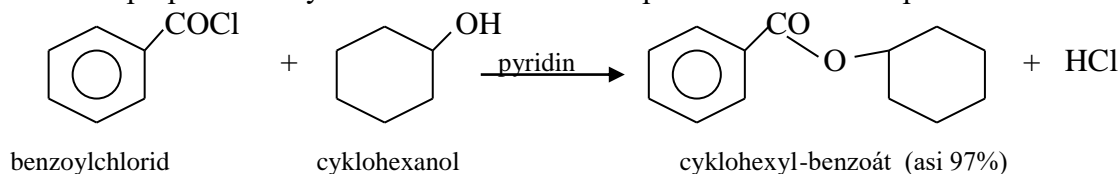
2. *reakce acylchloridu s amoniakem nebo primárním či sekundárním aminem* za vzniku **amidu** (amonolýza, acylace amoniaku nebo aminu). Tato příprava je obtížná, proto se průmyslově nepoužívá, má význam spíše preparativní



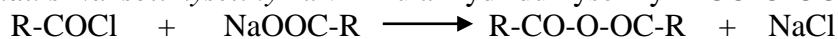
3. *reakce acylchloridu s alkoholem* (acylace alkoholu) v zásaditém prostředí za vzniku esterů kyselin



Reakce má také preparativní využití. Místo alkoholu lze použít alkoholát. Např.



4. *reakce acylchloridu s Na⁺ soli kyseliny* za vzniku anhydridu kyseliny R-CO-O-OC-R

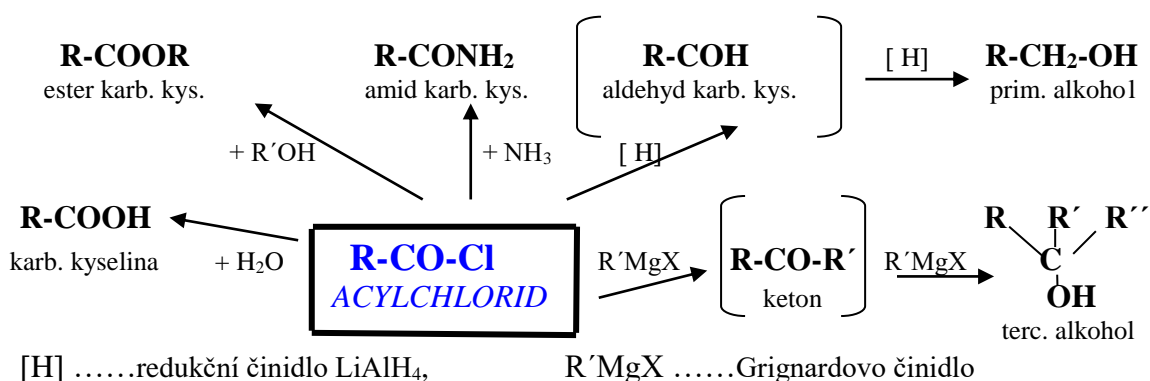


5. *acylace aromatických uhlovodíků* (F.-C. reakce) vede ke vzniku alifatico-aromatických ketonů (viz příprava aromatických ketonů)

Z dalších reakcí mají význam:

- *redukce acylchloridů LiAlH₄* za vzniku primárních alkoholů. Přechodně vzniká aldehyd, který se neizoluje. Např. benzoylchlorid se redukuje na benzylalkohol (výtěžek reakce je až 96%)
- *redukce acylchloridů Grignardovým činidlem* na keton a dále na terciární alkohol, např. redukcí benzoylchloridu methylmagneziumbromidem CH₃MgBr vzniká přechodně acetofenon (neizoluje se) a dále pak 2-fenylpropan-2-ol (výtěžek asi 92%).

Reakce acylchloridů přehledně znázorňuje následující tabulka:



Preparativní význam mají chloridy nižších alifatických a aromatických kyselin. Používají se k přípravě arylalkylketonů Friedel-Craftsovou reakcí (viz příprava aromatických ketonů). Chloridy vyšších alifatických kyselin mají poměrně malý význam a v průmyslově výrobě se příliš nepoužívají. K acylacím se někdy používají anhydridy kyselin, jež mají tu výhodu, že se neuvolňuje chlorovodík.

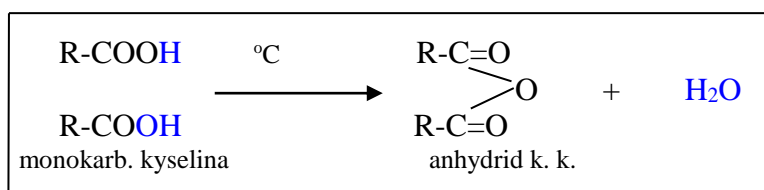
K známým acylhalogenidům patří:

acetylchlorid (*chlorid kyseliny octové*) CH₃-COCl – je kapalina, používaná k výrobě acetofenonu a k acylacím. Dnes bývá nahrazován anhydridem kys. octové.

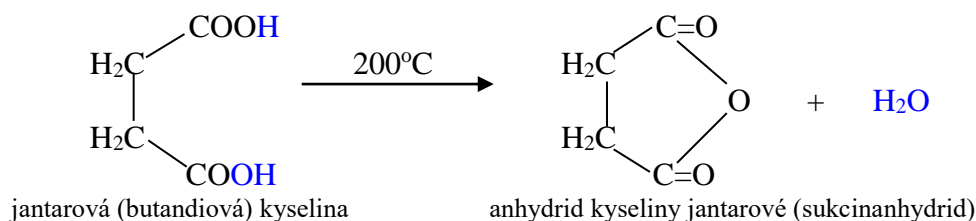
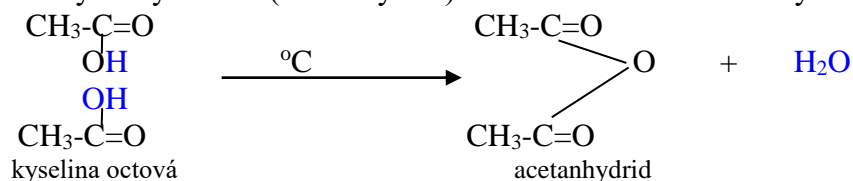
oxalyldichlorid (*oxandioyldichlorid, dichlorid kyseliny šťavelové*) ClCO-COCl – se získává reakcí PCl₅ s kyselinou šťavelovou. Je to nestálá páchnoucí kapalina. Používá se k výrobě kypových barviv.

ANHYDRIDY alifatických karboxylových kyselin R-CO-O-CO-R'

Anhydridy kyselin jsou funkční deriváty karboxylových kyselin odvozené odebráním molekuly vody z molekuly kyseliny. Molekula vody se odštěpí tak, že z jednoho karboxylu se uvolní skupina -OH, z druhého karboxylu se uvolní vodík. To, znamená, že anhydridy monokarboxylových kyselin vznikají ze dvou molekul kyseliny, anhydridy dikarbonových kyselin mohou vznikat pouze z jedné molekuly kyseliny.

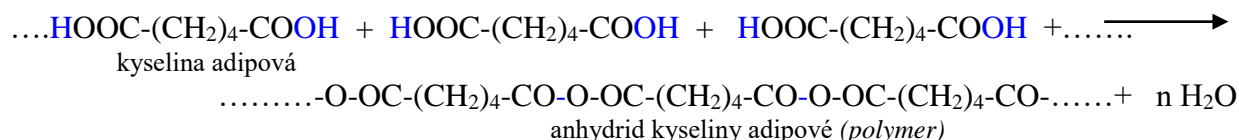


Např. anhydrid kyseliny octové (acetanhydrid) vzniká ze dvou molekul kyseliny octové



Příprava anhydridů:

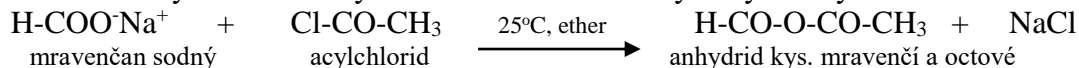
1. *zahříváním karboxylových kyselin* v přítomnosti dehydratačního činidla (např. P₄O₁₀). U acyklických kyselin probíhá dehydratace obtížně. Používá se pouze pro přípravu acetanhydridu (viz výše). Snadněji probíhá příprava cyklických anhydridů s pěti- a šestičlenným cyklem zahříváním odpovídajících dikyselin (viz výše). Tam, kde u dikarbonových kyselin nemůže vzniknout cyklus, vznikají *polymerní anhydridy* s různým počtem základních molekul, např. dehydratací kyseliny adipové vzniká makromolekula anhydridu kys. adipové



2. *zahříváním bezvodých solí mastných kyselin s acylchloridem*



Např. mravenčan sodný reakcí s acetylchloridem dává smíšený anhydrid kys. mravenčí a octové

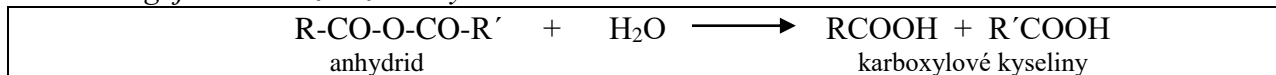


3. *reakcí ketenu s karboxylovou kyselinou a dalším rozkladem vzniklého smíšeného anhydridu*

Praktický význam má reakce ketenu s kyselinou octovou, kterou se vyrábí acetanhydrid. Touto metodou se vyrábí např. anhydrid kyseliny propionové a máselné. (obě reakce viz níže).

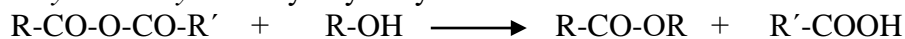
Reakce anhydridů

1. *reagují s vodou za vzniku kyselin*



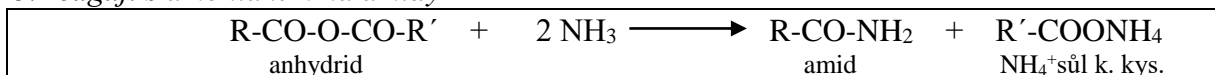
Tento způsob se uplatňuje např. při výrobě kyseliny maleinové.

2. *reagují s alkoholy na estery karboxylových kyselin*

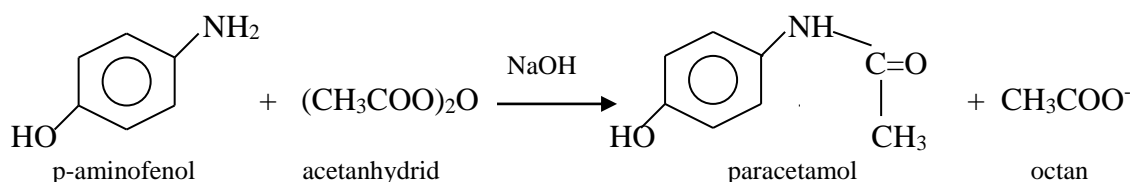


Této metody se využívá především při výrobě esterů kyseliny ftalové.

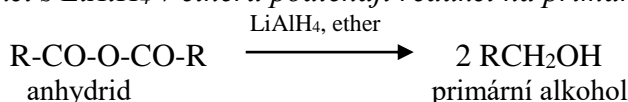
3. *reagují s amoniakem na amidy*



Této schopnosti anhydridu je využito při reakci acetanhydridu s p-aminofenolem při výrobě známého analgetika a antipyretika *paracetamolu* (N-substituovaný amid kyseliny octové).



4. reakcí s LiAlH_4 v etheru podléhají redukci na primární alkoholy

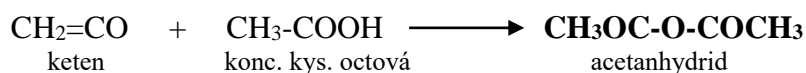
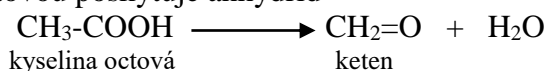


Anhydridy kyselin jsou méně reaktivní než acylhalogenidy. Praktický význam anhydridů v průmyslové výrobě není velký, má spíše význam preparativní. Anhydridy slouží jako dehydratační činidla. K acylacím, s výjimkou acetylce, se používají častěji acylchloridy. Při Friedel-Craftsových reakcích se místo acylhalogenidů používají někdy anhydridy (viz aromatické ketony).

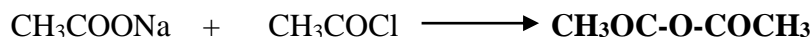
Mezi důležitější alifatické anhydridy patří

acetanhydrid (anhydrid kyseliny octové) $\text{CH}_3\text{CO-O-COCH}_3$ – vyrábí se několika způsoby, nichž jsou uvedeny dva:

- štěpením kyseliny octové při teplotě 600-700°C vzniká keten, který další reakcí s konc. kyselinou octovou poskytuje anhydrid

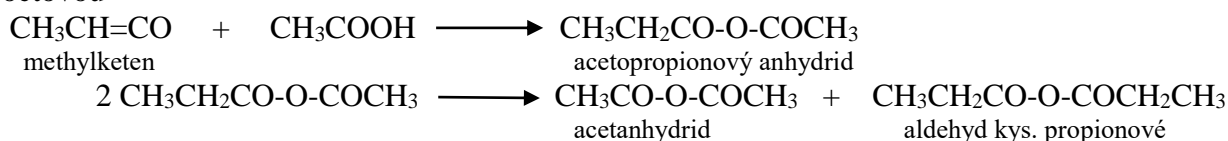


- reakcí mravenčanu sodného s acylchloridem – je starší způsob, poskytuje však velmi dobré výtěžky 96–98 %.

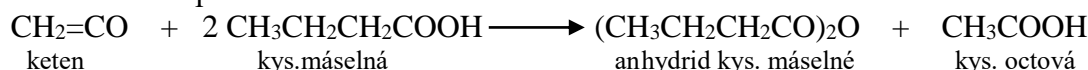


Je to ostře páchnoucí kapalina. Používá se k acetylaci (např. výroba acetylcelulosity) nebo k přípravě vyšších anhydridů, k přípravě esterů reakcí s alkoholy (výroba aspirinu) a amidů při reakci s aminy (výroba paracetamolu)

anhydrid kyseliny propionové $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CO})_2\text{O}$ – lze vyrobit reakcí methylketenu s kys. octovou



anhydrid kyseliny máselné $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CO})_2\text{O}$ – se vyrábí uváděním ketenu do kyseliny máselné. Celkově lze napsat rovnici reakce

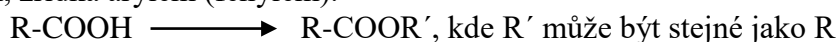


Oba výše uvedené anhydridy mají význam pro přípravu esterů. Anhydrid bys. propionové se používá také k úpravě celulosity – propionylace celulosity, která je obdobou acetylce celulosity.

anhydrid kyseliny maleinové – vzniká jako přechodný produkt při výrobě kyseliny maleinové katalytickou oxidací kyseliny jantarové.

ESTERY alifatických karboxylových kyselin R-CO-OR'

Estery jsou organické sloučeniny odvozené od karboxylových kyselin teoretickým nahrazením vodíku v karboxylu alkylem, zřídka arylem (fenylem).

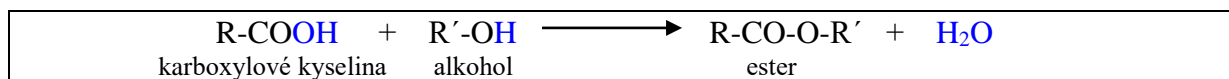


Estery nižších kyselin se hojně vyskytují v přírodě jako příjemně vonící kapaliny způsobující vůni ovoce a květů. Uměle připravené příjemně vonící estery se používají pod názvem *esence*,

např. rumová nebo ananasová esence atd. Složitějšími přírodními estery jsou tuky a vosky. Esterové vazby – CO-OR' se vyskytují také v nukleových kyselinách a dalších biologicky významných látkách.

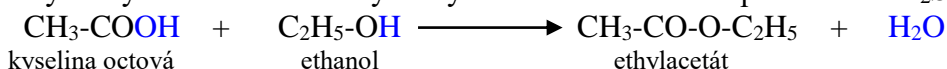
Příprava alkylesterů :

1. karboxylová kyselina a alkohol, za přítomnosti minerálních kyselin vzniká ester a voda.



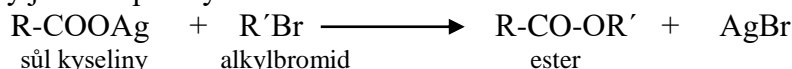
Reakce se označuje jako esterifikace a má průmyslové využití. **Voda vzniká odštěpením -OH skupiny z kyseliny a atomu vodíku z alkoholu.**

Např.: ethylester kyseliny octové vzniká z kyseliny octové a ethanolu za přítomnosti H_2SO_4

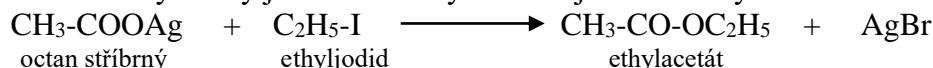


Tento mechanismus byl prokázán použitím (zabudováním) radioaktivního izotopu kyslíku O^{18} do molekuly alkoholu.

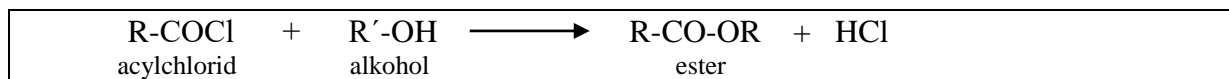
2. sůl karboxylové kyseliny a alkylhalogenid, vzniká alkylester karb. kyseliny a halogenid kovu. Často používáme Ag^+ soli kyselin a alkylchlorid, příp. bromid nebo jodid, neboť vznikající halogenid stříbrný je nerozpustný.



Např.. octan stříbrný a ethyljodid dává ethylacetát a jodid stříbrný

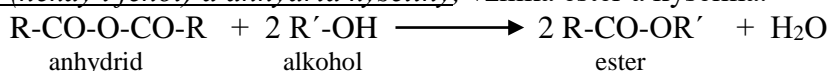


3. alkohol a acylchlorid v prostředí pyridinu (zásada), vzniká ester a chlorovodík, který se váže na pyridin.



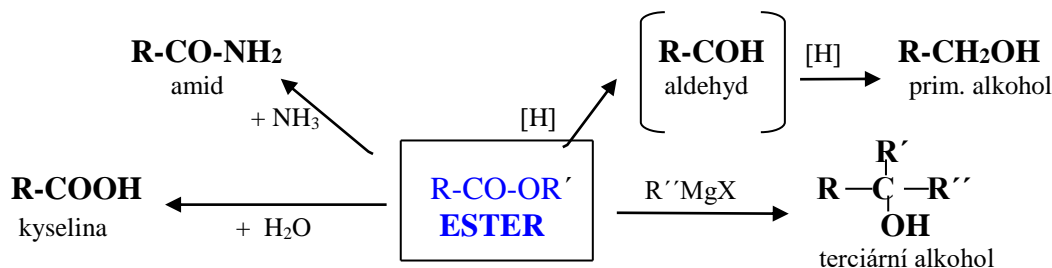
nebo

alkohol (někdy i fenol) a anhydrid kyseliny, vzniká ester a kyselina.

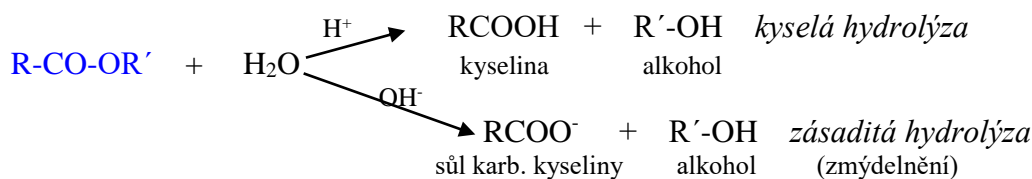


Tato reakce se uplatňuje při průmyslové výrobě kyseliny acetylsalicylové (aspirinu, acylpyrin – viz aromatické hydroxykyseliny) nebo esterů kyseliny ftalové (viz. estery aromatických kyselin).

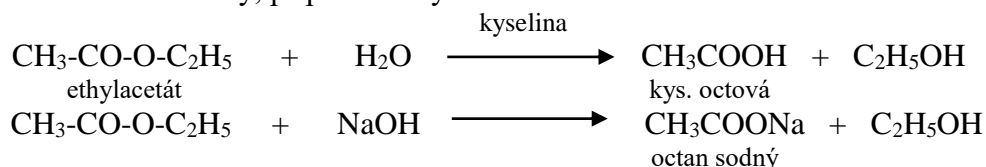
Chemické reakce esterů znázorňuje následující schéma:



1. Hydrolyzá karboxylové kyseliny v kyselém (H₂SO₄) nebo zásaditém prostředí (NaOH, KOH) probíhá za vzniku kyseliny nebo soli kyseliny

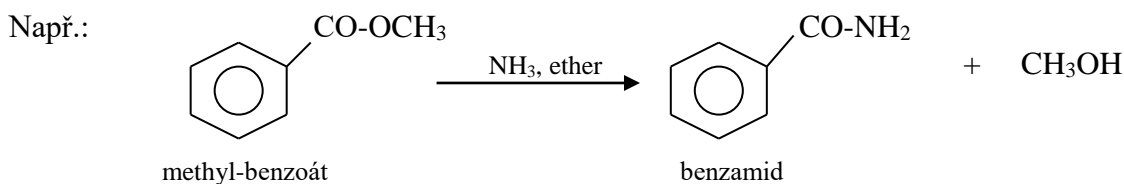
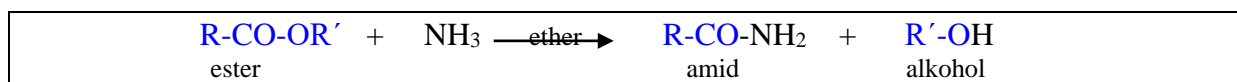


Např.: ethylacetát se štěpí v kyselém prostředí na kyselinu octovou a ethanol, v zásaditém prostředí na octan sodný, příp. draselný a ethanol.

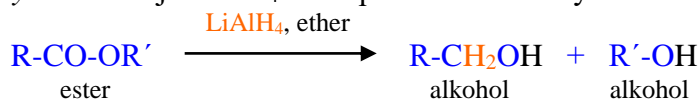


V praxi se provádí hydrolyzá tuků (přirodní estery glycerolu a vyšších mastných kyselin) v kyselém prostředí na směs mastných kyselin a glycerol (kyselá hydrolyzá) nebo v zásaditém prostředí na směs Na⁺ nebo K⁺ solí mastných kyselin zv. mýdla a glycerol (zásaditá hydrolyzá čili zmydelňování).

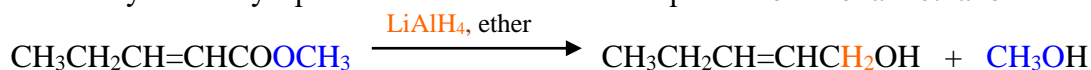
2. *Reakce esteru s amoniakem*, příp. s aminy dává amid karboxylové kyseliny. Použití není příliš časté, estery se nahrazují acylchloridy (jsou reaktivnější)



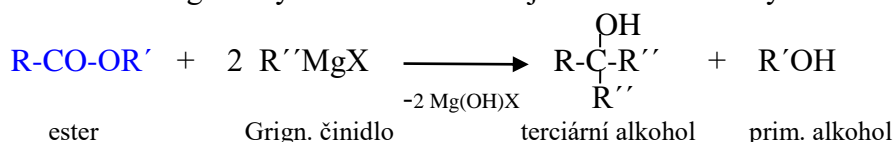
3. *Estery se redukují* LiAlH₄ až na primární alkoholy



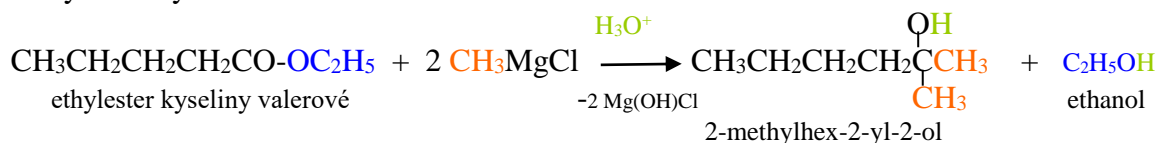
Např.: redukcí methylesteru kys. pent-2-enové vzniká alkohol pent-2-en-1-ol a methanol



4. *Redukcí esterů* Grignardovým činidlem vznikají terciární alkoholy



Např.: reakcí ethylesteru kyseliny valerové s 2 molekulami methylmagneziumchloridu vzniká 2-methylhex-2-yl-2-ol



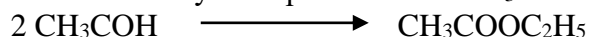
Mezi **význačnější** a používané **estery** patří např.:

methylformiát (methylester kyseliny mravenčí) HCOOCH_3 – se připravuje reakcí methanolu s oxidem uhelnatým. Používá se k výrobě formamidu H-CO-NH_2 a kyanovodíku.

Ethylformiát (ethylester kyseliny mravenčí) $\text{H-COOC}_2\text{H}_5$ – zv. *rumová esence* se připravuje reakcí kyseliny mravenčí s ethanolem. Kapalina se používá jako rozpouštědlo, k přípravě ovocných a likérových esencí.

methylacetát (methylester kys. octové) $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$ – se získává esterifikací kyseliny octové methanolem. Je jedovatý, používá se jako ředidlo laků a jako rozpouštědlo celulosových derivátů.

ethylacetát (ethylester kys. octové) $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ – vzniká esterifikací kyseliny octové ethanolem nebo z bezvodého acetaldehydu za přítomnosti AlCl_3

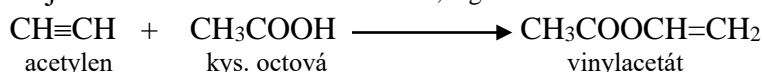


Tento ester je znám pod názvem octový ether. Používá se jako rozpouštědlo a k výrobě bezdýmného prachu.

ethylbutyrát (ethylester kys. máselné) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$ – zv. *ananasová esence*.

butyl -, amyl- a izoamylacetát (butylester kys. octové) $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$, (*amyl- a isoamylester kys. octové*) $\text{CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11}$ – se připravují esterifikací z kyseliny octové a příslušného alkoholu. Jsou to důležitá průmyslová rozpouštědla. Amylacetát je znám pod názvem *hrušková esence*.

vinylacetát (vinylester kys. octové) $\text{CH}_3\text{COOCH}=\text{CH}_2$ – se vyrábí z acetylenu a kyseliny octové za přít. rtuti jako kat.



Vinylacetát je nenasycený ester a používá se k výrobě polyvinylacetátu (lepidlo, přísada do laků, v textilním průmyslu k vodovzdorné impregnaci tkanin) a polyvinylalkoholu (výroba lepidel, emulgačních prostředků, polarizačních filtrů apod.,

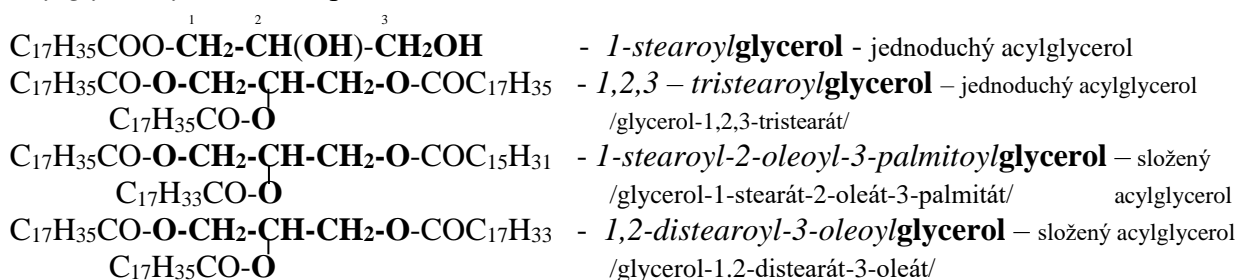
methylmethakrylát (methylester kys. methakrylové) $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{-COOCH}_3$ – se vyrábí z acetokyanhydrinu $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{OH})(\text{CN})$ a methanolu za přítomnosti kyseliny sírové. Polymerací methylmethakrylátu vzniká polymethylmethakrylát, známý pod názvem organické sklo, plexisklo nebo Umaplex.

estery kyseliny šťavelové (diethyl-, dibutyl-, diisobutyl-, diamyl-oxaláty) $(\text{COO})_2\text{R}_2$, kde R je ethyl, butyl-, isobutyl- nebo amyl-. Připravují esterifikací kyselin s příslušným alkoholem a uplatňují se jako změkčovadla.

diethylester kys. malonové $\text{CH}_2(\text{COOC}_2\text{H}_5)_2$ – se používá v organické chemii k tzv. malonovým syntézám. Je to vonná kapalná látka.

Významnou skupinu přírodních esterů tvoří **tuky a vosky**.

Tuky (acylglyceroly) – patří do skupiny tzv. lipidů. Lipidy jsou přírodní organické sloučeniny, omezeně rozpustné ve vodě, dobře rozpustné v nepolárních organických rozpouštědlech. Pokud obsahují pouze esterovou vazbu s mastnými kyselinami a mohou se hydrolyticky štěpit, pak takové lipidy označujeme jako *jednoduché lipidy* neboli **tuky, vosky** nebo **oleje**. Po chemické stránce se jedná o estery vyšších mastných kyselin (hlavně palmitové, stearové a olejové) s glycerolem čili **acylglyceroly**. Jsou-li odvozené od jedné kyseliny, nazýváme je *acylglyceroly jednoduché*, obsahují-li acyly různých kyselin, jedná se o *acylglyceroly složené*. Např.:

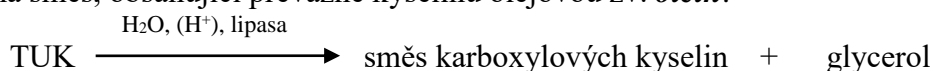


Acylglyceroly nasycených kyselin (hlavně palmitové, stearové) jsou pevné a nazývají se tuky, např. živočišné (pevné, tuhé) tuky jsou loje, nebo mazlavé (máslo, sádlo). Acylglyceroly z obsahem nenasyčených kyselin (zejména olejové, linolové nebo linolenové) jsou kapalné rostlinné oleje. Čím více nenasyčených kyselin, tj. dvojných vazeb acylglycerol obsahuje, tím je kapalnější. Tuky i oleje jsou triacylglyceroly, jsou tedy estery glycerolu se třemi molekulami karboxylové kyseliny.

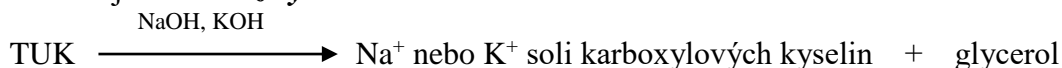
Tuky i oleje mají v přírodě různé funkce - u rostlin jsou zásobní látkou, u živočichů vedle zásobní funkce plní ještě ochrannou mechanickou a tepelně izolační funkci. V tucích se rovněž rozpouštějí vitamíny.

Nezanedbatelný význam mají tuky i oleje jako průmyslové suroviny. Velký význam a uplatnění mají v potravinářském průmyslu. Pro člověka jsou jednou ze základních složek potravy. V chemickém průmyslu jsou důležitou surovinou. Tuky se zpracovávají:

a) *kyselou hydrolyzou* nebo enzymaticky působením lipas na *karboxylové kyseliny a glycerol*. Z uvolněných kyselin se lisováním získává pevná směs nasycených mastných kyselin zv. *stearin* nebo kapalná směs, obsahující převážně kyselinu olejovou zv. *olein*.



b) *zásaditou hydrolyzou* působením louhů (NaOH, KOH) za zvýšené teploty na Na⁺ nebo K⁺ soli karboxylových kyselin, tzv. *mýdla sodná* (pevná) nebo *mýdla draselná* (mazlavá) Proto se tento proces označuje názvem *zmýdelňování*.



c) tzv. *ztužováním* – pro kapalné rostlinné oleje. Chemicky se jedná o katalytickou hydrogenaci (kat. Ni); dojné vazby nenasyčených kyselin se vysycují vodíkem a mění se na nasycené, Proto se olej mění na tuk nasycený čili pevný, tuhý. Odtud označení *ztužování olejů*. Takto získané pevné tuky se dále zpracují na mýdla, případně po další úpravě (přidání emulgátorů, stabilizačních látek, barviv, vitamínů atd.) se používají v potravinářství pod názvem *ztužený tuk* (např. Ceres, Hera a další).

Vosky – jsou estery různých vyšších jednosytných alkoholů a vyšších mastných kyselin se sudým počtem uhlíkových atomů C₁₆ až C₃₆. Vyskytují se v rostlinné i živočišné říši, kde tvoří ochranné vrstvy rostlin a živočichů. Používají se k výrobě svíček, leštidel, v lékařství a kosmetice. Z vosků jsou nejznámější:

včelí vosk – základní složkou je ester kyseliny palmitové s myricylalkoholem
C₁₅H₃₁COOC₃₀H₆₁,

spermacetový vosk neboli *vorvanina* – z lebeční dutiny vorvaňů, obsahuje cetylpalmitád
C₁₅H₃₁COOC₁₆H₃₃,

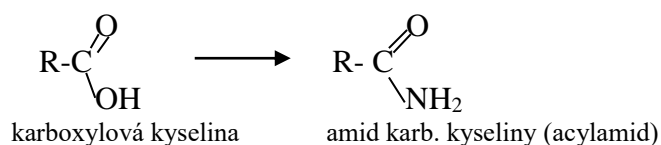
lanolin – je obsažen v ovčí vlně, obsahuje estery vyšších mastných kyselin a vyšších jednosytných alkoholů a sterolů,

čínský vosk – je ester kyseliny cerotové C₂₅H₅₁COOH a cerylalkoholu C₂₆H₅₃OH, je vylučován některými druhy hmyzu,

karnaubský vosk – je rostlinného původu, je to ester kyseliny cerotové C₂₅H₅₁COOH a myricylalkoholu C₃₀H₆₁OH.

AMIDY alifatických karboxylových kyselin R-CO-NH₂

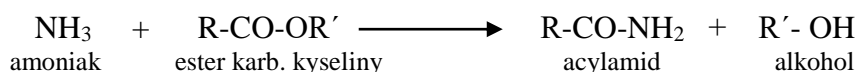
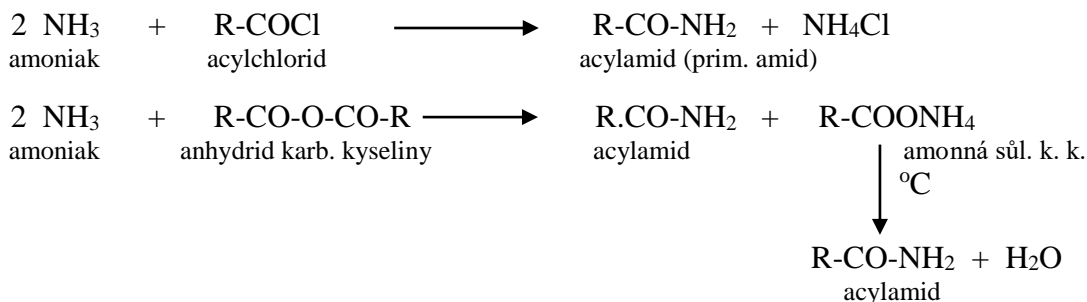
Amidy karboxylových kyselin patří mezi funkční deriváty kyselin a odvozuje se je náhradou karboxylové –OH skupiny skupinou –NH₂ (aminoskupinou).



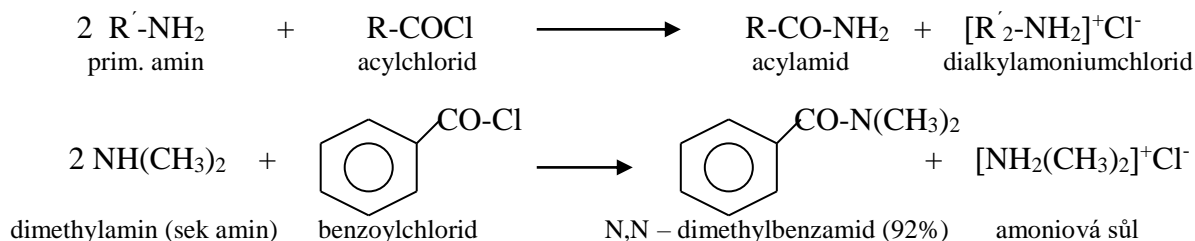
Příprava amidů

Nejpoužívanější jsou reakce:

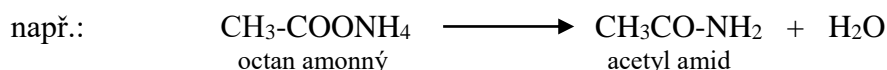
1. amoniaku s chloridy, anhydridy nebo estery karboxylových kyselin (acylace amoniaku)



2. primárních nebo sekundárních aminů s chloridy, anhydridy nebo estery karboxylových kyselin

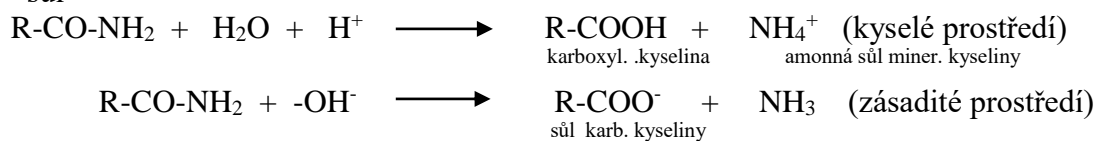


3. tepelným rozkladem amonných solí karboxylových kyselin

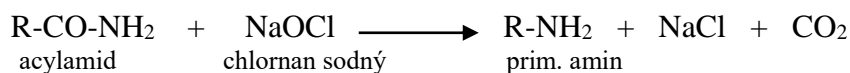


Důležitější reakce amidů jsou: např.

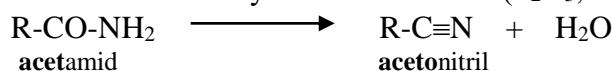
1. hydrolýza v kyselém nebo zásaditém prostředí, kdy vzniká karboxylová kyselina nebo její sůl



2. reakce s alkalickým chlornanem nebo bromnanem (NaOCl, KOBr) za vzniku aminů (tzv. Hoffmannovo odbourávání amidů) – důležitá metoda přípravy aminů



3. dehydratace aminů účinkem dehydratačních činidel (P₂O₅, POCl₃ a jiné) poskytuje **nitrily**



Mezi některé důležitéjší představitelé patří:

formamid (amid kys. mravenčí) H-CO-NH₂ – se vyrábí mj. reakcí amoniaku s oxidem uhelnatým a používá mj. k přípravě kyanovodíku HCN



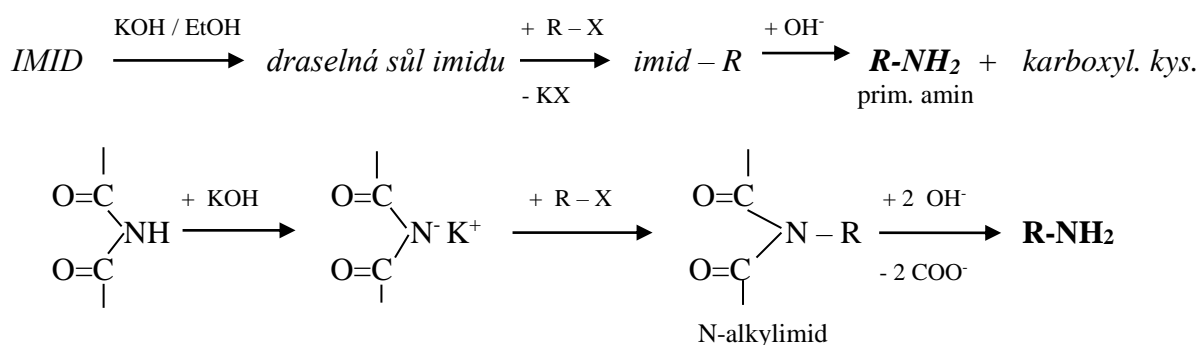
dimethylformamid $H-CO-N(CH_3)_2$ a **diethylformamid** $H-CO-N(C_2H_5)_2$ - jsou kapaliny, které lze vyrobit reakcí dialkylaminů a estery kyseliny mravenčí. Používají se jako rozpouštědla některých polymerů (př. polyakrylonitril – umělá vlákna zn. Orlon).

acetamid $CH_3-CO-NH_2$ - krystalická látka, používá se v preparativní organické chemii.

Jiné deriváty karboxylových kyselin – přehledně - imidy, nitrily, isonitrily

Mezi ostatní deriváty karboxylových kyselin patří

Imidy – sloučeniny obsahující skupinu $-OC-NH-CO-$ (skupina NH je z obou stran obklopena karboxylovými skupinami $C=O$). Vodíkový atom na skupině NH- je kyselý. Při reakcích s alkyhalogenidy v přítomnosti alkalických hydroxidů (NaOH, KOH) vznikají N-alkylimidy. Jejich zásaditou hydrolyzou vznikají aminy. Je to jedna z možných příprav aminů, tzv. Gabrielova syntéza aminů. Schematicky lze postup zapsat následovně:

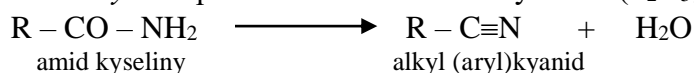


Výchozím imidem je nejčastěji ftalimid (viz aromatické deriváty kyselin).

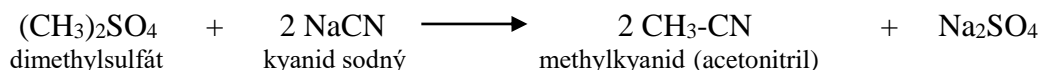
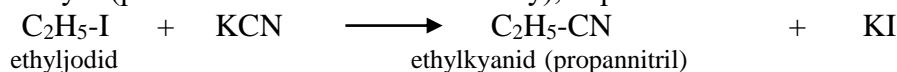
imid kyseliny jantarové, $(CH_2-CO)_2NH$ – je výchozí látkou při výrobě butyrolaktamu (laktamu kys. butanové) a dalších sloučenin, zejména polymerních látek.

Nitrily kyselin $R-C \equiv N$ (někdy se používá název **alkyl-** nebo **arylkyanid**) – sloučeniny obsahující v molekule skupinu $-C \equiv N$ s volným elektronovým párem na dusíku. Mají preparativní význam. Dají se připravit např.

1. *dehydratací amidů kyselin* použitím vhodného katalyzátoru (P_2O_5 , $AlPO_4$, $SOCl_2$)



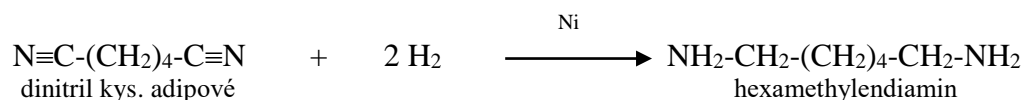
2. *reakcí primárních nebo sekundárních alkyhalogenidů nebo sulfátů* kyanidem sodným nebo draselným (pro alifatické i aromatické nitrily), např.



Z mnoha reakcí jsou nejdůležitější:

- a) *hydrolyza nitrilů* – vznikají karboxylové kyseliny (viz. příprava kyselin)
- b) *redukce nitrilů* – katalytická redukce vodíkem (Ni) nebo $LiAlH_4$ vede ke vzniku primárních alifatických i aromatických aminů (viz příprava primárních aminů)

Např. :



Poznámka: oxidací anorganických kyanidů vznikají kyanatany s funkční skupinou $-O-C \equiv N$, odvozené od kyseliny kyanaté $H-O-C \equiv N$.

Mezi význačnější představitele nitrilů řadíme mj.:

nitril kyseliny mravenčí, kyanovodík $H-C\equiv N$ – je jedovatá bezbarvá, snadno těkající kapalina, hořkomandlového zápachu. Ve vodě se rozpouští, vzniká slabá kyselina kyanovodíková. Anorganické soli se nazývají **kyanidy**, z nichž nejznámější jsou NaCN a hlavně KCN (cyankalium). Kyanovodík se vyrábí dehydratací formamidu při teplotách okolo $500^{\circ}C$ za katalytického účinku bauxitu



Používá se k hubení obtížného hmyzu, k organickým syntézám a k výrobě plastických hmot.

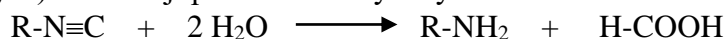
nitril kyseliny octové, acetonitril, $CH_3-C\equiv N$ – je příjemně vonící kapalina. Patří mezi důležitá tzv. *aprotická rozpouštědla* a používá se k výrobě některých léčiv, prostředků proti hmyzu (např. trichloracetonitril). Vyrábí se mnoha způsoby např. z acetylenu působením amoniaku za přít. burelu a za zvýšené teploty, nebo z dimethylsulfátu a kyanidu sodného (viz. příprava nitrilů).

nitrily vyšších mastných nasycených kyselin – se získávají dehydratací amonných solí příslušných karboxylových kyselin. Používají se jako změkčovadla.

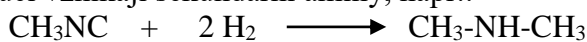
nitril kyseliny akrylové, akrylonitril $CH_2=CH-CN$ – je představitelem nenasyceného nitrilu. Získává se adicí kyanovodíku na acetylen. Akrylonitril je velice reaktivní kapalina. Používá se při výrobě syntetického kaučuku, zvyšuje odolnost proti olejům. Samotný i s jinými monomery se zpracovává na lineární polymery, např. Orlon – polyakrylonitrilová vlákna, Vinylnon – kopolymer s vinylchloridem. Je výchozí surovinou k výrobě řady dalších sloučenin a výrobků.

Izonitrily (také izokyanidy) – obsahují skupinu $[-N\equiv C]$ s volným elektronovým párem na uhlíku. Izonitrily jsou izomerní s nitrily. Liší se od nitrilu re akcemi:

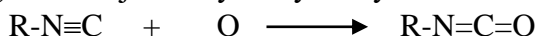
- s vodou (hydrolyza) – vznikají primární aminy a kyselina mravenčí



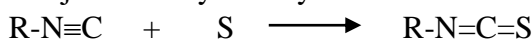
- katalytickou reducí vznikají sekundární aminy, např.:



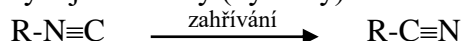
- oxidací např. HgO vznikají soli kyseliny izokyanaté – izokyanatany*



reakcí se sírou vznikají izothiokyanatany



- zahřátím se přesmykují na nitrily (kyanidy)



Poznámka: Kyselina kyanatá $H-O-C\equiv N$ je jednosytná kyselina, soli jsou kyanatany. Kyselina izokyanatá je $H-N=C=O$, soli jsou izokyanatany. Kyselina thiokyanatá $H-S-C\equiv N$ je jednosytná kyselina, soli jsou thiokyanatany. Kyselina izothiokyanatá je $H-N=C=S$, soli jsou izothiokyanatany.

DERIVÁTY MINERÁLNÍCH KYSELIN

Mezi důležitější funkční deriváty minerálních kyselin patří deriváty kyseliny dusičné a uhlíčitě. Méně známé, avšak z hlediska významového velmi důležité a význačné, jsou deriváty kyseliny fosforečné. Menší význam pak mají deriváty kyseliny sírové.

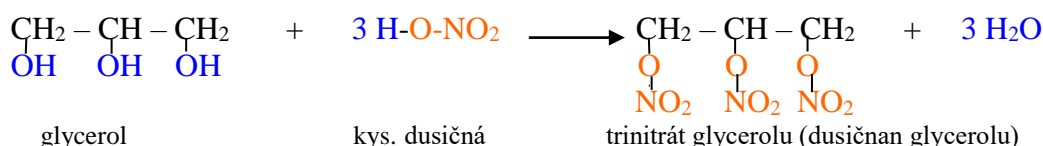
Estery minerálních kyselin

Mezi známé minerální estery patří:

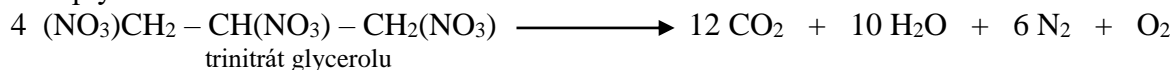
1. Estery kyseliny dusičné

Velmi známým představitelem jsou estery kyseliny dusičné s glycerolem

dusičnan (trinitrát) glycerolu $NO_2-O-CH_2-CH(O-NO_2)-CH_2-O-NO_2$, který se připravuje reakcí glycerolu s kyselinou dusičnou. V průmyslu se používá nitrační směs (40% HNO_3 a 60% H_2SO_4). Reakce probíhá jako esterifikace organických kyselin s alkoholy, avšak s jedním podstatným rozdílem - voda vzniká z vodíku kyseliny a hydroxyly alkoholu (podobně jako u neutralizace).



Trinitrát glycerinu se nesprávně nazývá „nitroglycerin“. Je prudce jedovatý a výbušný. Používá se k výrobě dynamitu (Alfréd Nobel, 1866), a bezdýmného střelného prachu. Obě látky se používají jako trhaviny. Trinitrát glycerinu se již pouhým nárazem rozkládá a uvolňuje se značné množství plynů:

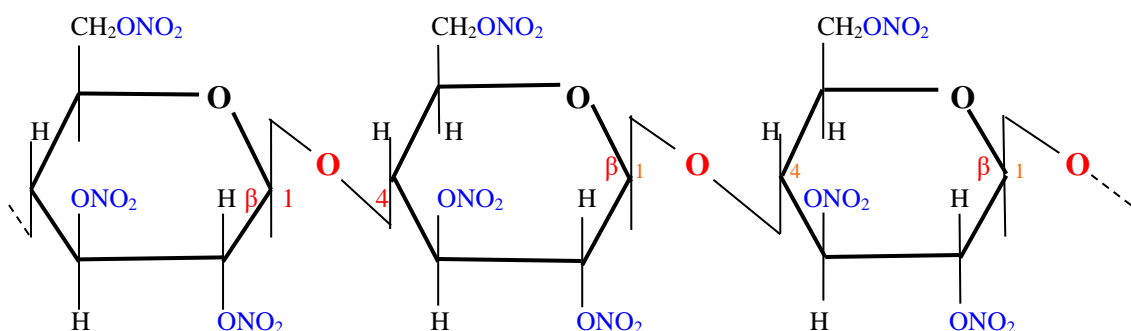


Jinými estery kyseliny dusičné jsou:

ethylenglykoldinitrát $\text{O}_2\text{NO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-ONO}_2$ – vzniká nitrací ethylenglykolu. Má obdobné vlastnosti jako trinitrát glycerinu, je výkonnější. Tuhne při teplotě -22°C a hodí se k výrobě nemrznoucích dynamitů. Je však těkavější a rozpustnější ve vodě než trinitrát glycerinu.

diethylenglykoldinitrát $\text{O}_2\text{NO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-O-CH}_2\text{-CH}_2\text{-ONO}_2$ – je bezbarvá kapalina s nižší účinností než trinitrát glycerinu. Jeho výhodou je značná schopnost želatinisovat celulosu při výrobě nitrátu celulosy.

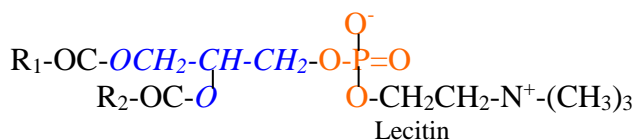
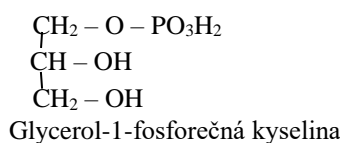
Velkou skupinu derivátů kyseliny dusičné tvoří nitráty celulosy (viz kap. Polysacharidy a jejich zpracování).



Trinitrát celulosy („nitrocelulosa“)

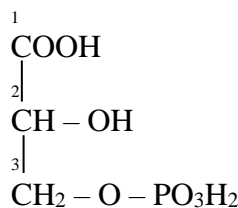
2. Estery kyseliny trihydrogenfosforečné H_3PO_4

glycerol-1-fosforečná kyselina $\text{HOCH}_2\text{-CH(OH)-CH}_2\text{-O-PO(OH)}_2$ – v přírodě rozšířený ester kyseliny trihydrogenfosforečné H_3PO_4 s glycerolem. Je složkou složitých lipidů, zv. fosfolipidy (např. lecitiny, kefaliny). Jsou nezbytnou složkou každé buňky (zejména nervové), v organismu umožňují transport tuků.

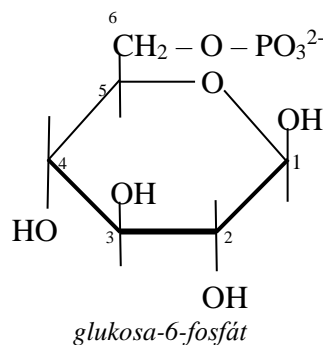


3-fosfoglycerát (sůl kyseliny 3-fosfoglycerové) ${}^2\text{-O}_3\text{P-OCH}_2\text{CH(OH)CO-O}$ je důležitý meziprodukt (intermediát) vznikající při metabolismu cukrů a tuků,

glukosa-6-fosfát $\text{HOC-CH(OH)-CH(OH)-CH(OH)-CH(OH)CH}_2\text{-O-PO}_3^{2-}$ (necyklický vzorec) – vzniká fosforylací glukosy v průběhu anaerobní části odbourávání cukrů (glykolýzy).



Kys. 3-fosfoglycerová



Mezi další deriváty kyseliny fosforečné, v nichž je kyselina vázaná esterovou vazbou patří skupina složených lipidů zv. fosfolipidy, dále fosfoproteidy a nukleové kyseliny, v nichž je kyselin fosforečná v nukleotidu vázaná na pentosu.

3. Estery kyseliny sírové H_2SO_4

Teoreticky lze odvodit estery kyseliny sírové náhradou jednoho nebo dvou vodíkových atomů alkylem nebo arylem. Obsahují zbytek (skupinu) – HSO_4 nebo $-\text{SO}_4$, proto název má příponu sulfát (česky *síran* – nepoužívá se). Mezi nejznámější patří:

dimethylsulfát ($\text{CH}_3\text{-O})_2\text{SO}_2$ a **diethylsulfát** ($\text{C}_2\text{H}_5\text{-O})_2\text{SO}_2$ – jsou jedovaté, olejovité látky, používají se k alkylyci, protože reagují energičtěji než alkylhalogenidy. Dimethylsulfát je surovinou při výrobě acetonitrilu.

monoalkylhydrogensulfáty $\text{R-O-SO}_3\text{H}$ mají kyselý charakter, proto se někdy označují názvem *alkylsírové kyseliny*. Jejich alkalické soli (alkylsulfáty) $\text{R-O-SO}_3\text{Na}$ s $\text{C}_{10} - \text{C}_{18}$ v alkyly jsou výhodné emulgační, smáčečí a prací prostředky (detergenty), nejsou ve vodě hydrolyzovány a jejich vápenaté soli jsou ve vodě rozpustné (při praní se nesráží). Vyrábí se *sulfatací*, tj. reakcí plynného SO_3 s alkoholem za přítomnosti roztoku NaOH . V praxi se používají jako tzv. *saponáty* a do obchodů přicházejí pod různými obchodními názvy např. Azur, Biomat, Tix. Podobné vlastnosti mají rovněž soli sulfonových kyselin $\text{R-SO}_3\text{H}$ – alkyl- nebo aryl-sulfonany nebo alkylarylsulfonany. (viz Sulfonové kyseliny)

Poznámka: modrou barvou (ležatým písmem) je zvýrazněn základ molekuly glycerolu. R_1, R_2 jsou zbytky alkyly) mastných nasycených i nenasycených kyselin, $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-N}^+(\text{CH}_3)_3$ je zbytek organické zásady cholinu vázaného esterovou vazbou na zbytek H_3PO_4 lecitinu.

Červenou barvou je označen zbytek minerální kyseliny dusičné – O-NO_2 , fosforečné $-\text{O-PO}_3\text{H}^2$, $-\text{O-PO}_3\text{H}_2^-$, sírové $-\text{O-SO}_3\text{H}$, $-\text{SO}_4^{2-}$.

Deriváty kyseliny uhličitě

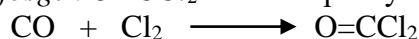
1. Chloridy kyseliny uhličitě

Mezi nejběžnější deriváty minerálních kyselin patří chloridy kyseliny uhličitě.

kyselina chloruhličitá $\text{Cl-CO}_2\text{H}$ – sloučenina ve volném stavu není známá, snadno se rozkládá na CO_2 a HCl . Známý je však ester této kyseliny

ethylster kyseliny chlormravenčí (chloruhličitě) – $\text{Cl-COOC}_2\text{H}_5$ – používá se při výrobě léčiv, např. *sulfanilacetamid*, který spadá do skupiny tzv. sulfonamidů.

dichlorid kyseliny uhličitě, fosgen O=CCl_2 – vzniká přímým slučováním CO a chloru



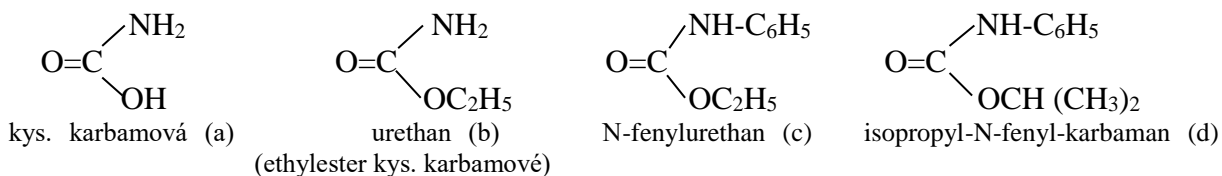
při teplotě 200°C a za katalytického působení aktivního uhlí. Je to prudce jedovatý plyn, používal se v 1. světové válce jako bojový plyn. Používá se k výrobě barviv, léčiv, změkčovadel apod.

2. Amidy kyseliny uhličitě

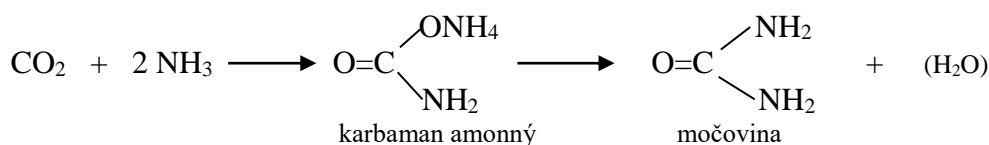
Podobně jako u chloridů tak i u amidů jsou známé především amidy kyseliny uhličitě.

kyselina karbamová čili **monoamid kyseliny uhličitě** O=C(OH)NH_2 – není známá ve volném stavu (obdoba chloridu kyseliny uhličitě), ihned se rozkládá na CO_2 a amoniak. Stálá a známá je

amonná sůl této kyseliny – karbaman amonný $O=C(OH_4)NH_2$, který je součástí technického uhličitanu amonného. Od kyseliny karbamové (a) se odvozuje **ethylester** kyseliny karbamové (b) zv. **urethan**. Jeho alkyl- nebo arylderiváty (na aminoskupině) se nazývají obecně **urethany**, např. (c). Jiné alkylestery kyseliny karbamové (ne ethylestery) substituované alkylem nebo arylem na skupině $-NH_2$ se nazývají **karbamany**, např. (d) a používají se jako herbicidy k hubení jednoděložných plevelů.



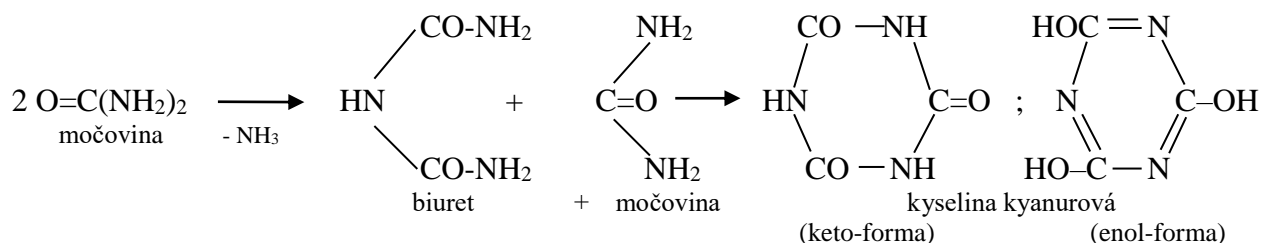
močovina, *diamid kyseliny uhličitě* $O=C(NH_2)_2$ – patří mezi známé a důležité deriváty kyseliny uhličitě. Je to pevná krystalická látka, rozpustná ve vodě. Vzniká v živočišných organizmech jako produkt metabolismu bílkovin. Průmyslově se vyrábí reakcí oxidu uhličitého s amoniakem za zvýšeného tlaku asi 50 atm. a teploty 130°C.



Vedle močoviny jako hlavního produktu vznikají ještě uhličitan a hydrogenuhličitan amonný, amoniak, a oxid uhličitý.

Močovina se používá ve směsích jako dusíkaté hnojivo, při výrobě umělých hmot zv. aminoplasty, klíčících hmot, léčiv a dalších látek. Spolu s melasou se dříve používala jako krmivo pro dobytek.

Zahříváním močoviny se při teplotě 150 – 160°C odštěpuje amoniak a přechází na látku zv. **biuret** a dále na **kyselinu kyanurovou**



Biuret dává po rozpuštění ve vodě v alkalickém prostředí s velmi zředěným roztokem síranu měďnatého fialový roztok. Reakce se proto nazývá **biuretová reakce** a používá se k **důkazu peptidické vazby**, tedy i pro **důkaz bílkovin**.

Sírnou obdobou močoviny je **thiomočovina** – *diamid kyseliny thiouhličitě* $S=C(NH_2)_2$. Je to pevná krystalická látka. Uplatňuje se při výrobě umělých hmot a léčiv, např. sulfathiazol.

SUBSTITUOVANÉ KARBOXYLOVÉ KYSELINY

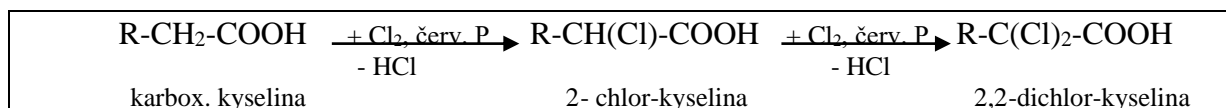
odvozujeme od karboxylových kyselin náhradou jednoho nebo více atomů vodíků v radikálu jonou skupinou

Mezi nejdůležitější substituované karboxylové kyseliny patří

1. halogenkyseliny,
2. hydroxykyseliny,
3. aminokyseliny,
4. oxokyseliny (aldokyseliny, ketokyseliny)

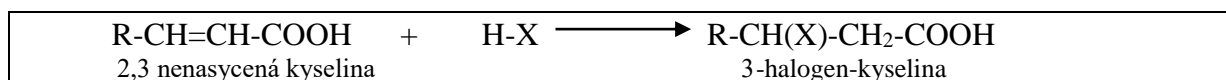
HALOGENKyseliny – jsou odvozeny od kyselin substitucí jednoho nebo více atomů vodíků v radikálu, mimo karboxyl halogenem, např. $R - CH(X) - COOH$, kde X je obecně atom halogenu. Podobně jako u halogenderivátů uhlovodíků *podle počtu atomů halogenů* rozlišujeme mono-, di-, tri-....až polysubstituované halogenkyseliny, *podle umístění halogenu* pak mono-, di- příp. tri-topické kyseliny. Nejčastěji se setkáváme s chlor- a brom-substituovanými kyselinami. Halogenkyseliny alifatické *připravujeme*:

1. *přímou halogenací kyselin* za přítomnosti červeného fosforu – vznikají 2-halogensubstituované kyseliny (uhlíkový atom karboxylu má číslo 1, dřívější název α -halogensubstituovaná kyselina).

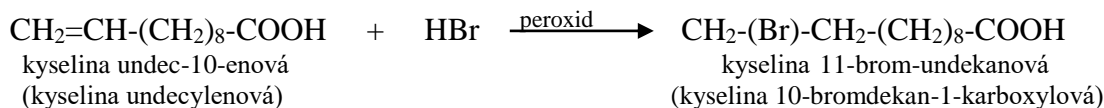


Tak lze připravit postupnou chlorací kyseliny octové až kyselinu trichloroctovou.

2. *adici halogenvodíku na 2,3-nenasycenou kyselinu* – vzniká 3-halogensubstituovaná kyselina (dřívější název β -halogensubstituovaná kyselina)



Je-li dvojná vazba vzdálenější váže se halogen na vzdálenější uhlík. V případě, že dvojná vazba je na konci řetězce váže se halogen v souladu s Markovnikovým pravidlem na uhlík s menším počtem vodíků (předposlední), v přítomnosti peroxidů na poslední uhlík (proti M. pravidlu). Např.



Chemické vlastnosti halogenkyselin. Mezi nejdůležitější patří:

1. síla substituovaných kyselin. Závisí na:

- *počtu halogenů v molekule* – s stoupajícím počtem halogenů stoupá síla kyselin. Např. disociační konst. K_a a pK_a pro kyseliny octové jsou:

	K_a	pK_a	
$CH_3 COOH$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	4,75	↓ stoupá síla kyseliny
$CH_2Cl COOH$	$1,55 \cdot 10^{-3}$	2,85	
$CHCl_2 COOH$	$5,1 \cdot 10^{-2}$	1,48	
$CCl_3 COOH$	$1,5 \cdot 10^{-1}$	0,64	

- *povaze halogenu* – klesá s klesající elektronegativitou halogenu (od fluoru k jodu). Např. pro kyseliny octové

	K_a	pK_a	
$CH_2F COOH$	$2,20 \cdot 10^{-3}$	2,65	↓ klesá síla kyseliny
$CH_2Cl COOH$	$1,55 \cdot 10^{-3}$	2,80	
$CH_2Br COOH$	$1,35 \cdot 10^{-3}$	2,87	
$CH_2I COOH$	$7,10 \cdot 10^{-4}$	3,15	

Pro trisubstituované kyseliny octové je

	K_a	pK_a
$CF_3 COOH$	$5,9 \cdot 10^{-1}$	0,23
$CCl_3 COOH$	$1,5 \cdot 10^{-1}$	0,64

- na vzdálenosti halogenu od karboxylu – klesá s rostoucí vzdáleností halogenu od karboxylu. Např. pro kyseliny máselné

název kyseliny *		K_a	pK_a	
2-chlor-butanová	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHCl-COOH}$	$1,39 \cdot 10^{-3}$	2,86	↓ síla kyseliny klesá
3-chlor-butanová	$\text{CH}_3\text{-CHCl-CH}_2\text{-COOH}$	$8,90 \cdot 10^{-5}$	4,05	
4-chlor-butanová	$\text{CH}_2\text{Cl-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$	$6,85 \cdot 10^{-5}$	4,16	
kyselina butanová	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$	$1,55 \cdot 10^{-5}$	4,81	

Porovnáním K_a kyselin vyplývá, že všechny chlořsubstituované kyseliny butanové jsou silnější než samotná kyselina butanová.

Příčinou výše uvedených závislostí je *záporný indukční efekt*, který způsobuje halogen v radikálu na OH skupině karboxylu. Čím pevněji je vázán vodík v karboxylu, tím je kyselina slabší, tzn., že je méně kyselejší, vodíkový kation se hůře uvolňuje (např. tím hůř disociuje ve vodě).

* Dřívější názvy substituovaných kyselin vycházely z označování C atomů v řetězci karboxylové kyseliny písmeny řecké abecedy tak, že uhlíkový atom karboxylu se označoval jako uhlík α , sousední uhlík jako β , další jako uhlík γ , δ , ϵ atd. a počínaje 5. uhlíkem (ϵ) se další uhlíky označovaly písmenem ω (omega), což označovalo nejvzdálenější atom uhlíku od karboxylu. Dnes upřednostňujeme číslování atomů uhlíku, kdy uhlík karboxylu má číslo 1. Používaly se a dnes se ještě používají rovněž **triviální názvy** kyselin, které jsou jednodušší a kratší, často odvozené od vlastnosti nebo výskytu kyseliny.

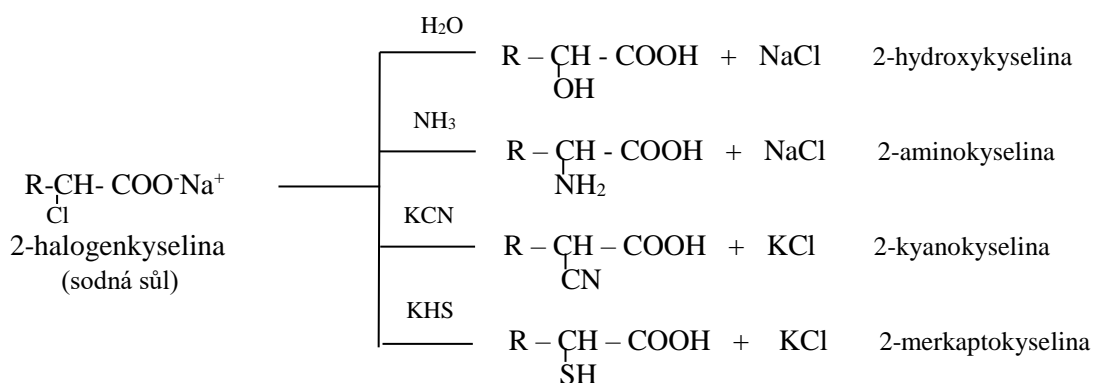
2. substituční reakce

a) halogenkyseliny poskytují všechny reakce jako karboxylové kyseliny (tvorba solí, chloridů, amidů, esterů apod.) – viz reakce karboxylových kyselin;

b) substituce halogenu v radikálu

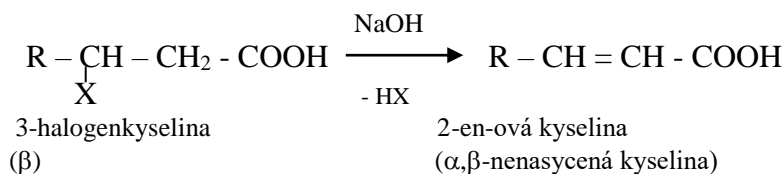
Kyslík OH skupiny v karboxylu působí na halogen opačně, tj. *kladným indukčním efektem*, a usnadňuje odštěpování halogenu při nukleofilní substituci tím snáze, čím je halogen blíže ke karboxylu. Nejreaktivnější jsou proto:

- **2-halogenkyseliny** (dříve označ jako α -halogenkyseliny) – halogen lze nahradit některými nukleofilními substituenty – skupinou OH^- , NH_2^- , $\text{N}\equiv\text{C}^-$, HS^- a dalšími. Lze tak ze solí 2-halogenkyselin připravit jiné 2-substituované kyseliny (viz. schéma níže).

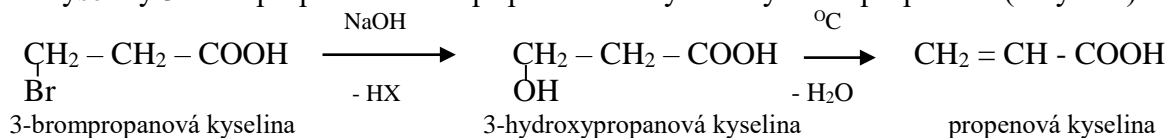


Obecně platí, že substituované kyseliny se substituentem na 2 uhlíku jsou poměrně stálé. Kyseliny se substituentem na 3 uhlíku se snadno mění na nenasycené kyseliny s dvojnou vazbou mezi 2 a 3 uhlíkem. Je-li substituent na 4. nebo 5. uhlíku vznikají snadno cyklické sloučeniny, např. laktony u hydroxykyselin, laktamy u aminokyselin).

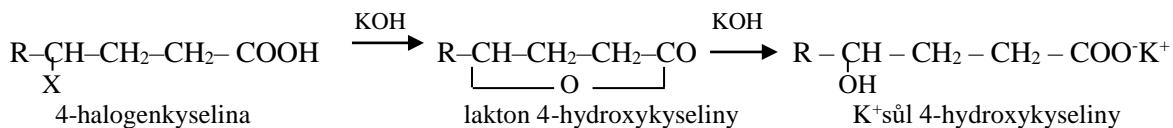
• **3-halogenkyseliny** (dřív. označení β -halogenkyseliny) působením louhů odštěpují HX a mění se přes hydroxykyselinu na nenasycené kyseliny.



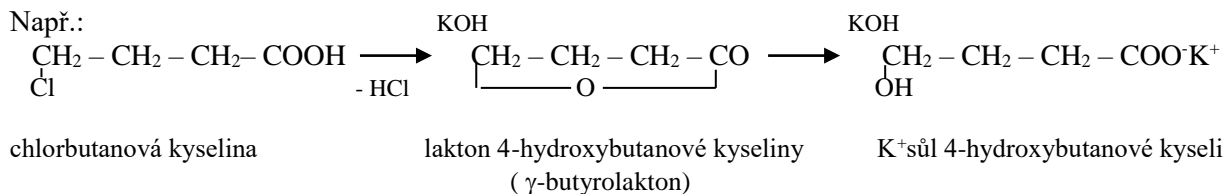
Např. z kyseliny 3-brompropanové se dá připravit nenasycená kyselina propenová (akrylová)



• 4- a 5- (dříve označ. γ - a δ -) halogensubstituované kyseliny při reakci s alkalickým hydroxydem snadno (někdy i při zahřátí s vodou) se odštěpují halogenvodík, mění na 2-hydroxykyseliny a dále cyklizují. Vznikají tzv. **laktony**, které v nadbytku louhu štěpí cyklus a mění se na sůl 4- nebo 5- hydroxykyseliny.



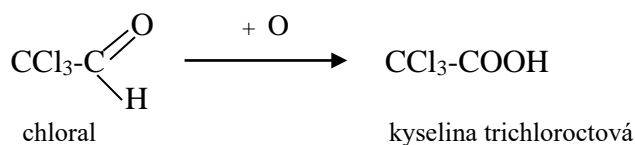
Např.:



Mezi nejběžnější **zástupce alifatických halogenkyselin** patří:

kyselina monochloroctová, *chlorethanová kyselina* $\text{CH}_2\text{Cl}-\text{COOH}$ – je krystalická látka, používána v organických syntézách, např. při výrobě herbicidů, barviv, syntetického indiga, léčiv (veronal, luminal). Získává se buď chlorováním kyseliny octové nebo z trichlorethylenu.

kyselina trichloroctová, *trichlorethanová kyselina* CCl_3COOH – patří k nejsilnějším organickým kyselinám. Získává se oxidací chloralu kyselinou dusičnou



Alifatické halogenkyseliny mají přímé použití jen ojedinělé. Mnohem častěji slouží jako výchozí suroviny nebo meziprodukty při syntézách jiných, mnohdy složitějších sloučenin.

HYDROXYKyseliny – jsou substituované karboxylové kyseliny, které mají jeden nebo více atomů vodíku uhlíkového zbytku nahrazeny hydroxylym $-\text{OH}$. Na jednom uhlíku může být pouze jedna OH skupina (Erlenmayerovo pravidlo). Pro názvosloví - viz halogenkyseliny. Jinak se často uplatňují triviální názvy.

Příprava hydroxykyselin:

a) **2-hydroxykyseliny** (dříve α -hydroxykyseliny) se připravují

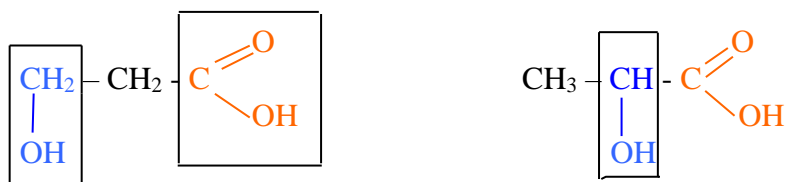
- *hydrolýzou halogensubstituovaných kyselin* varem s vodou nebo za přítomnosti hydroxidů nebo jiných zásad (váže uvolněnou kyselinu)

Fyzikální vlastnosti alifatických hydroxykyselin:

Důležitou fyzikální vlastností těchto kyselin je schopnost otáčet rovinu polarizovaného světla doprava nebo doleva. Tato vlastnost se nazývá **optická aktivita** a je způsobena přítomností **opticky aktivního uhlíku** (je označen níže ve vzorci kyseliny mléčné jako C*).

Chemické vlastnosti alifatických hydroxykyselin:

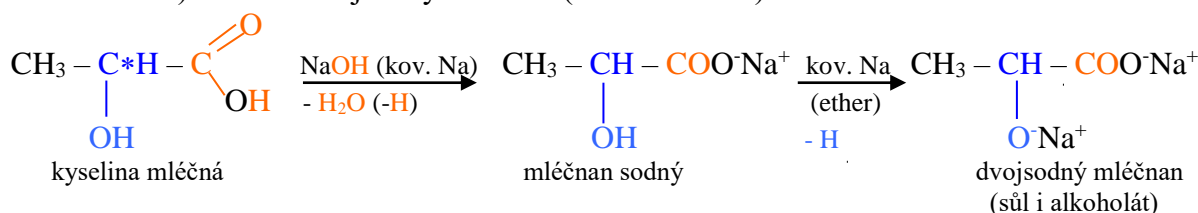
• z ohledem na přítomnost funkčních skupin s hlediska přítomnosti karboxylové skupiny jsou stejné jako vlastnosti karboxylových kyselin, tj. mohou tvořit soli, podléhají esterifikaci atd. Kromě toho obsahují v radikálu OH skupinu, která je součástí **primární** nebo **sekundární** alkoholické skupiny.



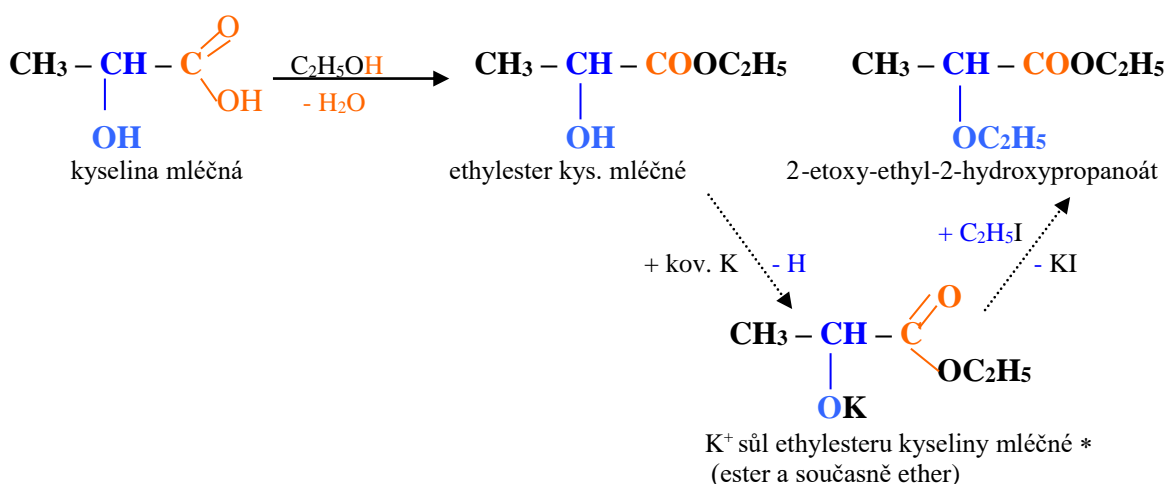
prim. alkoholická skup. karboxylová skup. sekundárně alkoholická skup.

Proto

– při reakci hydroxykyseliny s alkalickým kovem se může substituovat vodík v OH skupině v radikálu, např. reakcí kyseliny mléčné (2-hydroxypropionové) s kovovým sodíkem nebo NaOH se nahradí vodík karboxylu sodíkem a vzniká Na⁺ sůl kyseliny mléčné – mléčnan sodný, další reakcí s kovovým sodíkem se může substituovat i vodík OH skupiny v radikálu (podobně jako u alkoholu). Vzniká dvojsodný mléčnan (sůl i alkoholát)



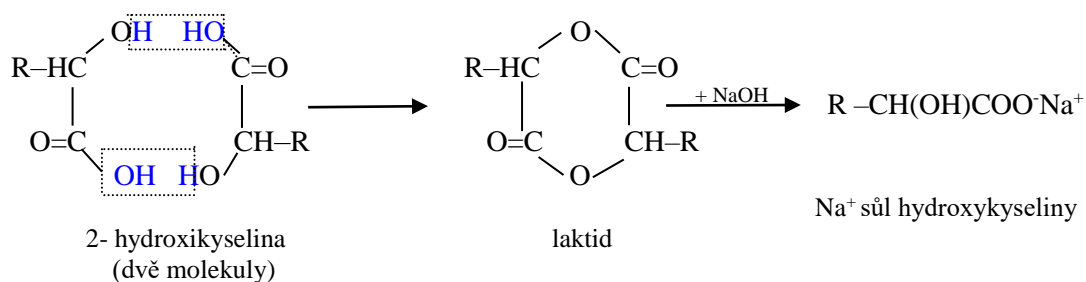
– při reakci s alkoholem může vznikat ester karboxylové kyseliny a další alkylací alkoholické skupiny (po předchozím převedení na alkoholát) alkylhalogenidem lze připravit sloučeninu, která je zároveň esterem i etherem:



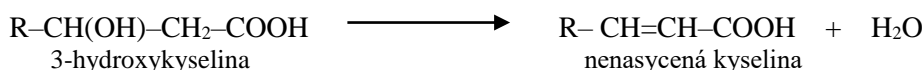
* *Poznámka:* sloučenina K⁺ sůl ethylesteru kyseliny mléčné obsahuje zároveň esterovou -OC₂H₅ i etherovou -CH-OK⁺ skupinu.

– mírnou oxidací se mění primární alkoholická skupina na aldehydickou, sekundární alkoholická skupina na ketonickou skupinu. Vznikají tak **aldo- nebo ketokyseliny**. Tyto oxidace se při průmyslové výrobě nepoužívají.

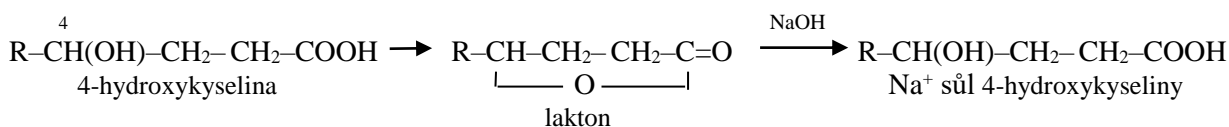
- *stalost hydroxykyseliny* – je závislá na umístění OH skupiny v řetězci. Proto:
 - *2-hydroxykyseliny* jsou poměrně stálé, při zahřívání se odštěpuje voda a vznikají tzv. **laktidy**



- *3-hydroxykyseliny* se při zahřívání dehydratují a vznikají 2-en nenasycené kyseliny



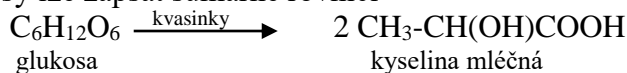
- *4- a 5-hydroxykyseliny* se snadno přeměňují intramolekulárním odštěpením vody na vnitřní estery zv. *laktony* Vzhledem k jejich cyklické struktuře - mají 5-ti nebo 6-tičetný cyklus - jsou stálé. Při zahřívání v alkalickém prostředí se cyklus štěpí a vznikají zpět lineární 4- a 5-hydroxykyseliny



Přehled nejdůležitějších alifatických hydroxykyselin kyselin

kyselina glykolová (hydroxyoctová) HO-CH₂COOH – je krystalická látka, bez většího významu. Používá se k výrobě derivátů – fenoxycetové kyseliny C₆H₅-O-CH₂COOH, které mají uplatnění jako herbicidy.

kyselina mléčná (2-hydroxypropanová) CH₃-CH(OH)COOH – je opticky aktivní, je známá ve dvou *optických modifikacích*, lišících se směrem otáčení, při čemž velikost úhlu otáčení je stejná. Jedná se o tzv. *optické antipody* neboli *enantioméry*. Jejich ekvimolární směs se nazývá *racemická směs* a je opticky inaktivní. Vzniká tzv. mléčným kvašením některých mono- nebo disacharidů (glukosa, fruktosa, sacharosa, maltosa apod.) při kysání zelí, mléka nebo okurek, při přípravě jogurtu nebo silážování píce. Má konzervační účinky, používá se v potravinářství, v textilním průmyslu a koželužství. Soli se nazývají mléčnany čili laktáty. Pravotočivá kyselina mléčná je obsažena v krvi a ve svalech, kde vzniká přeměnou glykogenu a způsobuje svalovou únavu. Kvašení glukosy lze zapsat sumárně rovnicí

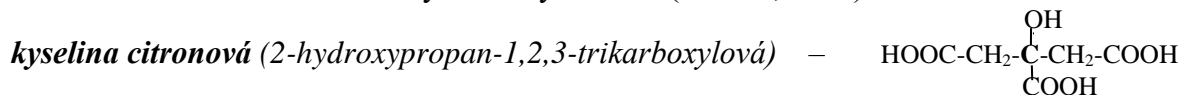


kyselina jablečná (monohydroxyjantarová, 2-hydroxybutandiová), lat. acidum tartaricum HOOC-CH₂-CH(OH)COOH – jako levotočivá je obsažena v rostlinách, v nezralých jablkách, hroznech, v jeřabinách apod. Redukcí poskytuje kyselinu jantarovou, dehydratací vzniká kyselina fumarová nebo maleinová.

kyselina vinná (2,3-dihydroxyjantarová, 2,3-dihydroxybutandiová) HOOC-CH(OH)-CH(OH)COOH – má dva optické uhlíky, pravoviná je obsažena např. ve šťávě vinných hroznů (0,3 – 1,7 %), z nichž se při kvašení vína vylučuje jako *vinný kámen*, chemicky kyselý vinnan draselný KOOC-CH(OH)-CH(OH)COOH. Ten se používá k výrobě kyseliny vinné nebo prášku do pečiva. Kyselina se používá v potravinářství k výrobě ovocných šťáv a limonád, v textilním průmyslu jako mořidlo při barvení a tisku.

Soli kyseliny vinné se nazývají vinany (tartaráty). známé jsou např. kyselý vinan draselný – viz výše, nebo vinan sodno-draselný $KOOC-CH(OH)-CH(OH)COONa$, zv. *Seignetova sůl*. Používá se při přípravě Fehlingova roztoku, v elektrotechnice (má piezoelektrické vlastnosti).

Kyselina vinná je známá vedle svých dvou optických antipodů ještě jako tzv. kyselina mezovinná (není opticky aktivní) a kyselina hroznová, která je racemickou směsí obou opticky aktivních stereoisomerů. Dá se na tyto složky rozdělit (Pasteur, 1860).



se vyskytuje v přírodě v plodech (citrony – asi 3%, pomeranče, jeřabiny, brusinky, hrozny apod.). Vyrábí se z citronů nebo citronovým kvašením cukerných roztoků (např. melasy). Nemá opticky aktivní uhlík a proto nejeví optickou aktivitu. Používá se k přípravě léků, osvěžujících nápojů, v textilní výrobě a jinde. Soli se nazývají citrany nebo citráty.

kyselina D-glukonová $HOOC-CH(OH)-CH(OH)-CH(OH)-CH(OH)-CH_2OH$ – vzniká oxidací roztoku D-glukosy oxidačními činidly (např. bromem) nebo biochemicky (účinkem některých octových bakterií). Je to polyhydroxykyselina, volně se v přírodních látkách nevyskytuje.

AMINOKYSELINY - jsou odvozené od karboxylových kyselin náhradou jednoho nebo více atomů vodíku mimo karboxylovou skupinu jednovaznou skupinou $-NH_2$. Volný elektronový pár na dusíku aminoskupiny vnáší do kyseliny bazický charakter. Aminokyseliny se tedy mohou chovat jako amfoterní sloučeniny (viz dále). Jsou základními stavebními jednotkami bílkovin. Z celkového počtu asi 20 aminokyselin, které byly v bílkovinách nalezeny, jsou téměř všechny 2-aminokyseliny. Mnohé mají značně složité struktury, některé obsahují síru.

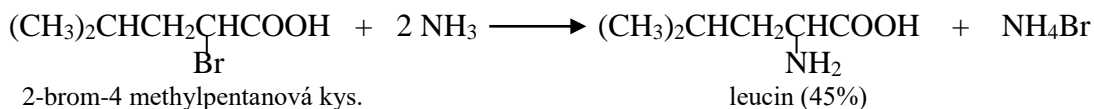
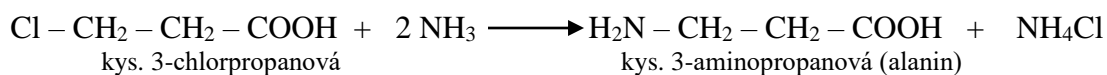
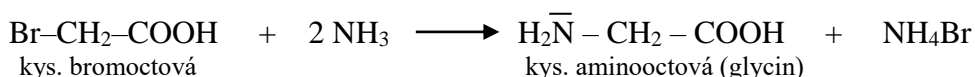
Čisté aminokyseliny jsou pevné krystalické látky, mají vysoké body tání (většinou 200 – 300°C). Hustota bývá větší než 1. Většinou se rozpouštějí ve vodě, mají nasládlou chuť a jsou s výjimkou glycinu opticky aktivní.

Pro názvosloví platí poznámka v úvodu kap. *Substituované kyseliny*.

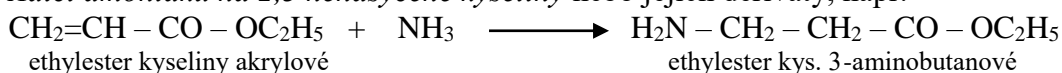
Aminokyseliny lze získat několika způsoby:

1. *hydrolýzou bílkovin* v alkalickém nebo kyselém prostředí - vzniká směs aminokyselin, kterou je možno dělit (malá množství se dělí chromatograficky) a následně identifikovat,

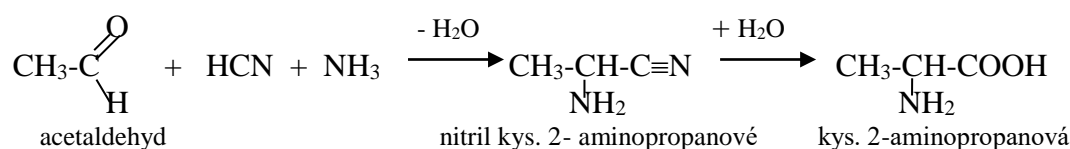
2. *reakci příslušných halogenkyselin s amoniakem* (uplatňuje se hlavně pro získávání 2-aminokyselin), např.



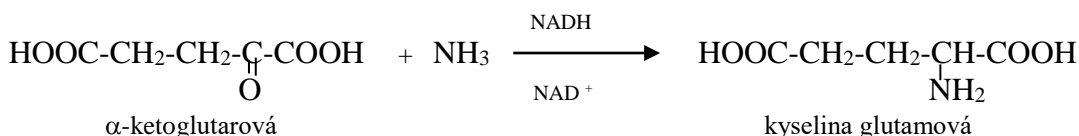
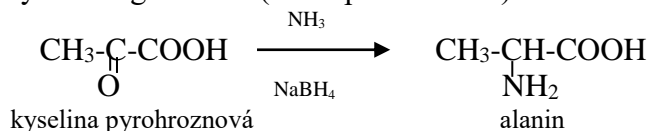
3. *Adicí amoniaku na 2,3 nenasycené kyseliny* nebo jejich deriváty, např.



4. *Kyanhydrinovou syntézou* za přítomnosti amoniaku. Tak se získají pouze 2-aminokyseliny, např.: 2-hydroxypropanová kyselina se dá získat kyanhydrinovou syntézou z acetaldehydu



5. *Reduktivní aminací α -ketokyselin* (tato metoda je obdobou biosyntetického postupu). Lze tak připravit např. alanin (kys. 2-aminopropanová) z kyseliny pyrohroznové (kyselina 2-oxopropanová, ketopropanová) nebo kyselinu glutamovou (kys. 2-aminopentandiová) z kyseliny α -ketoglutarové (2-oxopentandiové)

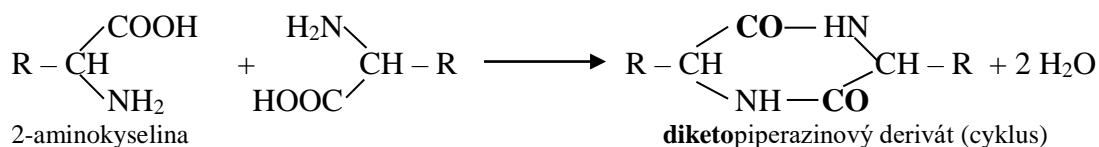


Chemické vlastnosti aminokyselin

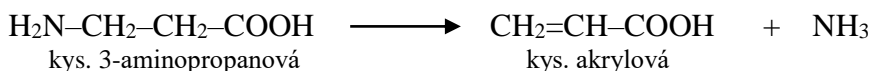
Přítomnost dvou odlišných skupin – kyselého karboxylu $-\text{COOH}$ a zásadité skupiny $-\text{NH}_2$ je příčinou charakteristických chemických vlastností aminokyselin. K nejvýznamnějším a nejdůležitějším vlastnostem patří:

1. stabilita aminokyselin

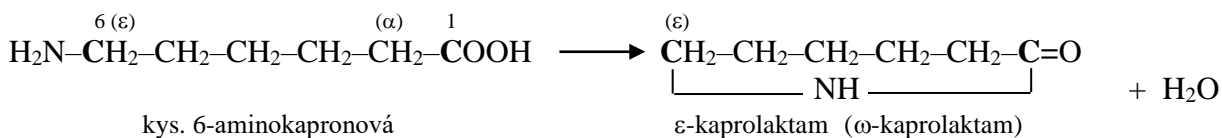
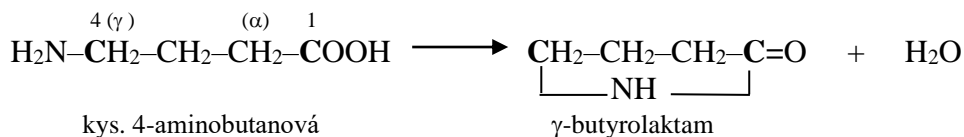
• Podobně jako hydroxykyseliny nejstálější jsou 2-aminokyseliny (dříve α -amionokyseliny). Zahříváním se ze dvou molekul odštěpuje voda a vznikají anhydridy s heterocyklickou strukturou tzv. *diketopiperazinový* cyklus (šestičlenný nasycený kruh s dvěma dusíkovými atomy).



• menší stabilitu mají 3-aminokyseliny (dříve β -aminokyseliny), které snadno odštěpují amoniak a mění se na nenasycené kyseliny s dvojnou vazbou mezi 2 a 3 uhlíkem, např. z kyseliny 3-aminopropanové vzniká kyselina akrylová



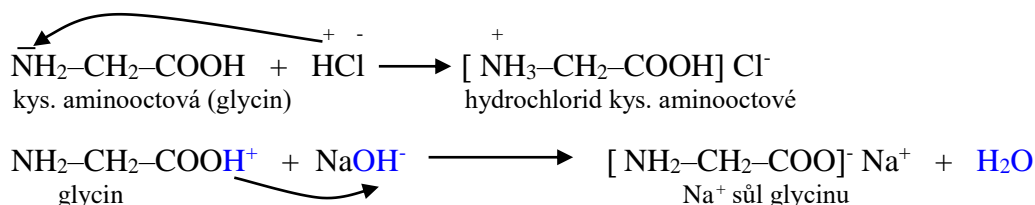
• 4- a 5- aminokyseliny (dříve γ a δ) odštěpují vodu intramolekulárně a přecházejí na vnitřní amidy aminokyselin, sloučeniny obdobné laktonům, zvané **laktamy**. Např. z kyseliny 4-aminobutanové vzniká laktam kys. 4-aminobutanové, zkráceně γ -butyrolaktam.



2. Amfoterní charakter aminokyselin

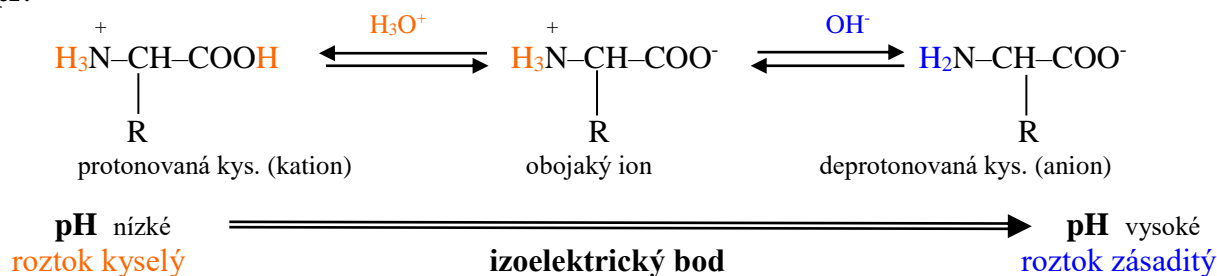
- reakce s kyselinami nebo zásadami

Molekula aminokyseliny reaguje se silnými kyselinami i zásadami za vzniku soli:



- obojaký ion a izoelektrický bod

Ve vodném roztoku reagují monoaminokyseliny neutrálně, diaminokyseliny mají povahu zásaditou, aminodikarbonové kyseliny povahu kyselou. V kyselém roztoku (nízké pH) aminokyselina přijímá proton (je protonovaná) a existuje převážně ve formě kationtu. V zásaditém roztoku (vysoké pH) aminokyselina uvolňuje proton (je deprotonovaná) a existuje převážně ve formě aniontu. Při určitém pH se může aminokyselina nacházet v roztoku převážně ve formě neutrálního dipolárního iontu, zv. **obojaký ion**. Takové pH je pro každou aminokyselinu charakteristické, nazývá se **izoelektrický bod** dané kyseliny a značí se symbolem **pI**.



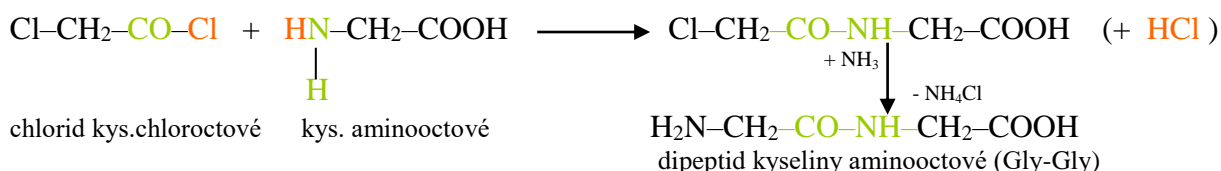
Z 20 nejběžnějších aminokyselin má 15 aminokyselin **pI** téměř v neutrální oblasti pH od 5,0 do 6,5, např. glycin, alanin, leucin, fenylalanin. Dvě aminokyseliny mají **pI** při nižším pH (kyselina asparagová a glutamová) a tři při vyšším pH (např. lysin).

Rozdílů v izoelektrických bodech lze využít při dělení směsí aminokyselin na jednotlivé složky metodou zv. *elektroforéza*. Princip této metody spočívá v tom, že různé aminokyseliny v roztoku o určitém pH vytvoří směs kladných, záporných nebo neutrálních molekul (podle **pI**). Po vložení směsi do elektrického pole (směs se umístí do středu gelové vrstvy nebo na papírový pás) nabitě molekuly aminokyselin pomalu putují k opačně nabitým elektrodám. Po rozdělení se jednotlivé aminokyseliny chemicky identifikují.

- tvorba peptidů

Vhodnými metodami se mohou jednotlivé aminokyseliny slučovat na větší molekuly tak, že aminoskupina jedné kyseliny se sloučí s karboxylem sousední molekuly za odštěpení molekuly vody (teoreticky) a to se může mnohokrát opakovat. Touto polykondenzační reakcí vznikají látky zv. peptidy. Tyto sloučeniny jsou tvořeny 2 nebo více molekulami aminokyselin, proto je rozlišujeme jako di-, tri-, tetra- atd. peptidy. Obsahují-li více než 10 jednotek hovoříme už o polypeptidech. Přírodní polypeptidy známe pod názvem *bílkoviny*, které jsou tvořeny 2-aminokyselinami. Jednotlivé aminokyseliny v peptidech i polypeptidech jsou mezi sebou vázány vazbou $-\text{NH}-\text{CO}-$, která se nazývá *vazba peptidická*. Tyto vazby spojují jednotlivé monoméry v polyamidech (skupina plastů vznikajících polykondenzací).

Při laboratorní přípravě peptidů vedle samotných aminokyselin používáme často i deriváty kyselin. Tak např. dipeptid kyseliny aminooctové (glycylglycin)* získáme reakcí chloridu kys.chloroctové a kys. aminooctové. Proces znázorňují níže uvedené rovnice:

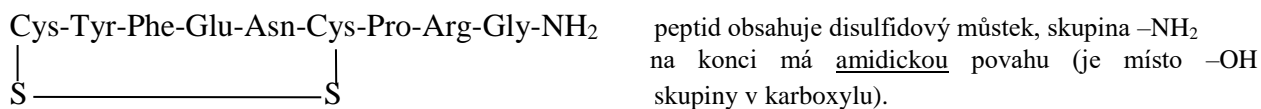


*Poznámka: Názvy peptidů tvoří názvy aminokyselin (nebo jejich zkratky). V názvu peptidů se zachovává pořadí vázaných aminokyselin ve vzorci a podle dohody se uvádí *nejdřív* název (zkratka) té aminokyseliny, která má volnou –NH₂ skupinu (*N-koncová aminokyselina*) a jako *poslední* název (zkratka) kyseliny s volnou skupinou –COOH (*C-koncová aminokyselina*). (viz příklad níže).

Příkladem jiného dipeptidu je např. alanylserin (Ala-Ser) nebo serylalanin (Ser-Ala)

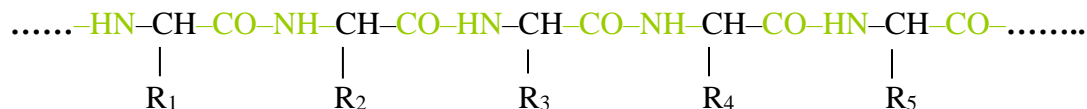


Obsahuje-li peptid více aminokyselin postupujeme stejně a používáme zkratky. Mnohé peptidy se vyznačují specifickými vlastnostmi a jsou známé jako hormony. Tak např. hormon hypofýzy *vasopresin* se podílí se v organismu na hospodaření s vodou a má následující složení:



Jiným důležitým a známým peptidickým hormonem je *insulin* – hormon slinivky břišní, který reguluje hladinu cukru v krvi. Skládá se z 51 aminokyselin uspořádaných do dvou peptidových řetězců, spojených dvěma disulfidovými můstky.

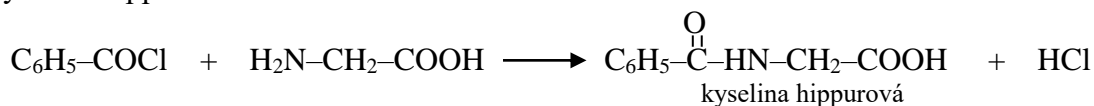
Polypeptidový řetězec (jeho část) lze obecně znázornit takto:



Počet a pořadí jednotlivých kyselin (radikálů) může být a je různý.

- alkylace a acylace aminokyselin

Reakce se provádí anhydridem, alkyljodidem, acylhalogenidem. Probíhají velmi dobře. Halogen acylhalogenidu se váže s vodíkem aminoskupiny v aminokyselině a uvolňuje se amoniak. Vzniklé sloučeniny se používají k izolaci a k identifikaci aminokyselin. Tak např. reakcí benzoylchloridu s kyselinou aminoctovou vzniká kyselina N-benzoylaminoctová, jinak kyselina hippurová.



Nejrozšířenější skupinu aminokyselin tvoří ty aminokyseliny, u nichž je aminoskupina vázaná na uhlíku sousedícím s karboxylem (α-aminokyseliny). Ty tvoří přírodní peptidy a polypeptidy (bílkoviny). Vzorce, názvy vč. zkratky a krátká charakteristika některých představitelů důležitějších jsou uvedeny níže. Některé aminokyseliny se připravují synteticky, jiné lze získat hydrolyzou přírodních peptidů nebo bílkovin. Mezi nejdůležitější patří:

glycin Gly (*aminoctová kyselina*) – jinak *glykokol*, byl získán hydrolyzou klišu a mnoha dalších bílkovin. Průmyslově se dá připravit z kyseliny chloroctové reakcí s nadbytkem amoniaku nebo kyanhydrinovou syntézou z formaldehydu (viz příprava aminokyselin). Glycin není opticky aktivní. Má použití v lékařství. Mezi deriváty glycinu patří kys.

N-methylaminooctová CH₃-NH-CH₂-COOH, zv. *sarkosin*, obsaženy v masovém výtažku nebo bys. hippurová C₆H₅-CO-HN-CH₂-COOH obsažena v koňské moči (odtud název).

alanin Ala (2-aminopropanová kys.) – je opticky aktivní, jeho pravotočivá forma je složkou bílkovin (např. pravé hedvábí). Izomer alaninu, kys. 3-aminopropanová NH₂-CH₂-CH₂-COOH, se v bílkovinách nevyskytuje, je obsažena v kvasnicích a je součástí kys. pantothenové.

serin Ser (kys. 3-hydroxy-2-aminopropanová) – je součástí některých bílkovin (kasein, kliš, rohovina apod.).

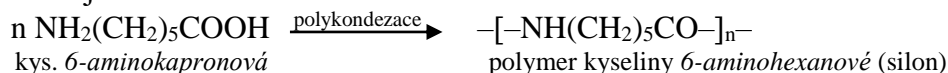
cystein Cys (2-amino-3-sulfanylpropanová) – je součástí bílkovin obsažených v kůži a jejich útvech (rohovina, peří, chlupy, vlasy apod.). Jako jedna z mála aminokyselin obsahuje síru.

lysin Lys (kys.2,6-diaminokapronová) – je rozšířenou složkou bílkovin.

kyselina asparagová Asp (kys. monoaminojantarová) a **kyselina glutamová Glu** (aminoglutarová kys.) – obě kyseliny i jejich amidy (asparagin *Asn*, glutamin *Gln*) jsou rovněž součástí rostlinných bílkovin (chřest, klíčky luskovin a další).

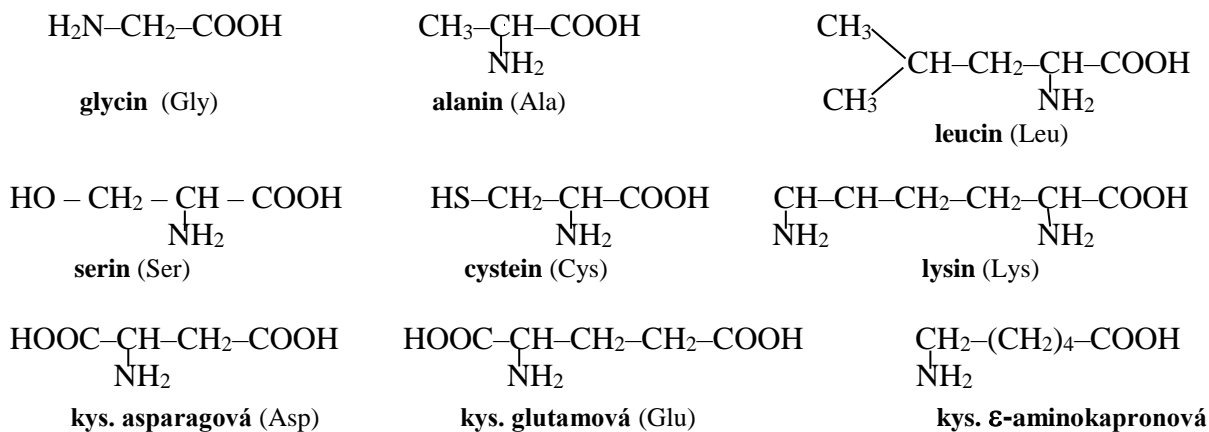
leucin Leu (kyselina 2-amino-4-methylvalerová) – levotočivá forma je obsažená v bílkovinách, např. v tvarohu.

kyselina 6-aminohexanová, (ε-aminohexanová, 6-aminokapronová) – není součástí bílkovin, má značný průmyslový význam stejně jako její laktam zv. *ε-kaprolaktam* (přesněji laktam 6-aminohexanové kyseliny). Oba tvoří zahřátím polymery, které se dají zpracovat na vlákna podobné nylonu a známé jako *silon*.



Při průmyslové výrobě silonu se vychází z fenolu, který se hydrogenací převede na cyklohexanol, ten dále oxidací na cyklohexanon a na cyklohexanonoxim. V prostředí olea dochází dále k přesmyku (tzv. Beckmannův přesmyk) cyklohexanonoximu na konečný produkt - *ε-kaprolaktam*.

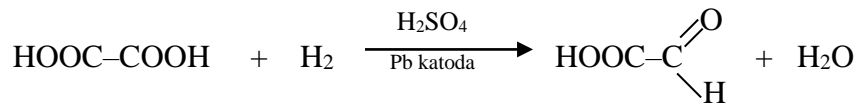
Vzorce výše uvedených alifatických aminokyselin: (vzorce aromatických aminokyselin viz Aromatické aminokyseliny)



OXOKYSELINY - jsou karboxylové kyseliny, které **obsahují atom kyslíku**, jenž se váže dvojnou vazbou na atom uhlíku v řetězci. Jestliže se atom kyslíku váže **na koncový primární atom uhlíku**, vzniká aldehydická skupina -CHO a tyto oxokyseliny nazýváme *aldehydokyseliny*. Jestliže se atom kyslíku váže **na vnitřní sekundární atom uhlíku**, pak vzniká ketoskupina -C=O a oxokyselina se nazývá *ketokyselina*.

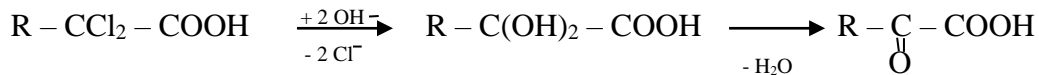
Aldehydokyseliny – jsou méně významné. Nejjednodušší aldokyselinou je

kyselina glyoxylová, *oxoethanová kyselina* CHO-COOH – vyskytuje se v nezralém ovoci. Získává se elektrolytickou redukcí kyseliny šťavelové



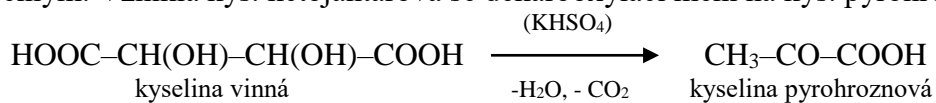
Používá se k výrobě vanilinu (derivát p-hydroxybenzaldehydu, obsažený ve vanilce).

Ketokyseliny – se podle polohy ketoskupiny dělí na 2-ketokyseliny a 3-ketokyseliny, podle dřívějšího označování α -ketokyseliny, β -ketokyseliny, γ -ketokyseliny. Mohou vznikat mj. hydrolýzou monotypických dihalogenkyselin a následným odštěpením vody, např.



2-ketokyseliny – mají atom kyslíku na 2. uhlíku kyseliny. Patří zde hlavně

kyselina pyrohroznová (2-oxopropanová kys., dříve α -ketopropionová) $\text{CH}_3\text{-CO-COOH}$, lat. *acidum pyruvicum* – připravuje se destilací kyseliny vinné s kyselým síranem sodným nebo draselným. Vzniklá kys. ketojantarová se dekarboxylací mění na kys. pyrohroznovou



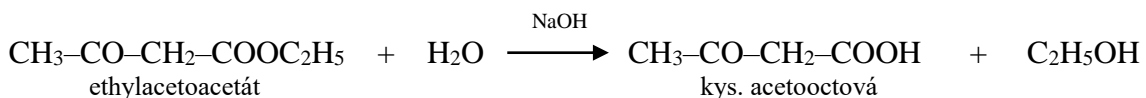
Jinou metodou přípravy je elektrolytická destilace kyseliny mléčné.

Sůl kyseliny pyrohroznové, tzv. *pyruvát* $\text{CH}_3\text{-CO-COO}^-$, je důležitým meziproduktem při metabolismu sacharidů, (tvorí poslední stupeň glykolýzy). Samotná kyselina pyrohroznová je kapalina octového zápachu. Používá se na výrobu léčiv k léčbě dny a revmatismu.

Mezi 2-ketokyseliny patří také kyseliny odvozené od dikarboxylových kyselin, např. *kyselina ketojantarová* $\text{HOOC-CO-CH}_2\text{-COOH}$, jejichž esterů se používá k výrobě barviv.

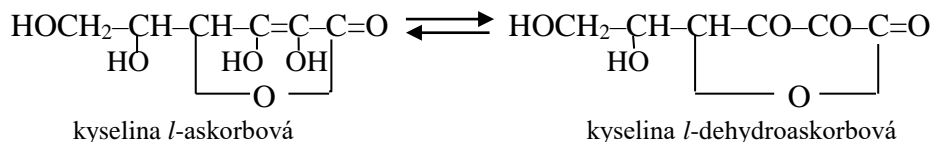
3-ketokyseliny – mají atom kyslíku na 3. uhlíku kyseliny. Volné kyseliny jsou málo stálé, jejich použití je velmi omezené. Mnohem častěji se proto používají jejich estery. Ketoskupina v molekule umožňuje průběh čtených chemických reakcí, proto se estery těchto kyselin často používají k rozličným syntézám, zejména při výrobě barviv a léčiv. Mezi důležitější představitelé patří:

Kyselina acetoctová, *kyselina 3-oxobutanová*, (dříve kys β -ketomáselná.), $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_2\text{-COOH}$ – vzniká zásaditou hydrolýzou ethylestru této kyseliny. Ten se dá získat kondenzací dvou molekul ethylesteru kyseliny octové tzv. Claisenovou kondenzací.



Kyselina acetoctová volná nemá použití, je nestálá.. Ve formě ethylesteru se používá k výrobě barviv a léčiv.

Mezi ketokyseliny lze zařadit také kyselinu *l-askorbovou* čili **vitamin C**



je rozšířena v přírodě, vyskytuje se volně (citrony, pomeranče, šípky, zelená paprika, jeřabiny, apod.) i vázaná. Přírodní vitamin C má formu polyaskorbátu kyseliny askorbové, jeho účinky jsou mnohem trvalejší než účinky jednoduché, synteticky připravené kyseliny askorbové. Při nedostatku vitamínu C vzniká onemocnění zv. kurděje (skorbut), projevující se uvolněním zubů, krvácením dásní apod. Kyselina askorbová je velmi citlivá látka, v roztocích se snadno oxiduje na kyselinu *dehydroaskorbovou*. Tato reakce je vratná (viz výše). Tím se vysvětluje úloha vit. C v organismu jako akceptoru kyslíku nebo vodíku při různých fyziologických procesech.

V zásaditých nebo kyselých roztocích se rozkládá. Rozklad se urychluje zahříváním, a stykem s těžkými kovy. Tím lze vysvětlit malý obsah vitamínu C v konzervách, marmeládách apod.

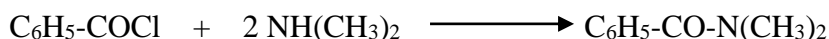
DERIVÁTY AROMATICKÝCH KYSELIN

Funkční deriváty karboxylových kyselin

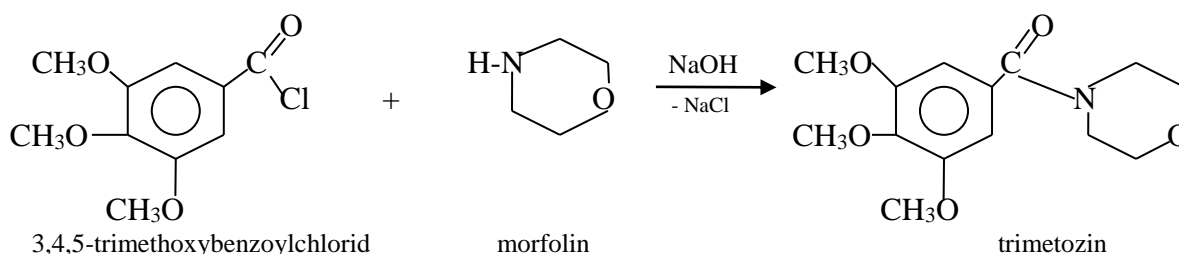
Obecná charakteristika a rozdělení derivátů kyselin je uvedeno v kap. Alifatické uhlovodíky a deriváty.

Halogenidy aromatických karboxylových kyselin $\mathcal{R}-\text{COX}$

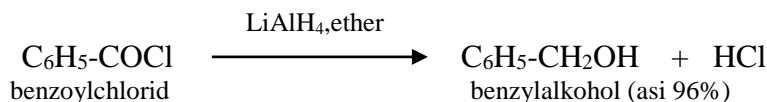
Vznikají podobnými reakcemi jako halogenidy alifatických kyselin a podléhají podobným reakcím. Pro zajímavost jsou dále uvedeny některé složitější reakce. Tak např. reakcí benzoylchloridu s dimethylaminem vzniká N,N-dimethylbenzenamid



nebo reakcí 3,4,5-trimethoxybenzoylchloridu (obecně acylchlorid) s morfolinem (sek. amin) (v alkal.prostředí NaOH) vzniká sedativum *trimetozin* (amid).



nebo redukcí benzoylchloridu LiAlH_4 vzniká benzylalkohol (primární aromat. alkohol)



Nejpoužívanějším představitelem aromatických arylchloridů je

benzoylchlorid (*chlorid kyseliny benzoové*) $\text{C}_6\text{H}_5\text{-COCl}$ – je ostře páchnoucí kapalina. Vyrábí se zahříváním sodné soli kyseliny benzoové se sulfurylchloridem SO_2Cl_2

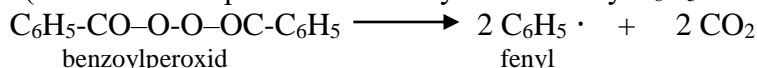
$2 \text{C}_6\text{H}_5\text{-COONa} + \text{SO}_2\text{Cl}_2 \longrightarrow 2 \text{C}_6\text{H}_5\text{-COCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$ nebo
hydrolyzou benzotrichloridu $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CCl}_3$

$\text{C}_6\text{H}_5\text{-CCl}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{-COCl} + 3 \text{HCl}$ nebo
chlorací benzaldehydu $\text{C}_6\text{H}_5\text{-COH}$

$\text{C}_6\text{H}_5\text{-COH} + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{-COCl} + \text{HCl}$
Benzoylchlorid se používá k benzylaci (zavádění benzoylu do molekuly) a výrobě *benzoylperoxidu* oxidací peroxidem vodíku za přítomnosti NaOH.

$2 \text{C}_6\text{H}_5\text{-COCl} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{NaOH} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{-CO-O-O-OC-C}_6\text{H}_5 + \text{NaCl} + 2 \text{H}_2\text{O}$
benzoylchlorid benzoylperoxid

Benzoylperoxid se používá k bělení mouky a olejů a je důležitým iniciátorem při radikálových polymeracích (zahřátím se štěpí na 2 volné fenylové radikály $\text{C}_6\text{H}_5\cdot$ a CO_2).

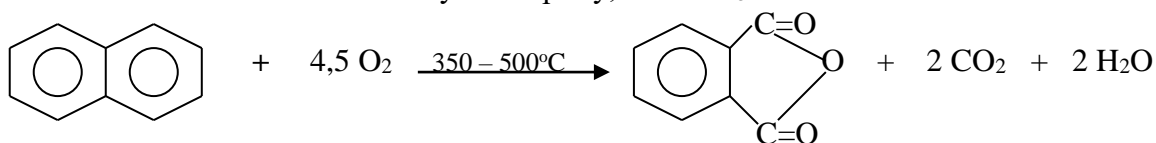


Anhydridy aromatických karboxylových kyselin $\mathcal{R}\text{CO-O-COR}$

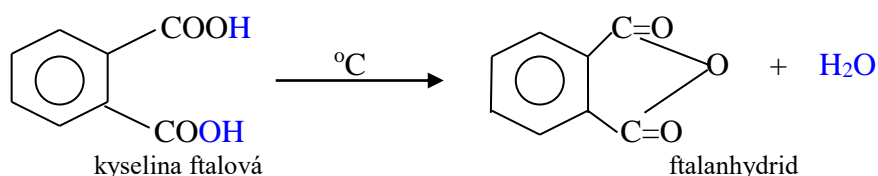
Obecná charakteristika je uvedena v části o anhydridech alifatických kyselin. Anhydridy aromatických kyselin se připravují především oxidací odpovídajících aromatických uhlovodíků

bez postranního řetězce. Rovněž jejich chemické vlastnosti jsou obdobné vlastnostem alifatických anhydridů. Mezi důležitější představitelé patří:

ftalanhydrid (anhydrid kyseliny ftalové) $C_6H_4(CO)_2O$ – vyrábí se průmyslově katalytickou oxidací naftalenu vzduchem za zvýšené teploty, kat. V_2O_5 .



Částečně vzniká rovněž zahříváním kyseliny ftalové



Ftalanhydrid se používá k výrobě pryskyřic, rozpouštědel, k výrobě ftalinidu, kyseliny benzoové a antranilové, syntetického antrachinonu, ftaleinových barviv (např. fenolftalein), esterů kyseliny ftalové a dalších látek.

Estery aromatických karboxylových kyselin $RCOOR$

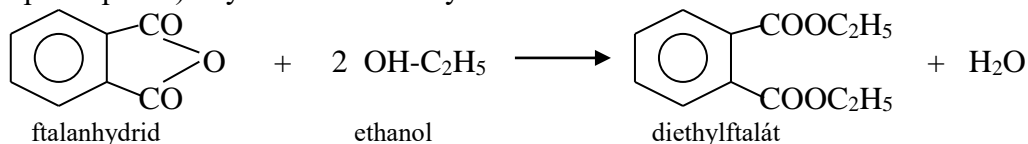
Estery aromatických kyselin se připravují stejnými nebo podobnými metodami jako estery alifatické. Podléhají rovněž stejným chemickým reakcím.

Ze známých esterů jsou to především

methyl- a ethylbenzoát (methyl- a ethylester kys. benzoové) $C_6H_5-COOCH_3$ a $C_6H_5-COOC_2H_5$ – jsou vysokovroucí kapaliny a uplatňují se ve voňavkářství.

benzylbenzoát (benzylester kys. benzoové) $C_6H_5-COOC_6H_5$ – se připravuje z benzaldehydu. Používá se jako změkčovadlo.

dimethylftalát (dimethylester kyseliny ftalové) – $C_6H_4(COOCH_3)_2$ – je kapalina. Používá se jako změkčovadlo a zvláčňovadlo při výrobě laků a na výrobu prostředků proti hmyzu, zejména komárům (např. Repudin). Vyrábí se z ftalanhydridu reakcí s ethanolem



Podobně lze připravit další estery kyseliny ftalové – dimethylester, dipropylester, dibutylester, diamylester, diallylester a další, které jsou kapaliny s vysokým bodem varu (okolo 250 – 320 °C). Všechny mají použití jako změkčovadla při zpracování plastických hmot. Tyto látky jsou však zdravotně závadné, proto jejich použití je do značné míry omezováno, zvláště pro dětské výrobky.

Z ostatních esterů mají jistý význam estery kyseliny salicylové a p-hydroxybenzoové.

U těchto alifatických a aromatických hydroxykyselin lze esterifikovat nejen karboxylovou skupinu, ale i hydroxylovou skupinu –OH, a vznikají tak dvě řady esterů:

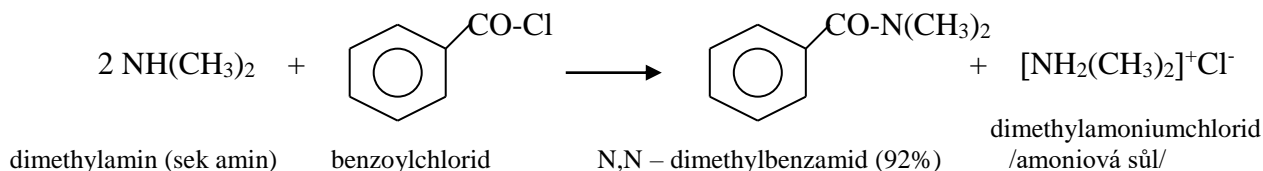
1. esterifikované na karboxylu – $CO-OR$, $-OR$ je z alkoholu např. ethylester kys. salicylové $C_6H_4(OH)-COOC_2H_5$ a
2. esterifikované na hydroxylové skupině – $O-COR$, $O-COR$ je od kyseliny, např. kyselina acetylsalicylová (Acylpyrin) $HOOC-C_6H_4(O-COCH_3)$ (viz příprava esterů alifatických kyselin).

methyl- a ethylsalicylát (methylester a ethylester kys. salicylové) – slouží jako vonidla, **kyselina acetylsalicylová** - $HOOC-C_6H_4(O-COCH_3)$ se vyrábí z kyseliny salicylové reakcí s acetanhydridem. Používá se jako antipyretikum a analgetikum.

fenylsalicylát (fenylester kys. salicylové) $C_6H_4-(OH)-COOC_6H_5$ – se připravuje zahříváním kyseliny salicylové s fenolem. Je to pevná krystalická látka, má použití v lékařství.

Amidy aromatických karboxylových kyselin $R-CO-NH_2$

mají podobné způsoby přípravy jako amidy alifatických kyselin. Převládá však metoda, kdy reagují mezi sebou primární nebo sekundární aminy s acylchloridy, anpř.:

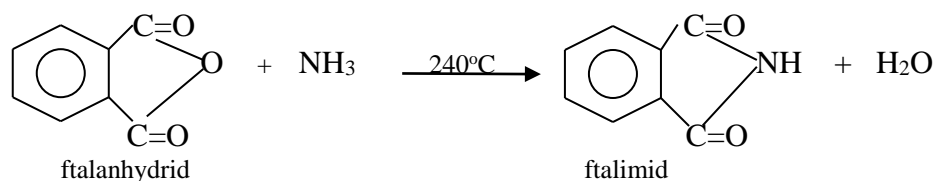


Rovněž vlastnosti amidů aromatických kyselin jsou stejné jako u amidů alifatických kyselin. Amidy jednoduchých aromatických kyselin nemají větší význam. Někdy se uplatňují N-alkylsubstituované deriváty amidů aromatických kyselin. Mezi známé amidy kyselin patří např. **nikotinamid** čili *amid kyseliny nikotinové*. Je to dusíkatá heterocyklická látka o vzorci $C_5H_4N-CO-NH_2$. Je znám pod názvem PP faktor, patří do skupiny B vitaminů jako antipellargický vitamin. Jako léčiva se používají i N-alkylderiváty nikotinamidu.

Jiné deriváty aromatických karboxylových kyselin – přehledně - imidy, nitrily

Imidy kyselin – mezi aromatické imidy patří především

ftalimid, *imid kyseliny ftalové* $C_6H_4(CO)_2NH$ – se získává reakcí ftalanhydridu s plynným amoniakem při teplotě asi 240°C a za zvýšeného tlaku. Používá se k přípravě primárních aminů (viz. výše), k výrobě kyseliny antranilové, k izolaci a identifikaci aminů nebo kyselin atd.



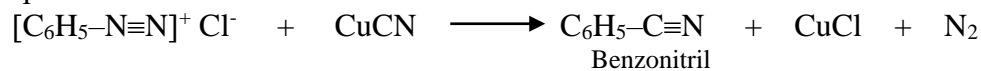
Nitrily aromatických karboxylových kyselin

Charakteristika, příprava i vlastnosti jsou uvedeny u alifatických derivátů.

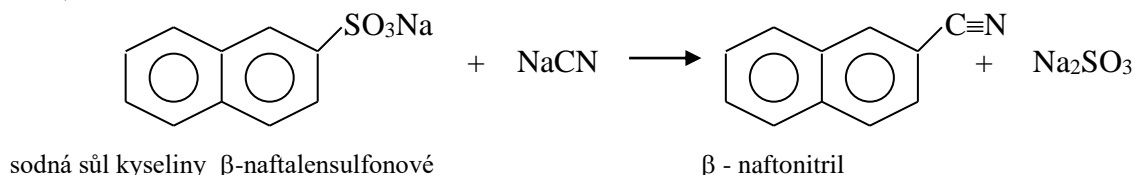
Aromatické nitrily připravujeme

1. a) příslušných diazoniových solí s kyanidem měďným (viz. reakce aminů)
- b) tavením alkalických solí sulfonových kyselin

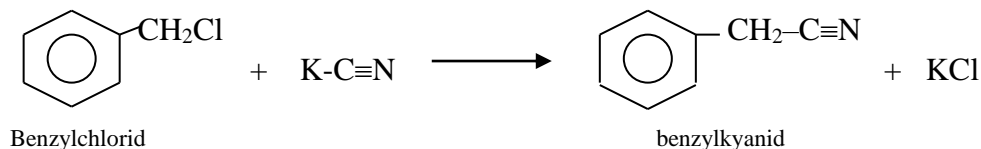
Např.: ad a) příprava benzonitrilu z benzendiazoniumchloridu



ad b)



2. z halogenderivátů reakci s alkalickým kyanidem, např.



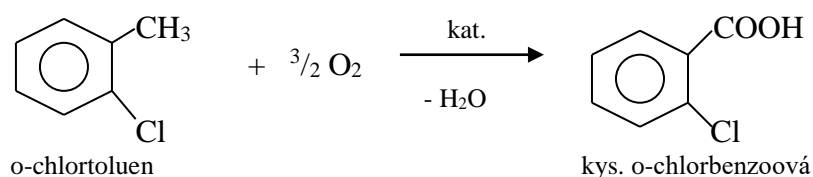
Samotné nitrily nemají větší použití. Mají význam v preparativní organické chemii, jsou často meziprodukty při syntéze primárních aminů redukcí nitrilů nebo karboxylových kyselin, které vznikají hydrolyzou nitrilů.

Substituované aromatické karboxylové kyseliny

Obecně můžeme charakterizovat aromatické substituované kyseliny podobně jako alifatické. Substituent se může vyskytovat buď na aromatickém jádře nebo na postranním řetězci. Častěji se setkáváme s kyselinami substituovanými na benzenovém jádře.

Halogenkyseliny – jsou odvozeny od kyselin substitucí jednoho nebo více atomů vodíků halogenem na aromatickém jádře. Většiny aromatických halogenkyselin se využívá jako výchozích surovin v organické syntéze. Příkladem aromatických halogenkyselin jsou:

2-chlorbenzoová kyselina, o-chlorbenzoová kyselina $C_6H_4Cl-COOH$ – připravuje se z 2-chlortoluenu katalytickou oxidací vzduchem nebo jinými oxidačními činidly (např. $KMnO_4$). Nedá se připravit přímou chlorací kyseliny benzoové (viz. substituční reakce arenů).

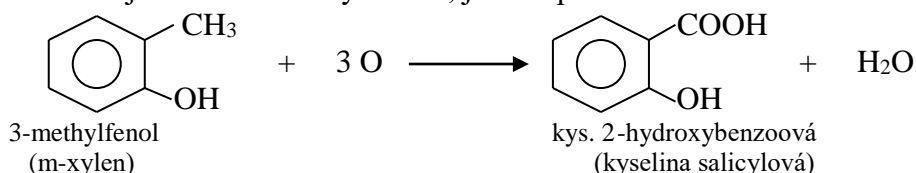


Je to krystalická látka. Používá se k výrobě sacharinu a organických barviv. Podobně vzniká i kyselina **4-chlorbenzoová** oxidací 4-chlortoluenu.

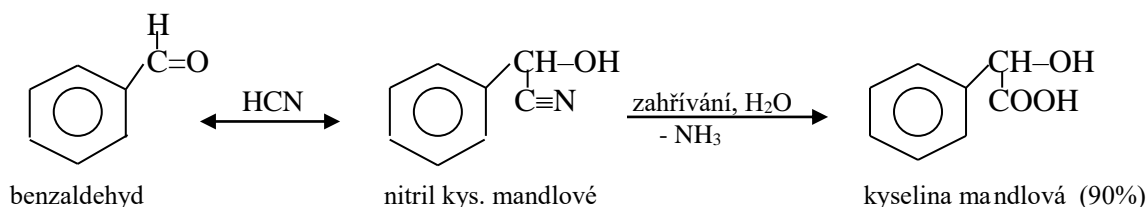
3-chlorbenzoová kyselina, m-chlorbenzoová kyselina $C_6H_4Cl-COOH$ – se dá připravit přímou chlorací kyseliny benzoové za přítomnosti $FeCl_3$. Uplatňuje se v preparativní organické chemii.

Hydroxykyseliny – jsou odvozené od aromatických kyselin. Jejich příprava je složitější než příprava alifatických hydroxykyselin. Z možných metod přípravy jsou to např.:

1. oxidace jednodušších alkylfenolů, jako např. oxidace m-kresolu



2. příprava sodných solí hydroxykarbonových kyselin, z nichž se reakcí se silnější kyselinou (HCl) hydroxykyselina uvolní. Tyto metody jsou složitější, proto konkrétně nejsou uvedeny.
3. kyanhydrinovou syntézou, např. příprava kyseliny mandlové (2-hydroxy-2-fenylctové kyseliny) z benzaldehydu



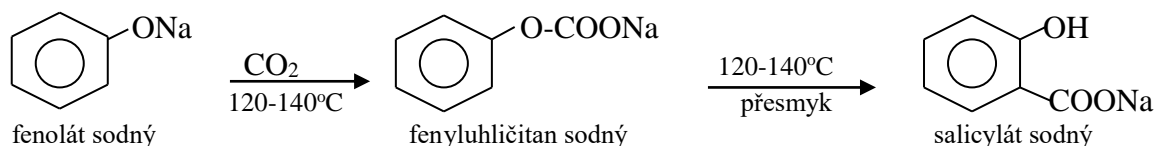
4. Pro mnohé jednotlivé kyseliny se používají specifické metody výroby.

Vlastnosti aromatických kyselin jsou z hlediska obsahu charakteristických funkčních skupin podobné jako u alifatických hydroxykyselin.

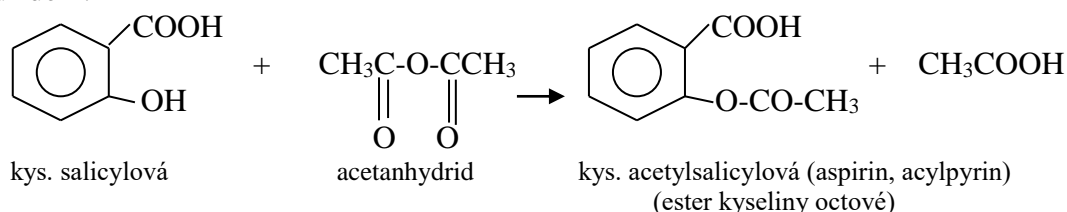
Mezi **nej důležitější představitele** aromatických hydroxykyselin patří:

kyselina salicylová (kys. 2-hydroxybenzoová) $C_6H_4(OH)-COOH$ – vyskytuje se v přírodě, např. v jahodách, malinách nebo v silici tavolníku, kde je obsažená ve formě methylesteru.

Připravuje se z fenolátu sodného reakcí s CO_2 při teplotě asi $90\text{--}140^\circ\text{C}$. Získaný salicylát sodný se pak rozloží na kyselinu reakcí s kyselinou chlorovodíkovou. Proces výroby znázorňuje níže uvedené reakční schéma:

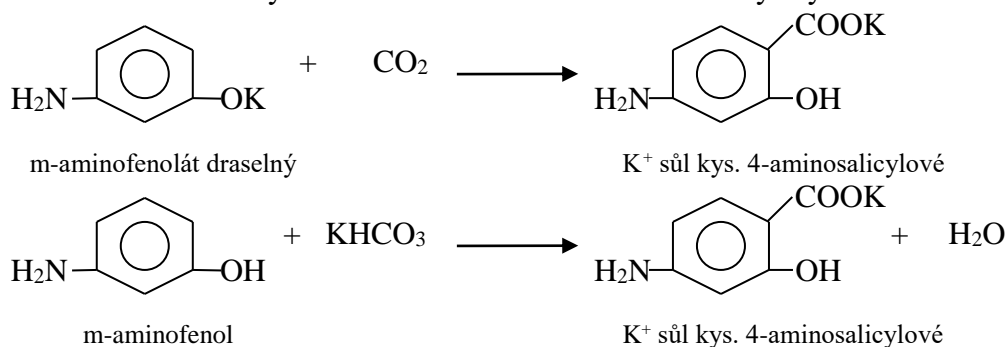


Kyselina salicylová má silné antiseptické (protizánětlivé) účinky, ve větších dávkách škodí zdraví. používá se jako lék proti revmatismu, k výrobě voňavek, barviv a léčiv. Z nich je nejznámější **kyselina acetylsalicylová** známá pod názvem *aspirin* nebo *acylpyrin* a používá se proti horečce. Patří do skupiny nesteroidních protizánětlivých léčiv, je stejně účinná jako kyselina salicylová, avšak méně dráždí žaludeční stěny. Vyrábí se acetylací kyseliny salicylové acetanhydridem.



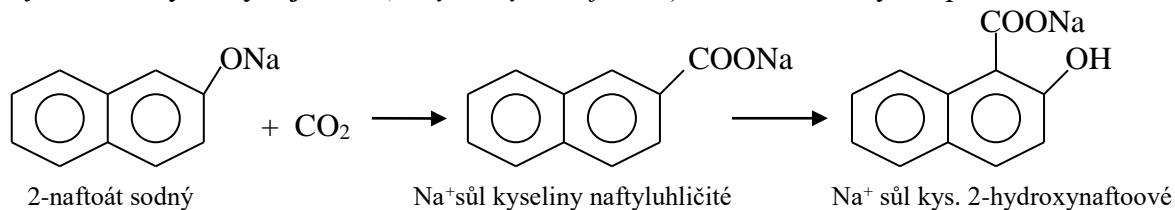
Do stejné skupiny léčiv patří i paracetamol (viz reakce anhydridů s amoniakem).

K derivátům kyseliny salicylové patří rovněž kyselina **4-aminosalicylová** (*4-amino-2-hydroxibenzoová*) má zkrácený název PAS (p - aminosalicilová kyselina). Tato kyselina se ve formě chlorhydrátu používá k léčbě tuberkulózy. Získává se působením CO_2 na m-aminofenolát draselný nebo zahříváním m-aminofenolu s kyselým uhličitanem draselným.

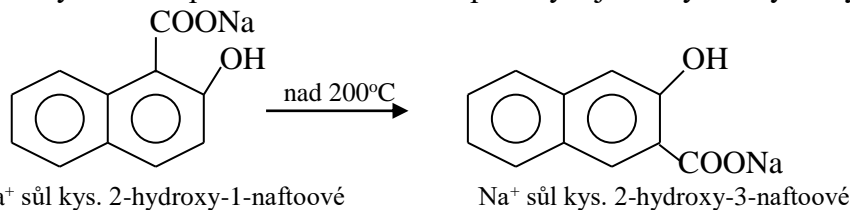


Volná kyselina se dá získat vytěsněním ze soli silnější kyselinou (HCl , H_2SO_4).

kyselina 2-hydroxynaftoová (*2-hydroxy-1-naftoová*) vzniká karboxylací podle rovnice

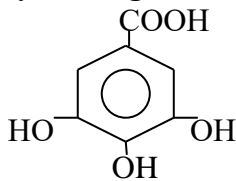


Tato kyselina se při zahřátí nad 200°C přesmykuje na kys. 2-hydroxy-3-naftoovou.



Kyselina 2-hydroxy-3-naftoová se používá k výrobě barviv (na barvení bavlny).

kyselina galová (3,4,5,-trihydroxybenzoová) – vyskytuje se v přírodě v některých COOH tříslovinách (duběnky, čaj, víno). Má trpkou chuť a silné redukční účinky. Při zahřívání se uvolňuje CO₂ a vzniká pyrogallol (benzen-1,2,3-triol). Kyselina galová se používala k výrobě inkoustů, nadále se využívá k výrobě barviv a léčiv (např. v kožním lékařství antiseptikum *dermatol* – chem. zásaditý galát bizmutitý).

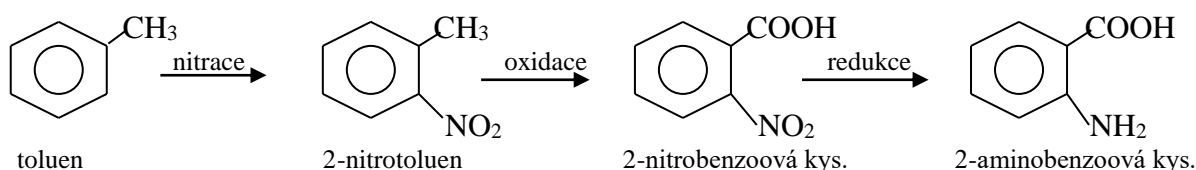


Aminokyseliny

Aromatické aminokyseliny jsou odvozené od aromatických karboxylových kyselin. Vodík je nahrazen aminoskupinou –NH₂ mimo karboxyl. Vlastnosti jsou podobné jako u alifatických aminokyselin.

Příprava aromatických aminokyselin se může uskutečnit např.:

redukci příslušných nitrokyselin, např. příprava kyseliny 2-aminobenzoové vychází z toluenu



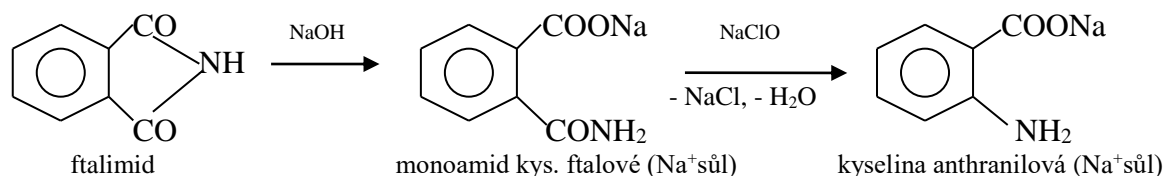
Některé aromatické aminokyseliny se mohou získat hydrolýzou bílkovin (tyrosin, tryptofan, fenylalanin). Pro jiné kyseliny se používají specifické způsoby přípravy (např. kys. anthranilová). K důležitějším aromatickým kyselinám patří:

fenylalanin, zkr. **Phe** (kys. 2-amino-3-fenylpropanová kys.) – vyskytuje se v bílkovinách

tyrosin, zkr. **Tyr** (2-amino-3-(4-hydroxyfenyl)propanová kys.), zkráceně *p*-hydroxyfenylalanin – levotočivá forma je obsažena v bílkovinách (tvaroh, rohovina). Od tyrosinu je odvozen *tyroxin*, aromatická aminokyselina obsahující jod. Je to hormon štítné žlázy, který má vliv na látkovou výměnu a jeho nedostatek způsobuje poruchy v duševním vývoji.

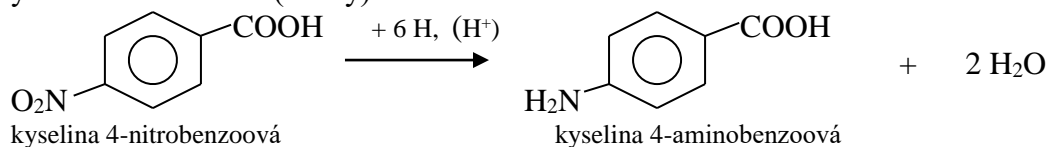
tryptofan, zkr. **Trp** (2-amino-3-(indol-3-yl)propanová kys.) – patří mezi esenciální (nepostradatelné) neutrální aminokyseliny heterocyklické povahy obsažený v bílkovinách. Jeho bakteriálním rozkladem ve střevech vzniká indol (benzopyrrol) a skatol (3-methylindol). Oba jsou obsaženy ve výkalech. Jiný derivát tryptofanu zv. serotonin, vykazuje fyziologické účinky a mj. reguluje krevní tlak. Tryptofan je rovněž prekursorem důležité růstové látky kyseliny 3-indolyloctové (auxin, heteroauxin).

kyselina anthranilová (2-aminobenzoová kys.) – není obsažena v bílkovinách. Získává se odbouráváním ftalimidu za působení chlornanu sodného

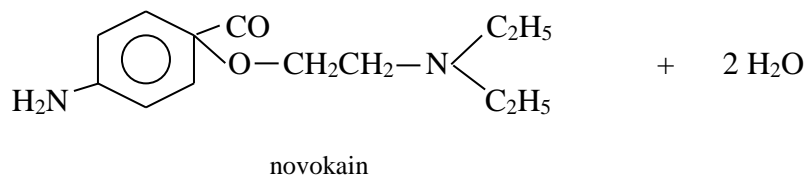


Kyselina anthranilová se používala k výrobě umělého indiga. Dnes se používá k výrobě azobarviv a esterů (výroba voňavek).

kyselina 4-aminobenzoová (*p*-aminobenzoová), zkr. *PABA* – se připravuje redukcí 4-nitrobenzoové kyseliny železem. Používá se jako ochranný prostředek proti slunečnímu záření, k výrobě barviv a léčiv (estery).



Novokain (*N,N*-diethylaminoethylester kys. 4-aminobenzoové) – patří mezi nejdůležitější lokální anestetika. Jeho vzorec lze zapsat $\text{H}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$ nebo přehledněji



Několik poznámek k názvosloví organických sloučenin

/Učební pomůcka pro výuku organické chemie/.

„...Strukturální vzorce jsou konkrétním vyjádřením velmi přesných představ. Nevyžadují komentáře a jsou pro toho, kdo je seznámen s principy řeči vzorců, snadno srozumitelně ve všech detailech, takže je naprosto nepotřebné zopakovat ještě jednou slovy myšlenky, které jsou jimi vyjádřeny. Vyhovují všem požadavkům, které lze mít na řeč chemických vzorců; je totiž účelem řeči vzorců uvést nás do stavu, v němž můžeme na malém prostoru přivést k vyjádření velký počet myšlenek, a to jednoznačným způsobem...“

Friedrich August Kekulé von Stradonitz (1883)

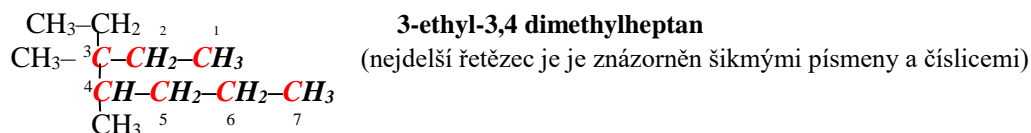
Při tvoření názvů uhlovodíků a funkčních derivátů uhlovodíků je nutno dbát určitých dohodnutých pravidel, vycházejících z návrhů a doporučení *Mezinárodní unie pro čistou a užitou chemii (IUPAC)* a dále upravených názvoslovnou komisí České chemické společnosti.

1. Názvosloví uhlovodíků.

Základem je znát názvy a vzorce uhlovodíků tvořících homologické řady a názvy od nich odvozených *substituentů* - radikálů (pojem radikál je zahrnujeme do jednotného názvu – *substituent*). Pojem radikál je vyhrazen pouze pro částice obsahující nepárový elektron. Ten se ve vzorci obvykle označuje čárkou. Má-li skupina dva volné elektrony označuje se názvem *biradikál*.

Názvy substituentů (radikálů) se v názvu alifatických uhlovodíků řadí v abecedním pořadí. Umístění se zapisuje číslem před názvem radikálu, přičemž se používají nejnižší čísla. Počet vyjadřujeme předponami di-, tri-, tetra-, penta- atd. Základem názvu je název uhlovodíku s nejdelším přímým, tj. nerozvětveným řetězcem.

a) u alkanů, koncovka alkanů je – **an**. Vzorec např.



Je možné používat některých vžitých názvů radikálů jako methyl $\text{CH}_3\text{---}$, ethyl $\text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---}$, methylen – $\text{CH}_2\text{---}$, ethylen – $\text{CH}_2\text{---CH}_2\text{---}$ (příp. etha-1,2-diyl).

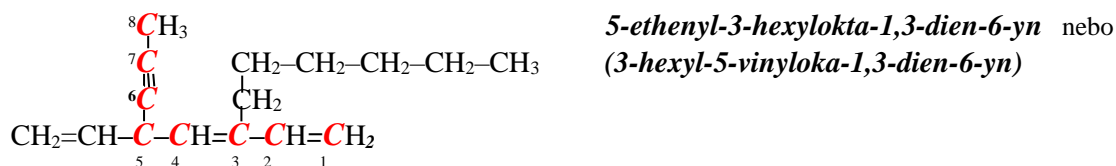
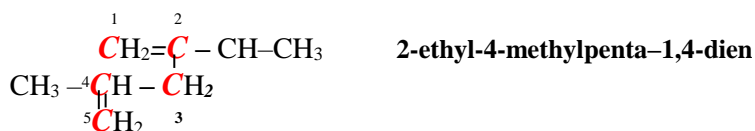
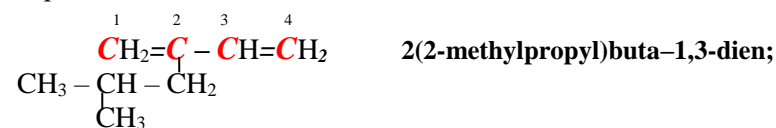
Pozn.: název *ethylen* se nepoužívá pro ethen $\text{CH}_2=\text{CH}_2$.

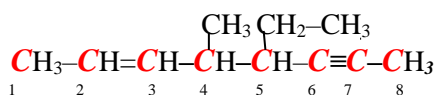
isopropyl $\text{CH}_3\text{---}\color{red}{\text{C}}\text{H---CH}_3$, isobutyl $\text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---}\color{red}{\text{C}}\text{H---CH}_3$,

isopentyl $\text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---}\color{red}{\text{C}}\text{H---CH}_3$, vinyl $\text{CH}_2=\text{CH}\text{---}$, allyl $\text{CH}_2=\text{CH}\text{---CH}_2\text{---}$ a některé další.

b) u alkenů a alkynů - koncovka alkenů je – **en**, koncovka alkynů je – **yn**. Hledá se vždy nejdelší řetězec obsahující co největší počet násobných vazeb. V nerozhodných případech, při stejném počtu násobných vazeb, dvojně vazby mají přednost před trojnými, tj. mají i nižší čísla. Je-li násobná vazba na krajním uhlíku, má tento atom číslo 1.

Např.





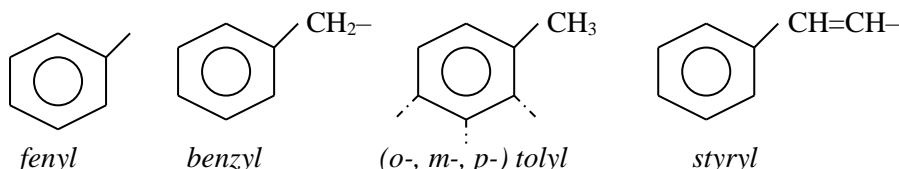
5-ethyl-4-methylokt-2-en-6-yn

(o délce hlavního řetězce rozhoduje počet nenasycených vazeb).

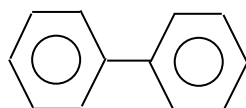
c) u aromatických uhlovodíků – aromatické uhlovodíky mají zpravidla triviální názvy – *benzen*, *toluen*, *naftalen*, *fenanthren*, *antracen*, *gonan* a další. Názvy homologů odvozujeme pomocí radikálů a základního arenu. Např.: *methylbenzen*, *vinylbenzen*, *dimethylbenzen* apod.

Tolerované radikály aromatických uhlovodíků jsou:

od benzenu – *fenyl* C₆H₅–, od toluenu – *benzyl* C₆H₅-CH₂– nebo *tolyl* CH₃-C₆H₄–, od styrenu – *styryl* C₆H₅-CH=CH–

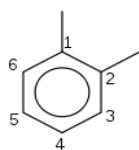


U arenů s izolovanými benzenovými jádry často upouštíme od substitučního názvu a používáme zkrácený název, např. místo *fenylbenzen* použijeme název ***bifenylyl***, místo *fenylnaftalen* použijeme název ***terfenyl*** (předpona **bi-** nikoliv **di-**, **ter-** nikoliv **tri-**, protože se jedná o dva, příp. tři stejné radikály, z nichž je sloučenina složena).

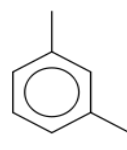


bifenylyl

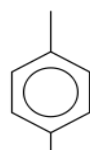
Předponu **di-** použijeme tehdy, když se jedná o dvě stejné částice (např. radikály), které jsou umístěny na jedné základní struktuře, např. *dimethylbenzen*, *dichlorpropan*, *difluordichlorethan* apod.



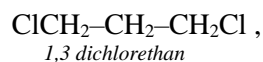
1,2-dimethylbenzene
(xylene)*ortho*-



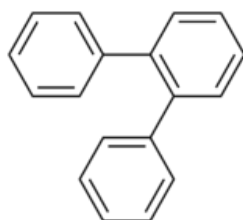
1,3-dimethylbenzene
(xylene)*meta*-



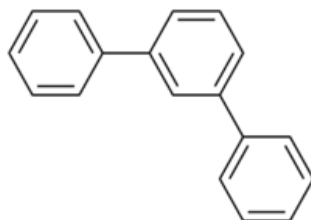
1,4-dimethylbenzene
(xylene)*para*-



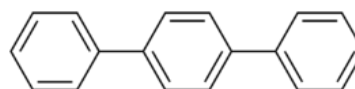
1,1-difluor 2,2-dichlorethan



ortho-terfenyl



meta-terfenyl



para-terfenyl

2. Názvosloví funkčních derivátů

Mezi základní pravidla při tvorbě názvů derivátů uhlovodíků patří důsledné dodržování zásad vycházejících z dohodnutých a stanovených priorit funkčních skupin. Pořadí těchto skupin z hlediska klesající důležitosti a nadřazenosti (priority) udává níže uvedená tabulka. Směrem shora dolů, od kationů až k halogenderivátům klesá priority jednotlivých skupin (sloučenin). Základ s nejnižší prioritou tvoří uhlovodíky.

Tabulka (Označení funkčních skupin v substitučním názvosloví. Pořadí je podle klesající priority)

Název sloučenin	Funkční skupina	předpona	přípona	zакončení
Kationty	(+)	-onio-	-onium, -ium	-
Anionty	(-)		-id, -it, -át	
Karboxylové kyseliny	-COOH	karboxy-	-ová kyselina	-karboxylová kyselina
Sulfonové kyseliny	-SO ₃ H	sulfo-	-	-sulfonová kyselina
Sůl karboxylové kyseliny	-COO ⁻	karboxyláto-	-át	-karboxylát
Estery	-COOR	alkoxykarbonyl-	-át	-karboxylát
Acyhalogenidy	-COX	Halogenkarbonyl-	-oylhalogenid	-karbonylhalogenid
Amidy	-CONH ₂	karbamoyl	-amid	-karboxamid
Nitrily	-CN	-kyan	-nitril	-karbonitril
Aldehydy	-COH	formyl-, oxo-	-al	-karbaldehyd
Ketony	>C=O	oxo-	-on	-
Alkoholy	-OH	hydroxyl-	-ol	-
Thioly	-SH	sulfanyl-	-thiol	-
Aminy	-NH ₂	amino-	-amin	-
Etery	-O-R	alkoxy-	-	-
Sulfidy	-S-R	alkylsulfanyl-	-	-
Sulfoxidy	-SO-R	alkylsulfinyl-	-	-
Sulfony	-SO ₂ -R	alkylsulfonyl-	-	-
Nitrosloučeniny	-NO ₂	nitro-	-	-
Halogenderiváty	-X (F, Cl, Br, I)	halogen-	-	-
Uhlovodík	R-H	-	-an, -en, dien, -yn	-

Silnějším tiskem jsou zvýrazněny důležitější typy sloučenin, jejich názvy, funkční skupiny, předpony, přípony a zakončení.

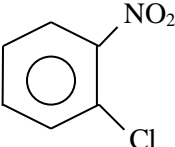
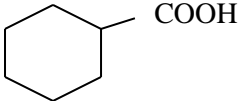
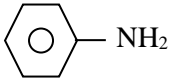
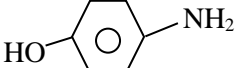
Poznámky:

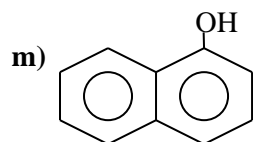
Tabulka vyjadřuje pořadí priorit funkčních skupin v názvech základních organických sloučenin.

Tabulka je uspořádána podle klesající priority funkčních skupin. Je to důležité pro volbu přípony, příp. zakončení. Nejvyšší priority mají **-oniové soli** (např. amoniové soli, sulfoniové soli apod.), nejnižší kromě uhlovodíků halogen- a nitroderiváty. Dále platí, že

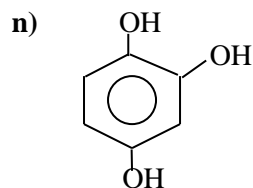
- pro číslování má nejnižší číslo uhlíku (zpravidla 1) vždy ten atom uhlíku, na němž je vázána prioritní (nadřazená) funkční skupina,
- pro určení nejdějšího řetězce je rozhodující číslo uhlíku s prioritní funkční skupinou (č.1) a co největší počet násobných vazeb,
- pro názvy substituentů, uváděných před názvem základní sloučeniny (derivátu), priority neplatí a řadí se podle abecedy,
- pro *halogen- a nitroderiváty uhlovodíků* tvoří základ názvu sloučeniny uhlovodík; obsahuje-li uhlovodík nenasycené vazby – viz 1.b. Umístění substituentů číslujeme tak, aby byla využita co nejmenší čísla a bylo zachováno abecední pořadí substituentů.

Příklady

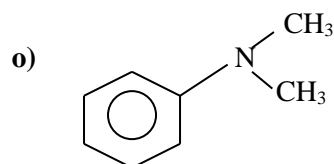
- a)
$$\begin{array}{cccc} & & \text{CH}_3 & \text{Br} \\ & & | & | \\ \text{CH}_3 & - & \text{CH} & - & \text{CH} & - & \text{CH}_3 \\ & 4 & 3 & 2 & 1 \end{array}$$
 Správný název sloučeniny je **2-brom-3-methylbutan**. Protože brom v abecedě před methylem, musí být číslování provedeno tak, aby skupině, která je abecedně dřív (v našem případě brom), bylo přiřazeno nižší číslo. Proto název 3-brom-2-methylbutan by byl nesprávný.
- b)
$$\begin{array}{cccccc} & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 \\ \text{CH}_3 & - & \text{CH}_2 & - & \text{C} & = & \text{C} & - & \text{COOH} \end{array}$$
 Správný název sloučeniny je **pent-2-enová kyselina**; atom v karboxylu musí mít číslo 1.
- c)
$$\begin{array}{ccccccc} & & & \text{OH} & & & 1 \\ & & & | & & & | \\ \text{HOOC} & - & \text{CH}_2 & - & \text{C} & - & \text{CH}_2 & - & \text{COOH} \\ & & & & | & & & & | \\ & & & & \text{COOH} & & & & \end{array}$$
 Název sloučeniny je **2-hydroxypropan-1,2,3-trikarboxylová kyselina**, nikoli 2-hydroxy-1,2,3-trikarboxypropan.
- d)
$$\begin{array}{ccccccc} & & 5 & & 4 & & \\ & & | & & | & & \\ \text{CH}_2 & = & \text{C} & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH}_3 \\ & & | & & | & & \\ \text{OH} & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH} & - & \text{CH}_2 \\ & & & & | & & \\ & & & & \text{CH}_3 & & \end{array}$$
 4-ethyl-2-methylpent-2-ol – základní (nejdelší) řetězec je očíslován.
- e)
$$\begin{array}{ccccccc} & & 4 & & 3 & & 2 & & 1 \\ & & | & & | & & | & & \\ \text{CH}_2 & = & \text{C} & - & \text{CH}_2 & - & \text{COOH} \\ & & | & & | & & | & & \\ \text{OH} & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH} & - & \text{C}^* & - & \text{H}_2 \\ & & & & | & & & & \\ & & & & \text{CH}_3 & & & & \end{array}$$
 3-(3-hydroxy-2-methylpropyl)but-3-enová kyselina.
Hlavní řetězec je určen prioritní karboxylovou skupinou a dvojnou vazbou. Základem názvu je karboxylová kyselina, název substituentů je řazen abecedně. V bočním řetězci je název substituentů řazen abecedně. Rovněž v bočním řetězci je prvním uhlíkem atom C, který je připojen na hlavní řetězec (ozn. *).
- f)
$$\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{-N}^+(\text{CH}_3)_3 \text{Cl}^-$$
 Název sloučeniny je **2-hydroxyethyl(trimethyl)amonium-chlorid; amonium-chlorid** – je prioritá před skupinou –OH (alkoholy).
- g)  Správný název je **p-chlornitrobenzen**, nikoli p-nitrochlorbenzen, protože skup. –NO₂ má přednost před skupinou –X (halogen) ve sloučenině. Skupina –NO₂ je prioritní a je vázána na uhlík č. 1 v benzenovém jádře.
- h)
$$\begin{array}{ccccccc} & & & & & & \\ & & & & & & \\ \text{CH}_3 & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH} & - & \text{CH}_2 & - & \text{COOH} \\ & & & & | & & & & \\ & & & & \text{NH}_2 & & & & \end{array}$$
 je **3-aminopentanová kyselina**, nikoli 1-karboxy-2-aminobutan nebo 1-karboxy-butyl-2-amin, protože karboxylová kyselina má přednost před aminem. Atom C v karboxylu má číslo 1.
- i)
$$\text{HOCH}_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$$
 název je **2-amino-3-hydroxypropanová kyselina (serin)**, skupina COOH (karboxylová kyselina) má prioritu před skupinou –OH (alkoholy) i před aminoskupinou (aminy). V řetězci se skupiny řadí abecedně.
- j)  skupina COOH (karboxylová kyselina) má prioritu před uhlovodíkem, proto název je **cyklohexankarboxylová kyselina** nikoli karboxycyklohexan.
- k)  skupina –NH₂ má přednost před uhlovodíkem, proto název **fenylamin** nebo **benzenamin**, nejčastěji **anilin**, ne však aminobenzen.
- l)  skupina –OH má přednost před skupinou –NH₂, proto název je **4-aminofenol** nikoli 4-hydroxyanilin.



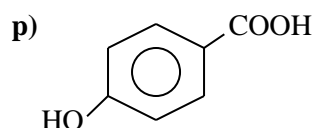
správný název je **naftalen-1-ol** nebo **1-naftol**, příp. ***α*-naftol**, nikoli 1- hydroxynaftalen



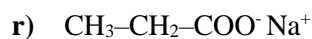
benzen-1,2,4-triol nikoli 1,2,4 trihydroxibenzen (OH skupina – alkohol – je nadřazena uhlovodíku).



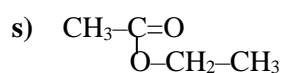
***N,N*-dimethylanilin**, nikoli fenyldimethylamin



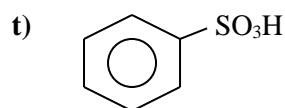
4-hydroxybenzenkarbonová kyselina(nebo 4-hydroxybenzoová kyselina, příp, p-hydroxybenzoová kyselina); ne karboxyfenol ani p-hydroxykarboxybenzen.



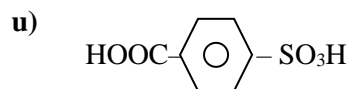
natrium-propanoát (sodná sůl kyseliny propanové)



ethylacetát (ethylester kyseliny octové)



benzensulfonová kyselina, nikoli sulfobenzenová kys.



4-sulfobenzoová kyselina, nikoli karboxybenzensulfonová

Výběr ukázkových sloučenin v příkladech byl proveden náhodně.

Literatura

- Řehoř a kol.: Organická chemie, vydalo státní zemědělské nakladatelství, 1973
- J.Svoboda, R. Kucler: Organická chemie pro 2. roč. SPŠCH, 3. vydání, ASNTL, Praha 1963,
- John McMurry: Organická chemie (překlad z anglického originálu, Sixth Edition, 2004,) vydalo Vysoké učení technické v Brně, nakladatelství VUTIUM, 2007,
- V. Ettl: Organická technologie (díl I. a II.), SNTL, Praha 1955,
- A. Mareček, J. Honza: Chemie pro čtyřletá gymnázia, vydalo Nakladatelství Olomouc 2000,
- K. Andrlík a kol.: Přehled chemie a chemické technologie, II. dílPráce – vydavatelstvo ROH, Praha 1955,
- J. Fikr, J. Kahovec: Názvosloví organické chemie, první vydání 2002, vydalo Rubico, Olomouc
- D. J. Cram, G.S. Hammond: Organická chemie, Academia, nakladatelství ČAV, Praha 1969
- Karel Waisser: Nové české názvosloví organické chemie, učební texty UK v Praze, 2. přepracované vydání, vydala UK v Praze, 2006.
- Jaroslav Fikr, J. Janovec: Názvosloví organické chemie, vydalo Rubiko, Olomouc, 2002.