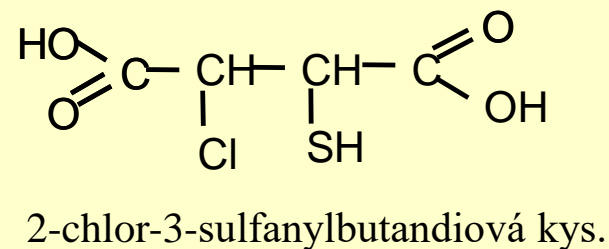
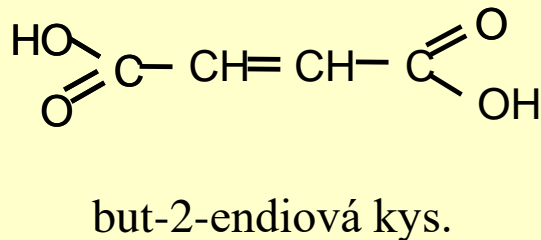
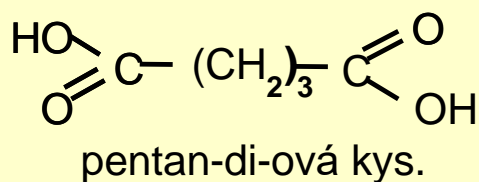
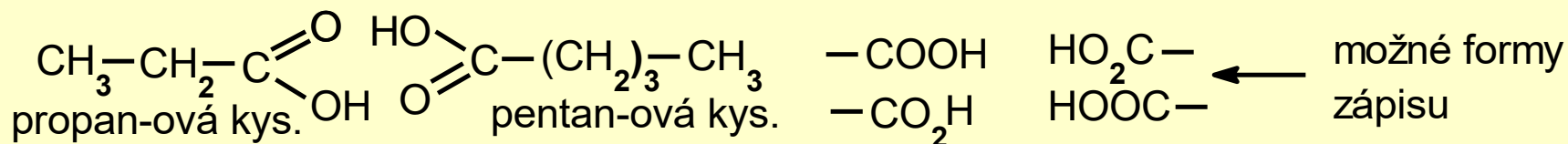


Karboxylové kyseliny a jejich deriváty

Matyáš Orsák

Karboxylové kyseliny

- Karboxylové kyseliny, nesoucí funkční skupinu $-\text{COOH}$ jsou snad nejdéle známou skupinou organických sloučenin.
- zakončení $-\text{ová}$ kyselina (pozor na pořadí těchto dvou slov! ne kys. xxx-ová)



Karboxylové kyseliny

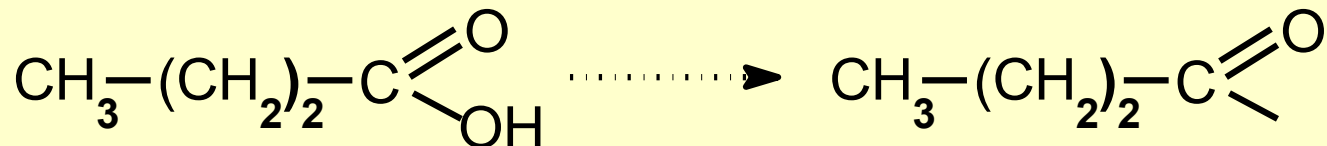
• Zbytek molekuly kyseliny po formálním odejmutí OH skupiny, tedy seskupení R-CO- nese obecný název **acyl** (z acidum a -yl), v konkrétních případech se z názvu kyseliny odejme zakončení -ová a nahradí zakončením -oyl nebo se využije triviálního latinizovaného názvu kyseliny:

butanová kys.

butanoyl-

másečná *a. butyr-icum*

butyryl-



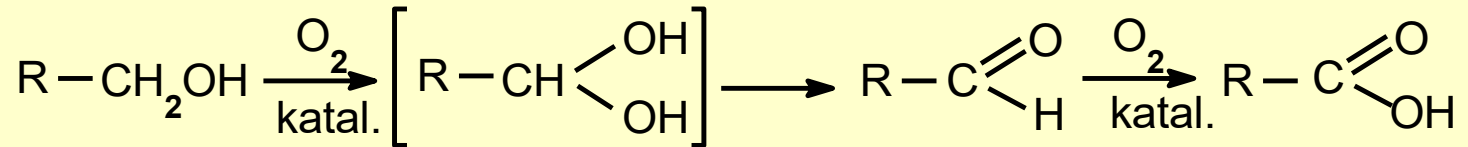
Karboxylové kyseliny

- Výskyt:
 - V přírodě od nejjednodušší mravenčí kys. (jed mravenců, kopřiva), středně dlouhé (v ovoci - citrusy, víno, ...) až po 20-uhlíkaté (lanolin, vosky)
 - Větší výskyt u derivátů – funkčních i substitučních:
 - Amidy, estery, soli; hydroxykyseliny, oxokyseliny

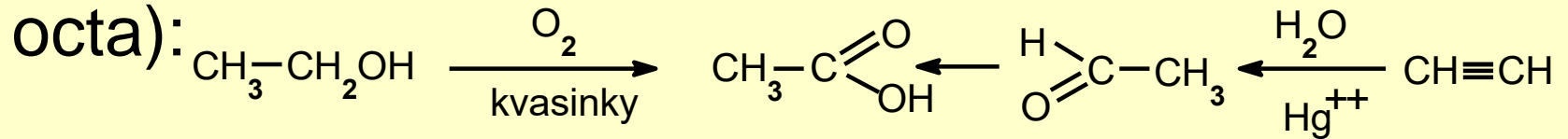
Karboxylové kyseliny

- Umělá příprava kyselin:

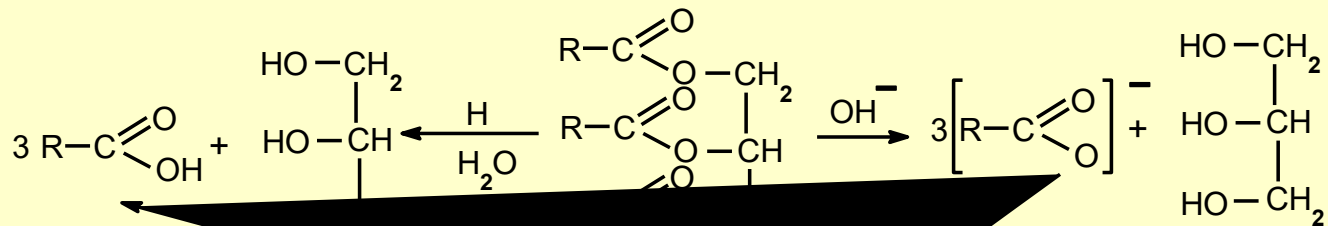
- oxidací alkoholů:



– Katalyticky či kvasinkami – enzymaticky (výroba octa):

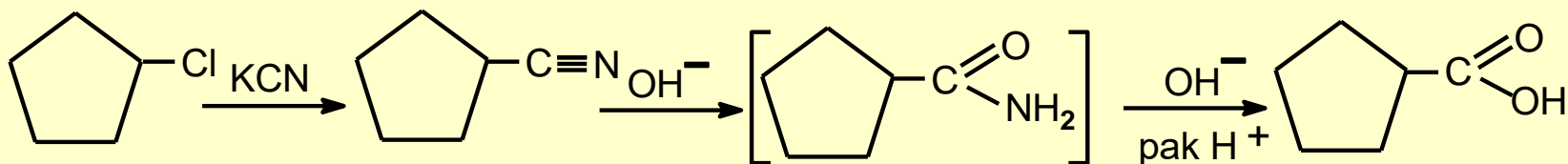


- hydrolýzou z derivátů kyselin, jako jsou estery a amidy (např. kys. hydrolýza lipidů)



Karboxylové kyseliny

3) Hydrolýzou nitrilů:



Nitrily se vyrábí z halogenderivátů a následnou hydrolýzou (nejprve alkalickou, pak kyselou) se získají kyseliny.

Karboxylové kyseliny

- Vlastnosti:

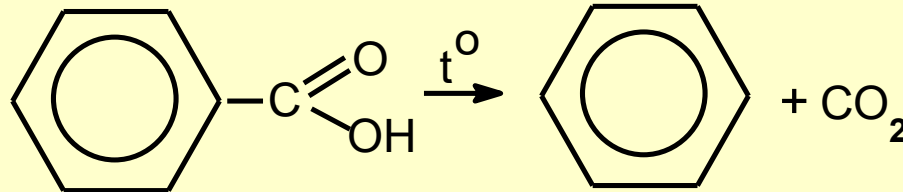
Rozpustnost kyselin ve vodě **klesá se zvyšující se molární hmotností** - při vyšším počtu uhlíků je podíl polárního karboxylu na celkové velikosti molekuly postupně menší.

První kyseliny homologických řad jsou **velmi dobře rozpustné ve vodě** (mravenčí a octová je s vodou mísitelná), kyseliny o 10 a více uhlících jsou ve vodě prakticky **nerozpustné**.

Značně vysoké body varu kyselin jsou způsobeny tím, že molekuly kyseliny se asociují do dvojic díky dvěma vodíkovým můstkům.

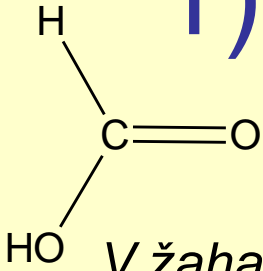
Karboxylové kyseliny

- Velmi důležitou reakcí kyselin je **dekarboxylace** - odštěpení CO_2 z molekuly kyseliny:



- u nesubstituovaných kyselin - neprobíhá samovolně, ale za vyšších teplot
- Substituce elektronegativními substituenty zejména v poloze β dekarboxylaci usnadňuje.
- *všechen oxid uhličitý, který vydechujeme, vzniká dekarboxylačními bioreakcemi některých kyselin v metabolických pochodech organismu.*

1) Mravenčí kys. – methanová (*A. form-icum*):

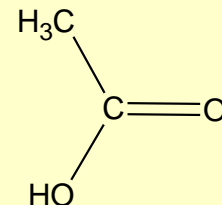


V žahavých chloupkách na listech kopřivy, jed mravenců, používá se jako desinficiens a dříve pro srážení mléka kaučukovníku na surový kaučuk.

- užívá se k výrobě barviv, na odstraňování bradavic, v gumárenském průmyslu a v koželužství k odvápnění kůže, též jako přídatná látka do potravin pod označením **E 236**.
- Používá se také do přípravků na čištění vodního a močového kamene ve WC.
- V laboratoři slouží k přípravě oxidu uhelnatého pomocí kyseliny sírové, která odštěpí z mravenčí kyseliny vodu.
- $\text{HCOOH} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$
- Ve včelařské chovatelské praxi se páry mravenčí kyseliny používají jako účinný prostředek k tlumení varroázy.



2) Octová kys. – ethanová kys. (*Aceticum*):



- Nejstarší známá kys., vzniká kvašením alkoholických roztoků (zvrhávání vína - octovatění), jako 8% roztok – ocet, při kvašení zelí a siláže
- významné rozpouštědlo při přípravě čistých chemických sloučenin; chemická surovina slouží k výrobě vinylacetátu pro přípravu polyvinylacetátu.
- Derivát kyseliny octové, acetanhydrid, je acetylcelulosa, která v minulosti sloužila jak k výrobě syntetických vláken (acetátové hedvábí)
- Je také jednou ze surovin pro výrobu kyseliny acetylsalicylové (Acylpyrin, Aspirin, Anopyrin aj.).
- Octan vápenatý je surovinou pro výrobu acetonu.
- odstraňovače vodního kamene.



Karboxylové kyseliny

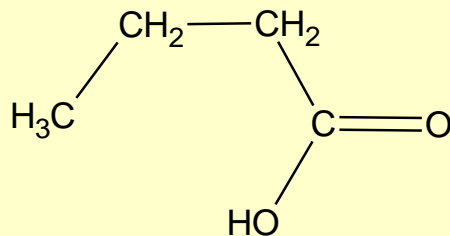


3) Propionová – propanová (*A. propion-icum*)

$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})\text{OH}$ - spolu s octovou v siláži, vzniká jinak při zrání sýrů

4) Máselná – butanová (*A. butyricum*)

- vzniká při kažení siláže, ve žluklém másle – odporný zápach, její estery vonné silice – aroma hruškové



Karboxylové kyseliny

- Přehled alifatických karboxylových kyselin

- monokarboxylové

počet uhlíků	název
• 1	mravenčí
• 2	octová
• 3	propionová
• 4	máselná
• 5	valerová
• 6	kapronová
• 8	kaprylová
• 10	kaprinová
• 12	laurová
• 14	pelargonová
• 16	palmitová
• 18	stearová
• 20	arachová

- dikarboxylové

počet uhlíků	název
2	šřavelová
3	malonová
4	jantarová
5	glutarová
6	adipová
7	pimelová
8	korková
9	azelaová
10	sebaková
nenasycené monokarboxylové	
$C_{18} \Delta 9$	olejová
$C_{18} \Delta 9,12$	linolová
$C_{18} \Delta 9,12,15$	linolenová

Karboxylové kyseliny

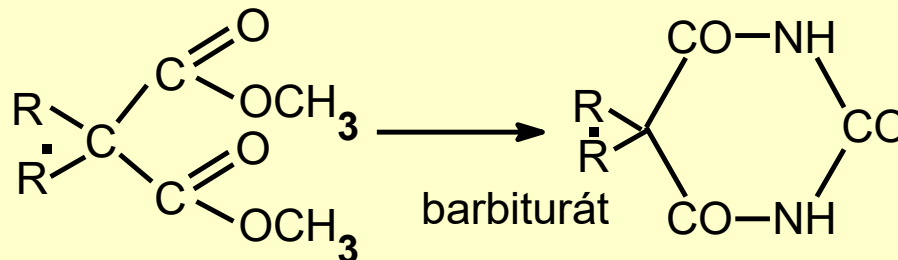
- Z dikarboxylových kyselin:

5) **šťavelová kyselina** – ethandiová (*A. oxalicum*)
obsažená ve formě solí ve šťavelu kyselém



6) **malonová kyselina** – propandiová (*A. malonicum*):

surovina pro výrobu mnoha sloučenin včetně heterocyklických, mezi nimiž jsou velmi zajímavé barbituráty.



Karboxylové kyseliny

- Technicky je významná
- 7) **adipová** (hexandiová) kyselina, surovina pro syntetická vlákna typu Silon
- 8) **tereftalová** (benzen-1,4-dikarboxylová) kyselina, z níž se vyrábí analogie vlny – tesil (terylene).

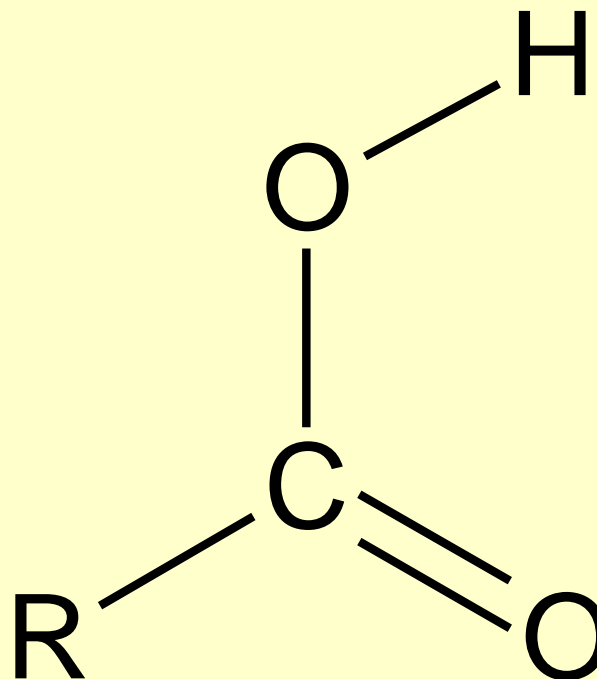
Karboxylové kyseliny

Z ostatních aromatických kyselin:

- 9) **benzoová kyselina** – benzenkarboxylová (A. benzoicum), používaná jako konzervant (hořčice) ale v současné době nahrazovaná jinými látkami.

Funkční deriváty

- Soli
- Estery
- Anhydridy
- Halogenidy kys.
- Amidy
- Nitrily



1. Soli

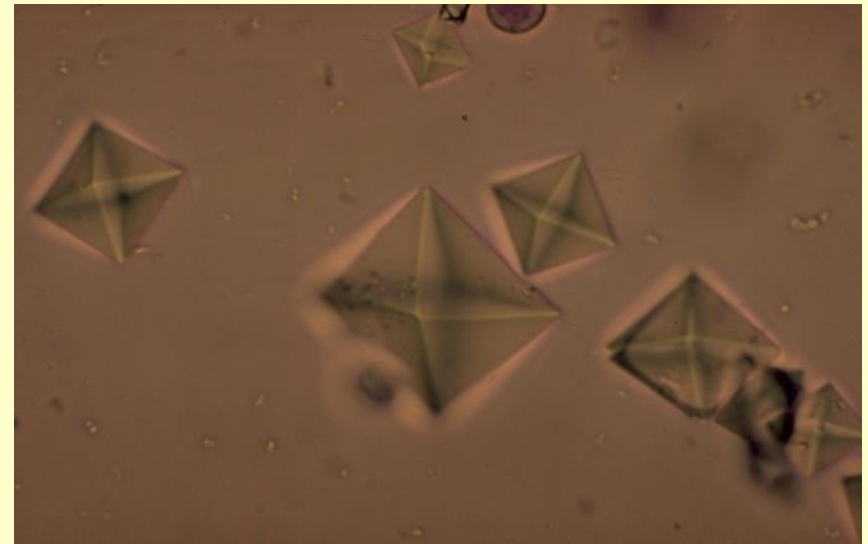
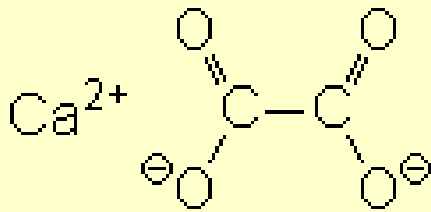
- Vznikají náhradou atomu vodíku atomem kovu. Připravují se reakcí karboxylových kyselin s hydroxidem (popř. uhličitánem příslušného kovu). Sodné a draselné soli vyšších mastných kyselin slouží jako mýdla.
- $\text{R-COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{R-COONa} + \text{H}_2\text{O}$
- **Octan hlinitý** $(\text{CH}_3\text{COO})_3\text{Al}$ se používá v lékařství na otoky.
- **Octan železitý** $(\text{CH}_3\text{COO})_3\text{Fe}$ a octan chromitý $(\text{CH}_3\text{COO})_3\text{Cr}$ se používají k barvení tkanin.
- **Octan sodný** $(\text{CH}_3\text{COO})\text{Na}$ a **octan draselný** $(\text{CH}_3\text{COO})\text{K}$ slouží jako katalyzátory při syntéze organických kyselin z aromatických aldehydů.
- **Benzoan sodný** se používá jako konzervační prostředek.

1. Soli

- „Vinný kámen“ –
hydrogenvinan
draselný

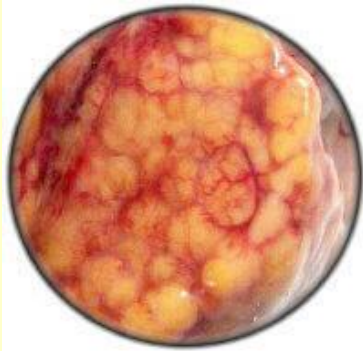


- Šťavelan vápenatý
 - V cibuli
 - „močový písek“



2. Estery

- Odvozují se náhradou skupiny -OH v karboxylové skupině skupinou -OR.
- Jsou většinou kapalné (výjimečně pevné) látky, nerozpustné ve vodě.
- Řada z nich má charakteristickou aromatickou vůni. Mnoho esterů je součástí přírodních esencí, estery vyšších mastných kyselin (palmitové, stearové) a glycerolu jsou součástí tuků a olejů.
- Připravují se esterifikací (reakcí karboxylové kyseliny s alkoholem), v přítomnosti hydroxidů či kyselin podléhají hydrolýze. Mnohé estery se uplatňují v potravinářství a při výrobě voňavek jako vonné a chuťové přísady.
- $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \xrightarrow{-\text{H}^+} \text{CH}_3\text{C}(\text{O})-\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- **Ethyl-acetát (octan ethylnatý)** ($\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$) a **butyl-acetát (octan butylnatý)** ($\text{CH}_3\text{COOCH}_2(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$) slouží jako rozpouštědla.
- **Vinyl-acetát** ($\text{CH}_3\text{COOCH}=\text{CH}_2$) se používá k výrobě **polyvinyl-acetátu** (výroba nátěrových hmot, plastů, lepidel).



Estery



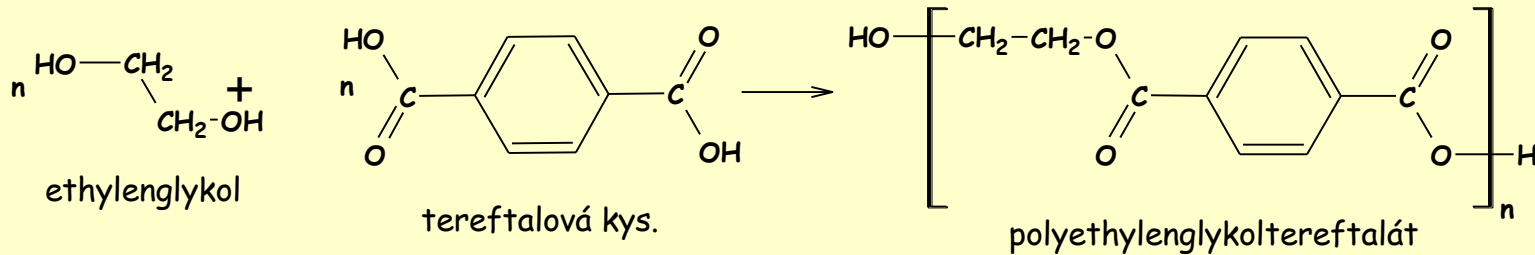
Vznikají esterifikací – reakce mezi alkoholem (fenolem) a kyselinou

- Vonné silice některých rostlin - methyl-salicylát
- Aromata – methyl-formiát, ethyl-butyrát,...
- Parfémy
- Tuky – estery mastných kyselin a glycerolu
- Léky – Aspirin
- Plasty



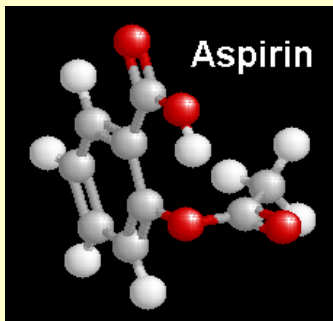
PES - polyestery

- Estery dvojsytných alkoholů s dvojsytnými kys.



- Výroba vláken, jako PAS, filmy, lana, magnetofonové pásky,
- V rozpouštědlech téměř nerozpustné
- *Tesil, Slotera, Terylen, Dacron,*
- *Trevira, Crimplen*





3. Anhydridy



- **Anhydridy karboxylových kyselin** jsou organické sloučeniny, které vznikají spojením dvou skupin COOH karboxylových kyselin za odštěpení molekuly vody.
- V přírodě se nenacházejí
- Anhydridy karboxylových kyselin jsou výborná acylační činidla a proto jako produkty reakcí vznikají nejrůznější deriváty karboxylových kyselin.
- Hydrolýzou získáme původní karboxylové kyseliny.

$$\text{CH}_3\text{-CO-O-CO-CH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{CH}_3\text{-COOH}$$
- Reakcí s hydroxidem připravíme příslušné soli karboxylových kyselin.

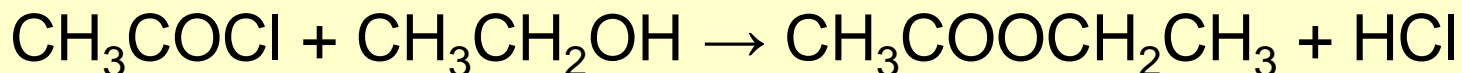
$$\text{CH}_3\text{-CO-O-CO-CH}_3 + 2 \text{KOH} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{-CO-OK} + \text{H}_2\text{O}$$
- S alkoholy reagují za vzniku esteru a karboxylové kyseliny.

$$\text{CH}_3\text{-CO-O-CO-CH}_3 + \text{R}'\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CO-OR}' + \text{CH}_3\text{-COOH}$$
- Reakcí s amoniakem, popř. primárním a sekundárním aminem vzniká amid, popř. substituovaný amid karboxylové kyseliny a karboxylová kyselina.

$$\text{CH}_3\text{-CO-O-CO-CH}_3 + \text{NHR}_1\text{R}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{-CO-NR}_1\text{R}_2 + \text{CH}_3\text{-COOH}$$
- **V průmyslu na výrobu léků – Aspirin**

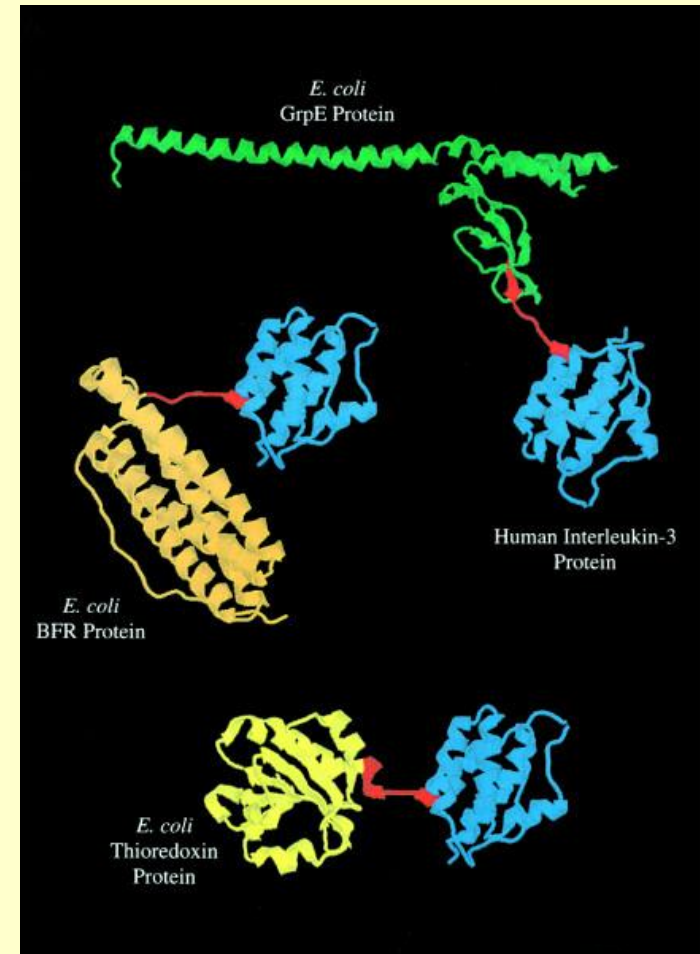
4. Halogenidy kyselin

- Látky nepřírodní, používají se v přípravě dalších f-čních derivátů a v organických syntézách jako acylační činidla sloužící k vnášení acylů do organických sloučenin.
- Odvozují se náhradou skupiny -OH v karboxylové skupině halogenem.
- Jsou to kapalné i krystalické látky, ostře páchnou.
- Jsou velmi reaktivní.
- Nejvýznamnější jsou chloridy
- Příprava: zahříváním chloridu fosforitého s organickými kyselinami. Důležitá je reakce acylhalogenidů s alkoholy za vzniku esteru a halogenvodíku.



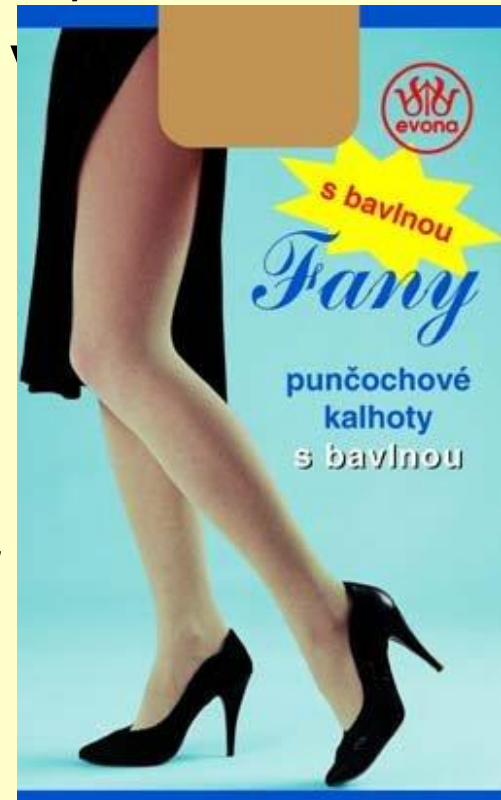
5. Amidy

- Odvozují se náhradou -OH skupiny obsažené v karboxylové skupině aminoskupinou -NH₂.
- Jsou to kapalné nebo krystalické látky, které mají vysokou teplotu tání a varu (což je způsobeno přítomností vodíkových vazeb).
- Připravují se např. termickým rozkladem amonných solí org. kyselin:
$$\text{RCOONH}_4 \rightarrow \text{RCONH}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
- Jsou meziprodukty organických syntéz.
- Výroba umělých vláken – polyamidová vlákna
- Bílkoviny jsou polyamidy



Polyamidy

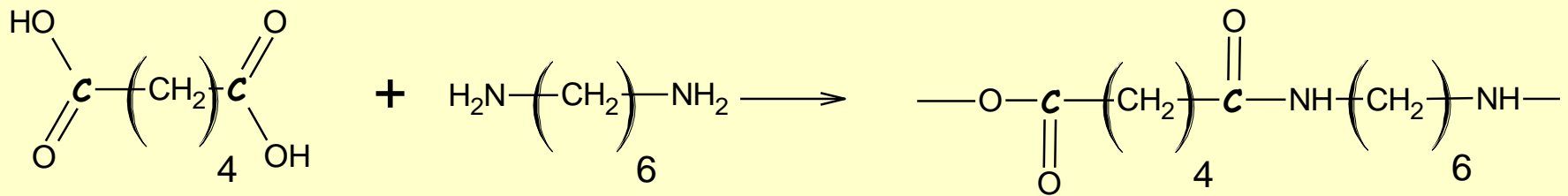
- Výroba punčoch (* USA 1939)
- Silon - je polyamidem, vyráběný v tehdejší ČSSR jako v první zemi (50. léta).
- Používá se jako textilní vlákno v kombinaci s přírodními vlákny.
- Lana, padáky, ozubená kola
- Rozpustné v kys. mravenčí, fenolech a kys. octové
- *Silon, Chemlon, Nylon, Perlon,*
- *Dederon*



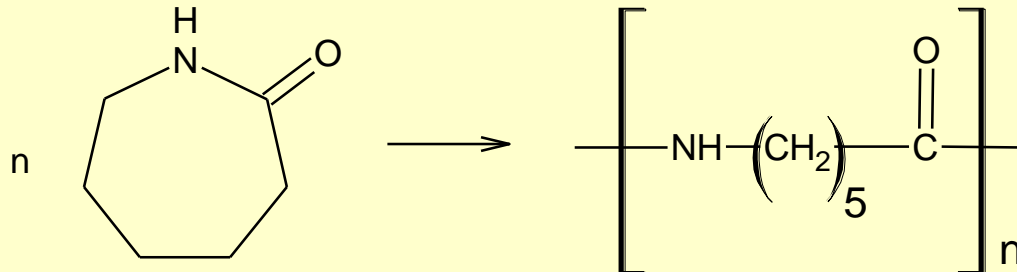
PA – polyamidy

Obsahuje amidové vazby.

První syntetický polyamid – nylon 6.6 (z adipové a z 1,6-hexandiaminu):

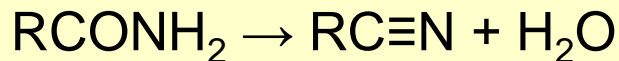


Polyamid 6 (silon) polymerací ϵ -kaprolaktamu



6. Nitrily

- Mají ve svých molekulách funkční skupinu - $C\equiv N$.
- Jsou to jedovaté kapaliny nebo krystalické látky. Vznikají např. dehydratací amidů.

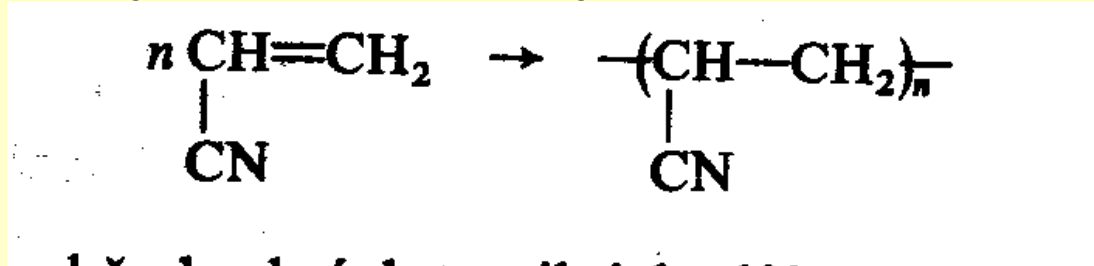


- **Akrylonitril** ($CH_2 = CH - CN$) je průmyslově nejvýznamnější, slouží jako surovina pro výrobu umělých vláken.
- Výroba nitril-kaučuku
- Výroba plastů
- Výroba umělých vláken



PAN - polyakrylonitril

- Polymerací akrylonitrilu:



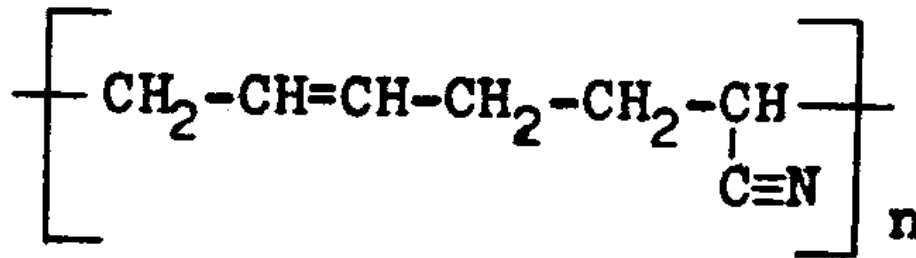
- Výroba umělých vláken. Výroba sklolaminátových vláken – lyže, tyče,
- *Crilan, Crilon, Orlon, Akrilan*



Kaučuky

NBR-*BUNA N* - butadien-acrylonitrilový
(acrylonitrile-butadiene-rubber)

Vyrábí se kopolymerací butadienu a akrylonitrilu. Horší vlastnosti než přírodní kaučuk, méně elastický, ale odolnější olejům a PHM. Použití na hadice, potrubí, hydraulické systémy – těsnění. Je dražší než přírodní kaučuk.

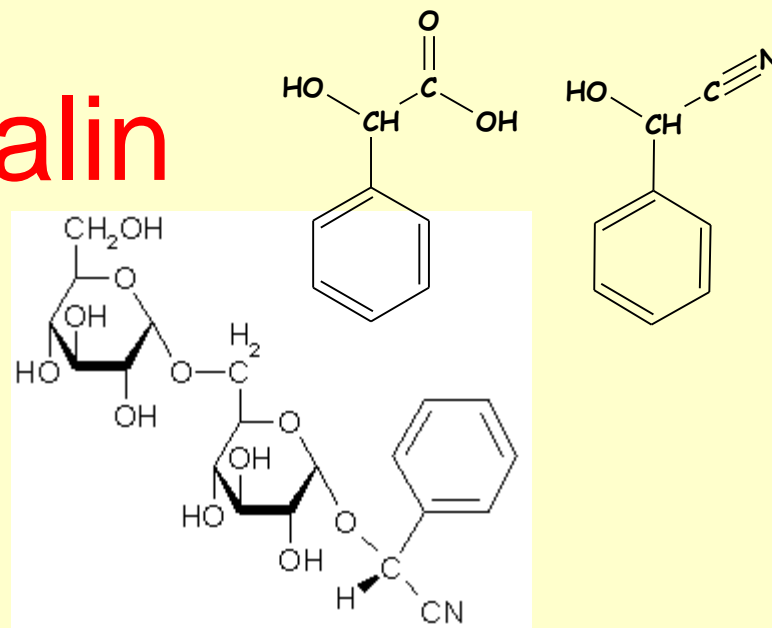


Dipren



Amygdalin

- kyanogenní glykosid (nitril kyseliny b-genciobiosyl-D-mandlové) přítomný v hořkých mandlích a semenech meruněk, broskví, švestek a třešní a v malém množství i v semenech jablek, hrušek a kdoulí.
- Jeho rozkladem vzniká toxický kyanovodík – HCN
- Hořké mandle obsahují kolem 5 % amygdalinu, takže větší počet hořkých mandlí (více než 3 – 5 jader) může znamenat otravu, jako smrtelná dávka se uvádí 10 hořkých mandlí.
- Amygdalin je někdy označován jako laeteryl nebo vitamin B17. Název vitamin B17 se používal vzhledem k některým příznivým účinkům na organismus, ale vitamin to není, protože nebyly zjištěny nepříznivé účinky způsobené nedostatkem této látky.

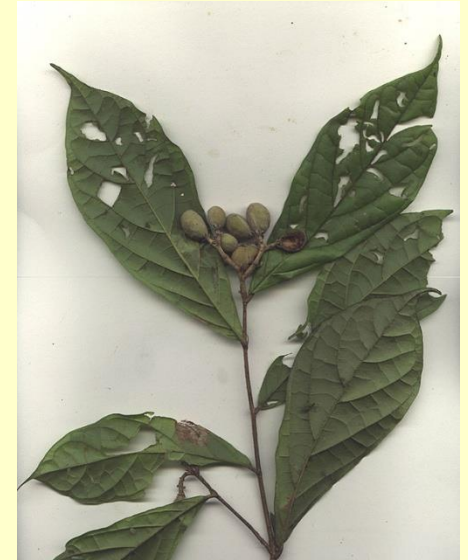


Substituční deriváty kyselin

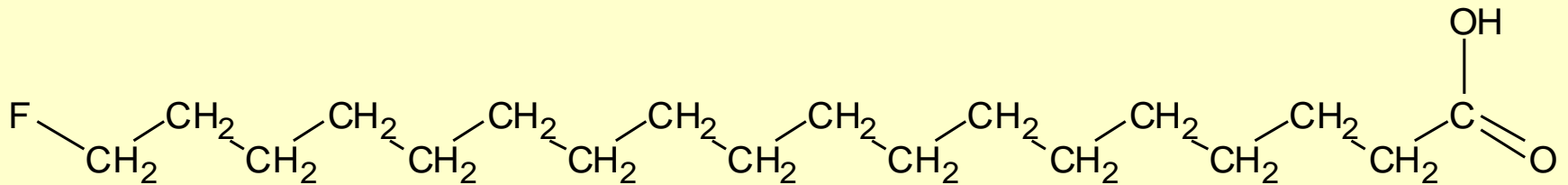
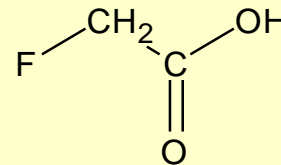
- Halogenkyseliny
- Hydroxykyseliny
- Ketokyseliny
- Aminokyseliny

A. Halogenkyseliny

- obsahují F, Cl, Br, I
- v přírodě se v podstatě nevyskytují
- -cidní účinky
- Špatně se odbourávají



Dichapetalum

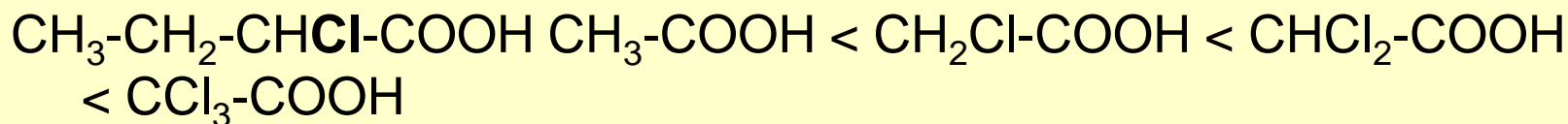
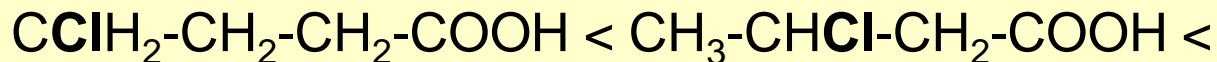


ω -fluorolejová kys.

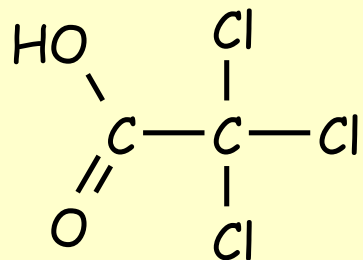
Halogenkyseliny



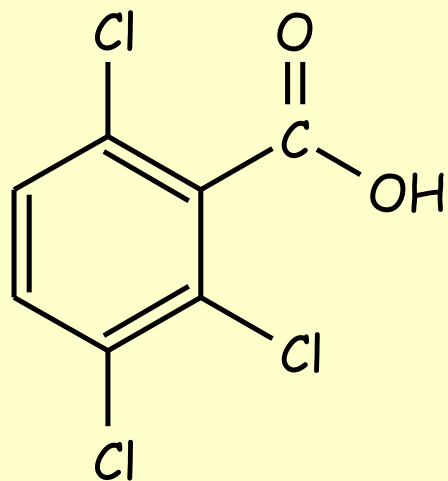
- Toxické pro teplokrevné živočichy (flor-kyseliny)
- Pesticidní účinky (s chlorem)
- Příprava derivátů kys., průmyslová výroba, pesticidy
- Většinou krystalické látky dobře rozpustné ve vodě nebo v lihu.
- Mají leptavé účinky, jsou velmi reaktivní.
- Síla halogenkarboxylových kyselin je vzhledem k zápornému indukčnímu efektu halogenů větší než výchozích kyselin.
- Vliv substituentu se stoupající vzdáleností od karboxylové skupiny klesá.
- Síla roste se zvyšujícím se počtem navázaných halogenů.



Halogenkyseliny



Sůl trichloroctové kyseliny - herbicid proti pýru



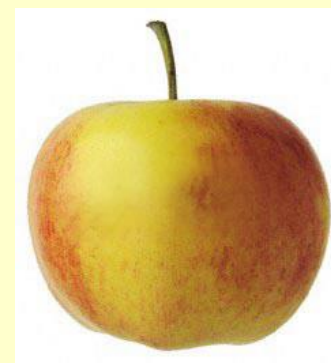
2,3,6-trichlorbenzoová kyselina - jedna z častých složek herbicidů



B. Hydroxykyseliny



- Většinou se jedná o pevné krystalické látky dobře rozpustné ve vodě a některých organických rozpouštědlech.
- Částečná oxidace řetězce kyseliny
- Chování jako alkohol (fenol) a kyselina:
 - tvoří laktony (intramolekulární estery) nebo laktidy
- Často jako meziprodukty metabolismu
- V přírodě se často vyskytují
- Často opticky aktivní (D- a L- formy)
- Dobře rozpustné (s kratším řetězcem)
- Obsahují v řetězci -OH skupinu

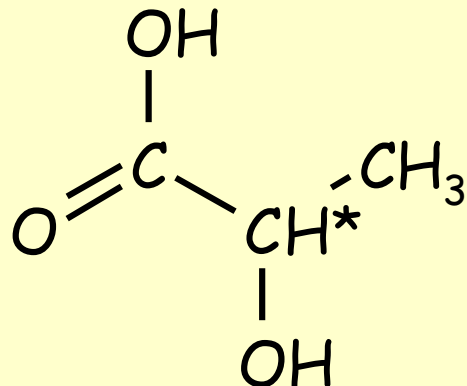


Hydroxykyseliny

- **Mléčná kyselina (*A. lacticum*)**

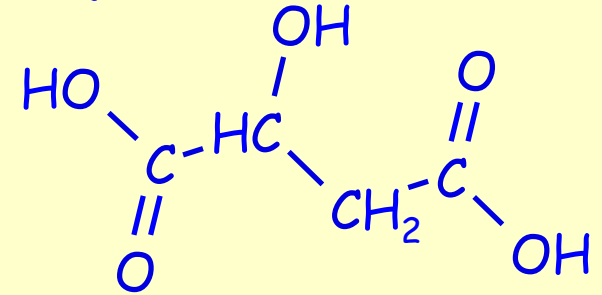
D- a L-forma,

- Přeměna sacharidů (*Lactobacillus* spp.) = mléčné kvašení
- Anaerobní odbourávání glukosy ve svalech
- Siláž, kvašené zelí, okurky, zelenina

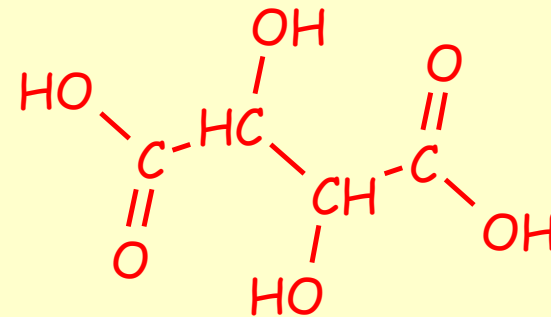


Hydroxykyseliny

- Jablečná (*A. malicum*)
v ovoci (jablka, hrušky)

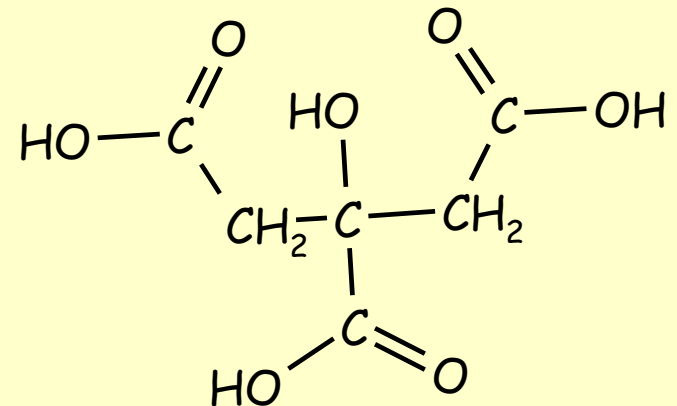


- Vinná (*A. tartaricum*)
v ovoci (réva)



- Citronová (*A. citricum*)
v ovoci (citrusy)

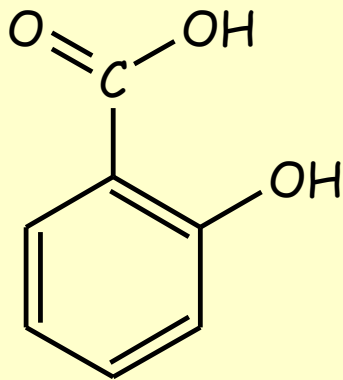
Všechny jsou významnými meziprodukty
Krebsova (citrátového) cyklu



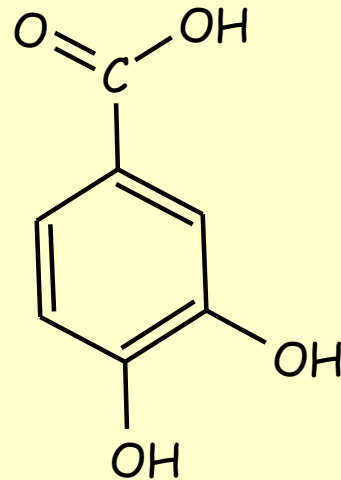
Hydroxykyseliny - fenolické

- mají -OH na benzenovém jádře

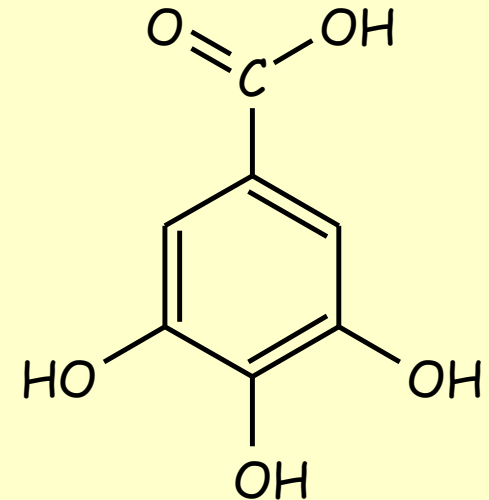
Od benzoové kyseliny:



salicylová kys.
(A. salicylicum)



protokatechová kys.
(A. protocatechicum)



gallová kyselina
(A. gallicum)



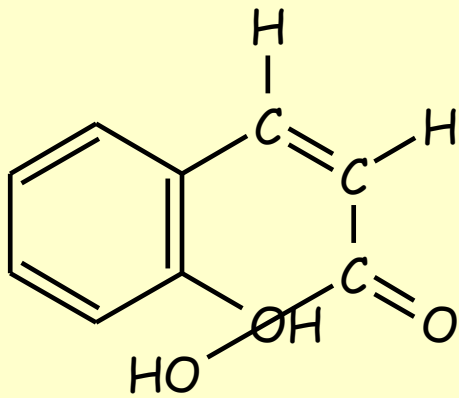
Protokatechová kyselina



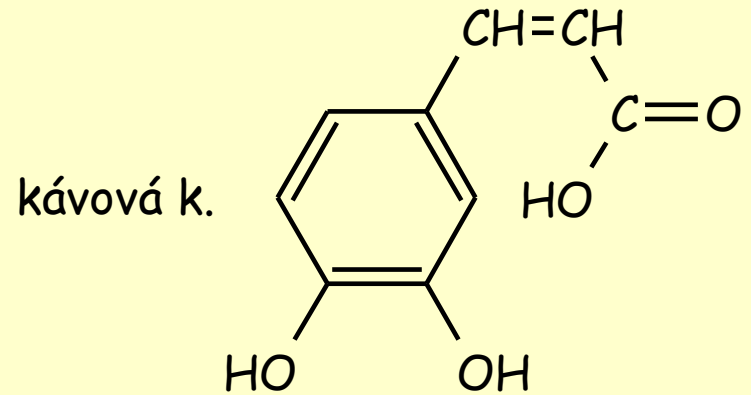
Salicylová kyselina

Hydroxykyseliny - fenolické

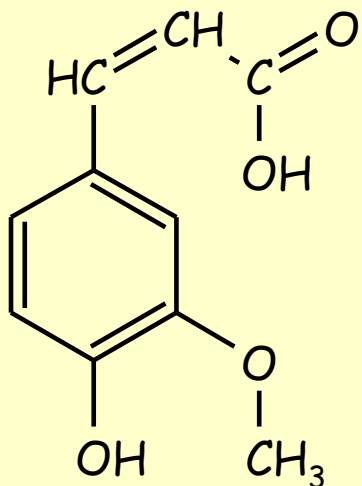
Od skořicové kyseliny



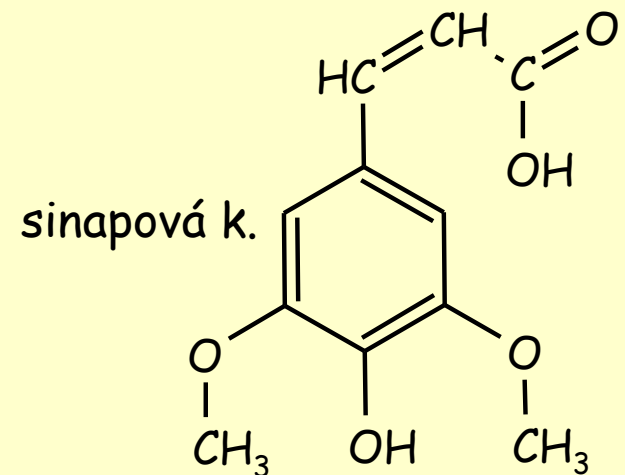
o-kumarová k.



kávoá k.



ferulová k.



sinapová k.

Hydroxykyseliny

Podléhají celé řadě reakcí - nejdůležitější jsou

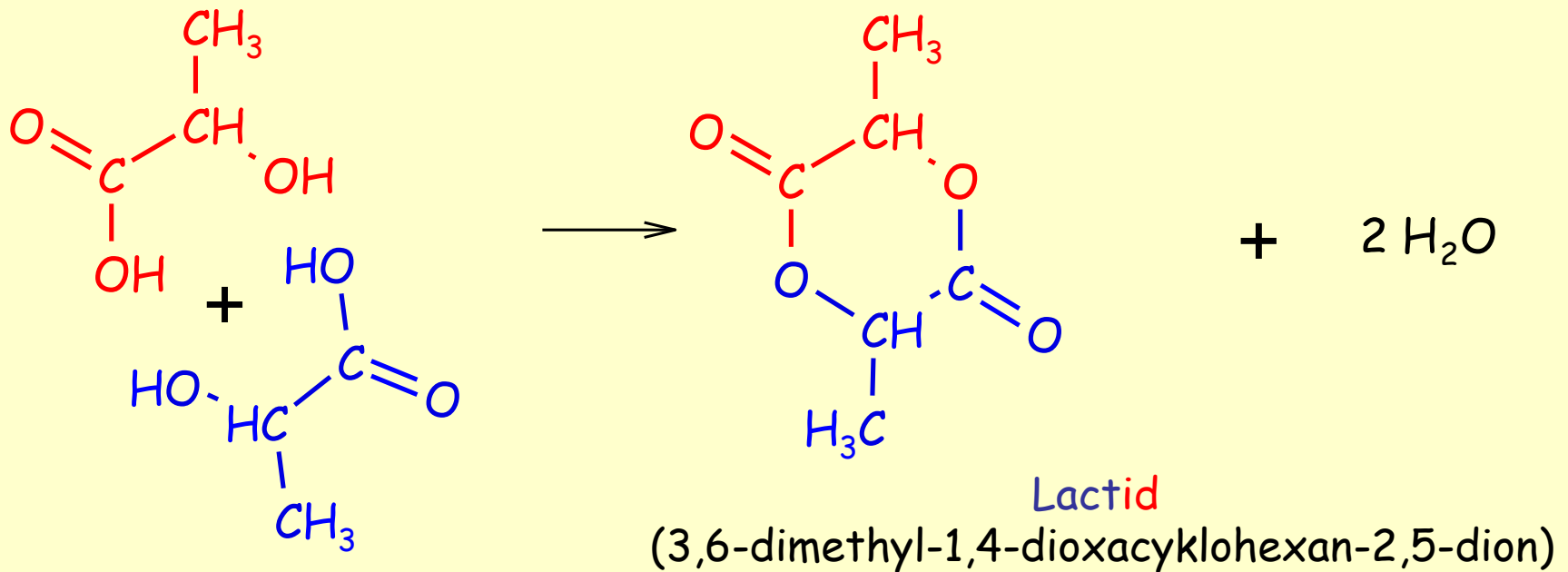
Oxidace => oxokyseliny

Redukce => karboxylové kys.

Dehydratace => různé produkty, dle polohy -OH skupiny

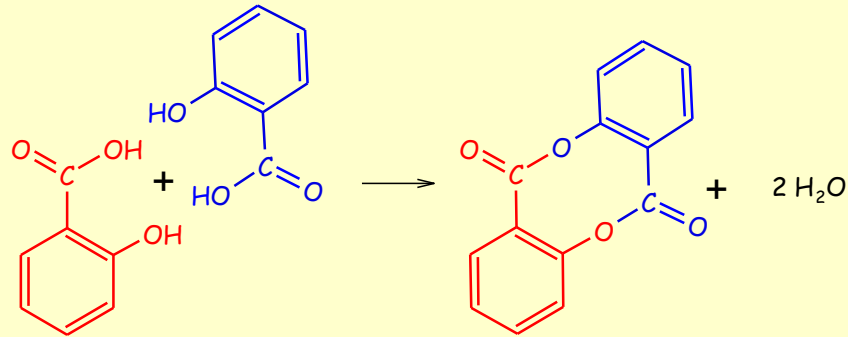
Hydroxykyseliny - jejich dehydratace

- α -hydroxykyseliny » laktid
 - Názvosloví: jako heterocyklus (vyjimka !)
 - Základ triviálního názvu + koncovka **-id**



mléčná kyselina
(*A. lacticum*)

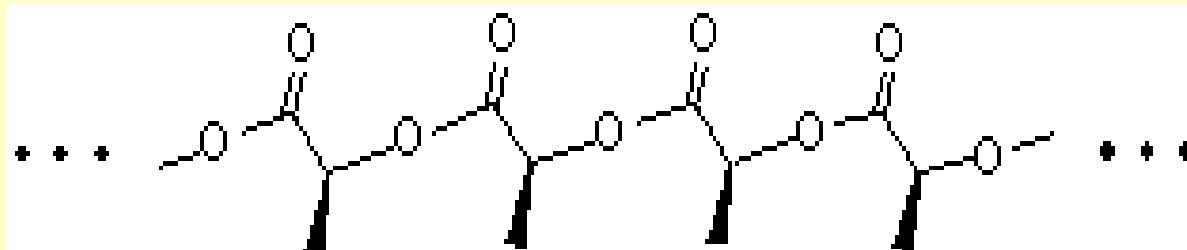
Laktid salicylové kyseliny



salicylová kyselina
(*A. salicylicum*)

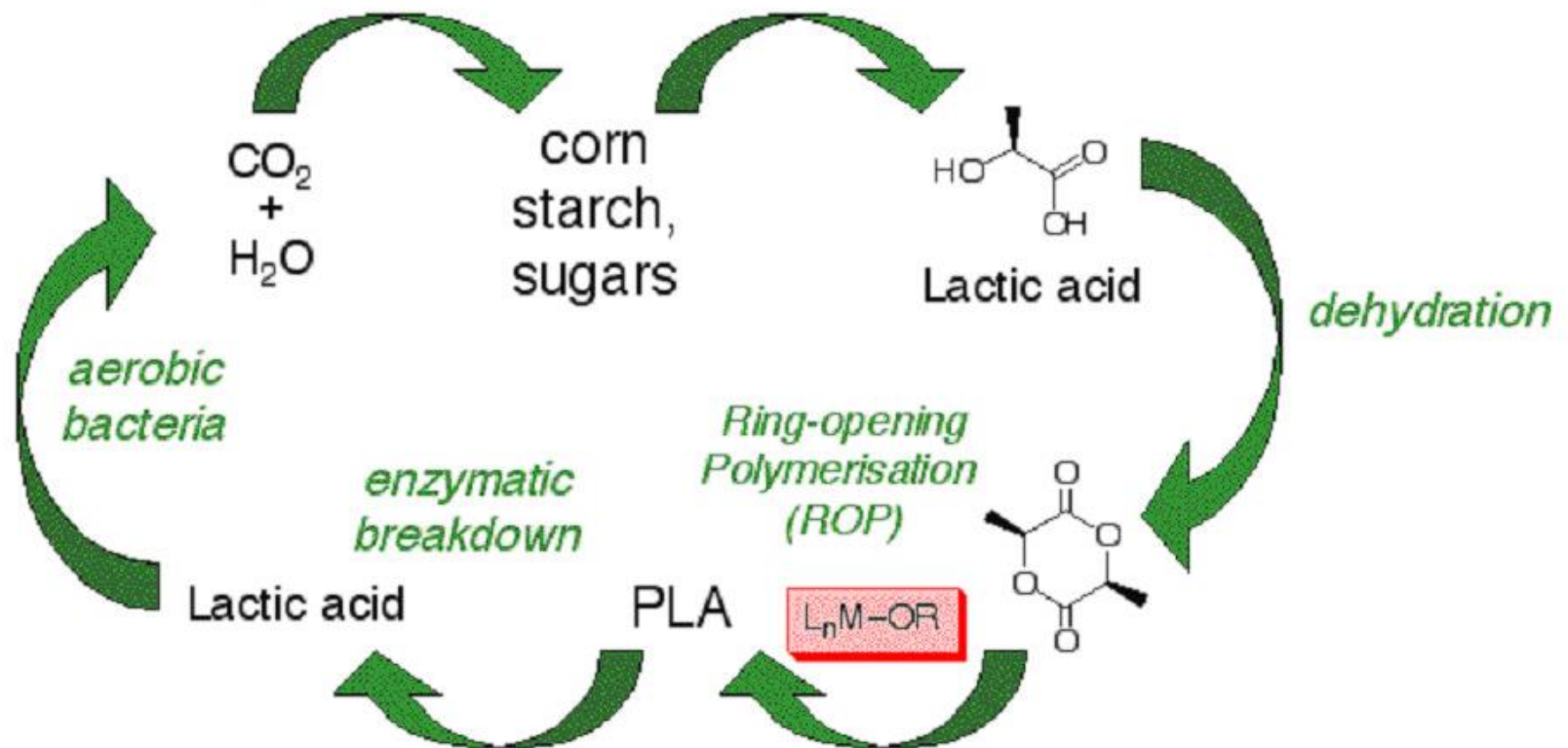
salicylid

Laktidy - PLA



photosynthesis

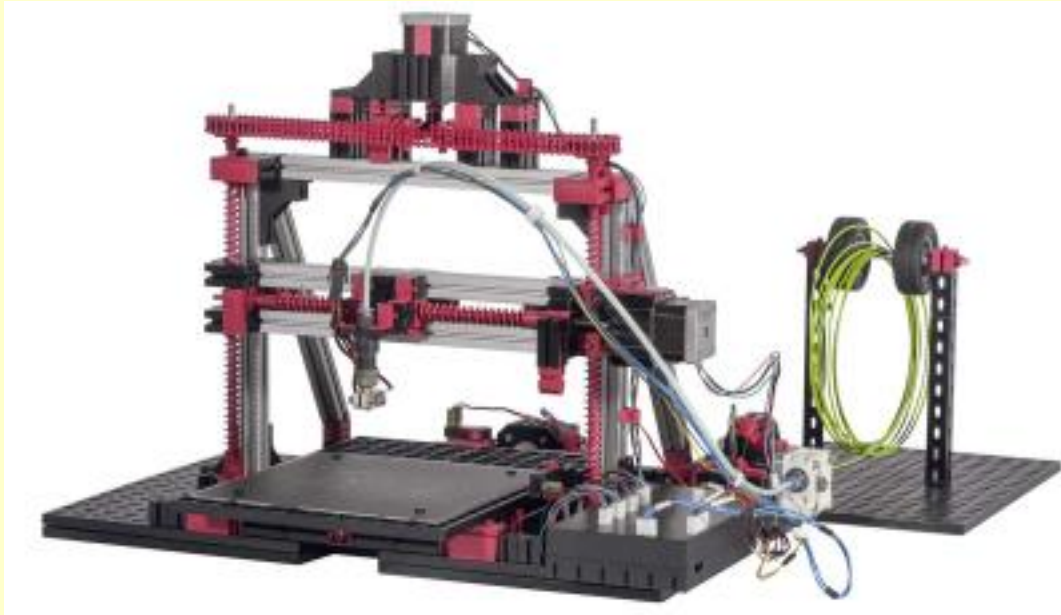
fermentation



Polylaktidy

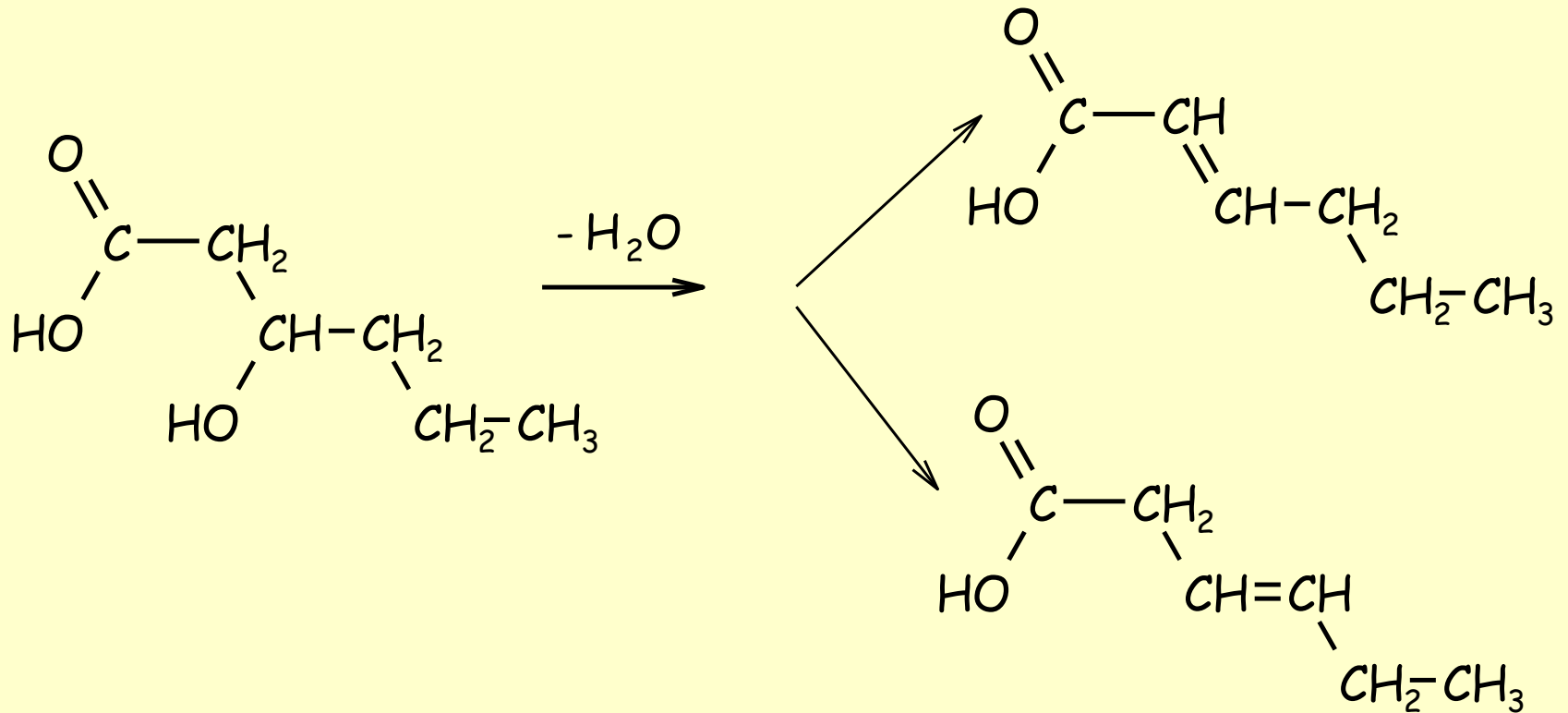
- Výroba snadno odbouratelných plastů - PLA (folie, čajové sáčky, obaly,...)
- Výroba obalových materiálů
- Výplně polštářů
- Vycpávkové a protinárázové výplně
- Mulčovací folie, opora rostlin do zemědělství, štítky
- PLA lahve - nelze použít na sycené nápoje s CO_2 (rozložitelnost cca 3 měsíce, cena skoro stejná jako u PET)

Polylaktidy



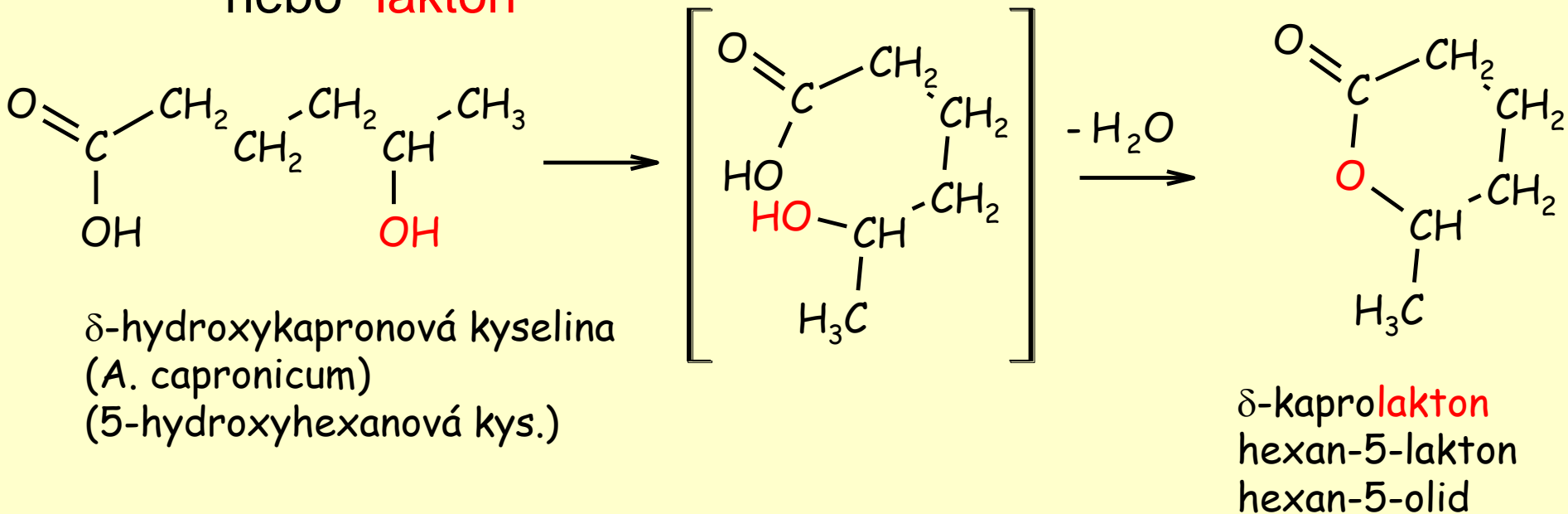
Hydroxykyseliny

- β -hydroxykyseliny » nenasycené kyseliny:



Hydroxykyseliny

- γ -hydroxykyseliny \gg lakton:
 - název z triviálního názvu + koncovka **-lakton**
 - nebo z systematického názvu s koncovkou **-olid** a nebo **-lakton**



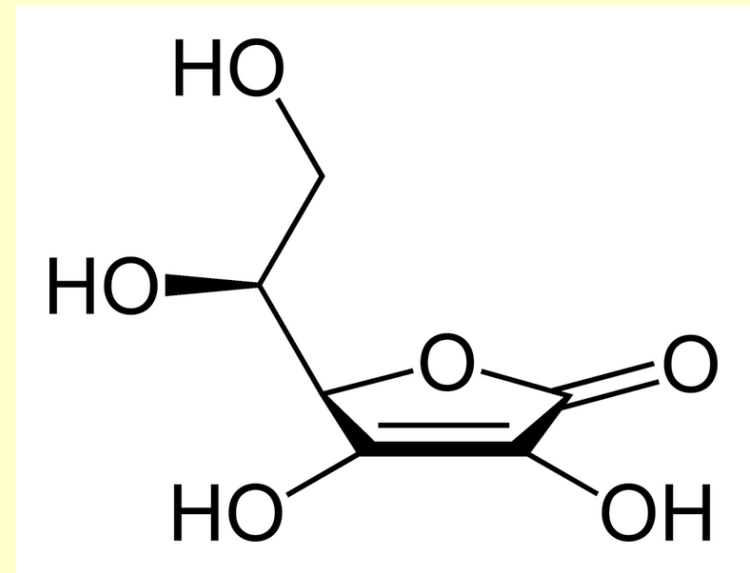
Laktony

Kyselina L-askorbová

Jeho přesný chemický název je **kyselina L-askorbová** neboli L-enantiomer (optický izomer, optický antipod) kyseliny askorbové, její sumární vzorec je $C_6H_8O_6$.

Chemicky byl vitamín C poprvé izolován v roce 1928 maďarským biochemikem, laureátem Nobelovy ceny za fyziologii a lékařství z roku 1937 Albertem Szent-Györgyim, tehdy pod názvem kyselina hexuronická. O čtyři roky později, v dubnu 1942, Charles Glen King z Pittsburské univerzity dokázal, že se jedná o stejnou chemickou látku, která je obsažena například v ovoci a zabraňuje kurdějím (nezávisle na něm a přibližně ve stejné době k tomuto objevu dospěl i Albert Szent-Györgyi). Sir Walter Norman Haworth z Birminghamské univerzity, držitel Nobelovy ceny za chemii z roku 1937, dokázal jako první vypracovat přesnou chemickou strukturu vitamínu C a vyrobit ho syntetickou cestou.

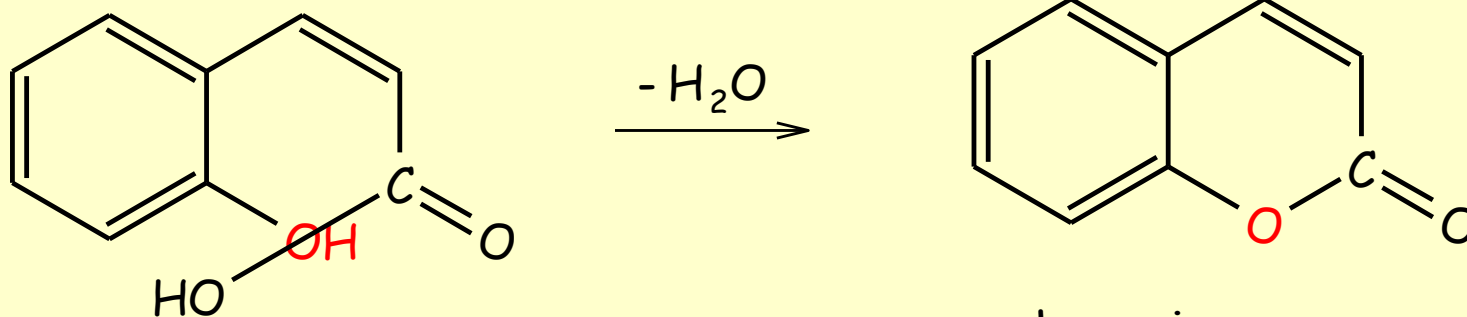
dehydrolakton L-gulonové kyseliny



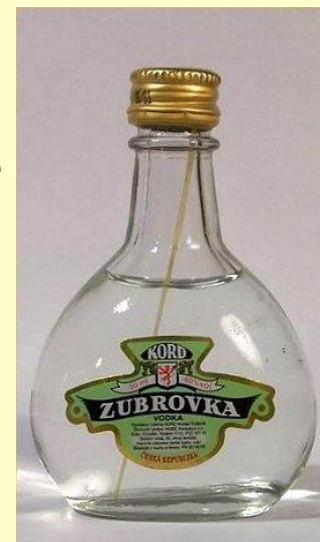
slabá dvojsytná kyselina

Laktony

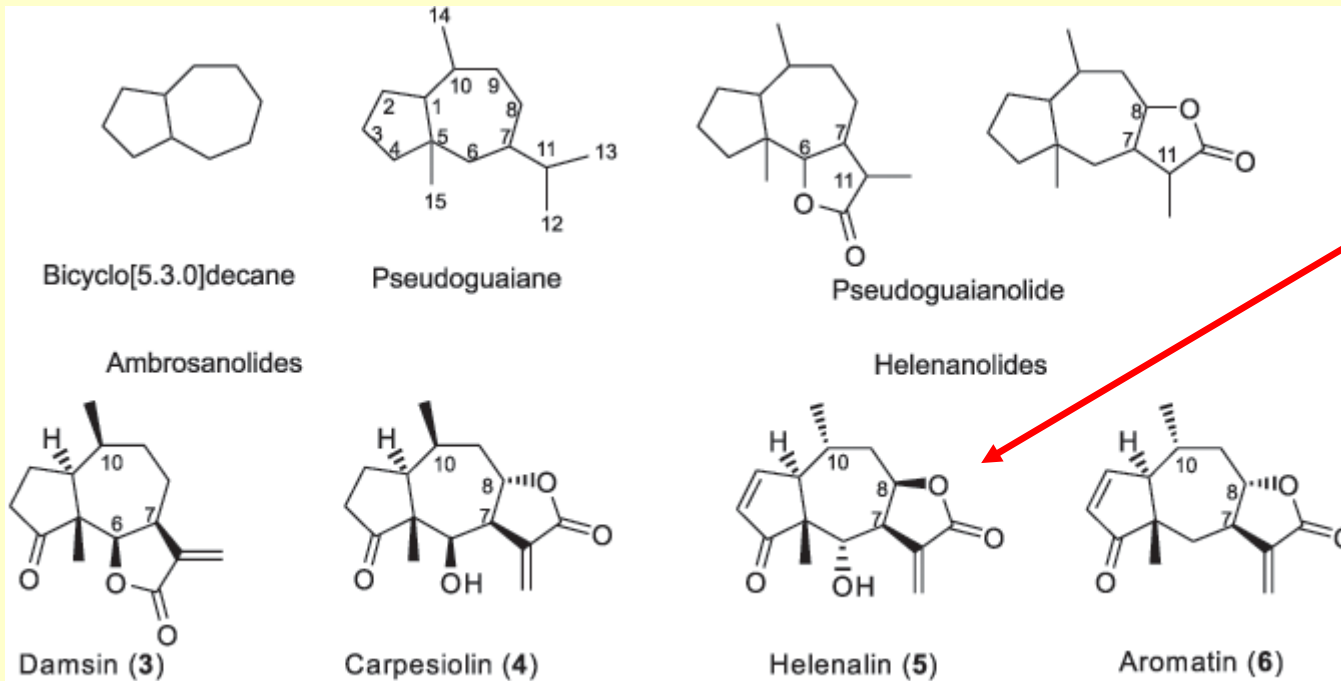
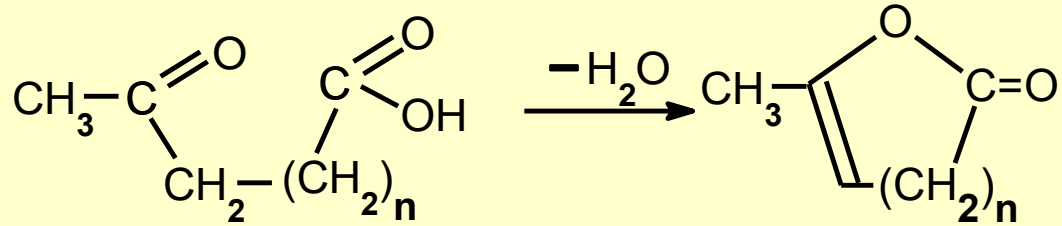
- Významné látky rostlin - vznik kumarinů



- Kumariny - vonné a ochranné látky rostlin (tomka vonná, komonice lékařská, ...)
 - snižují srážlivost krve (blokuje vitamin K) - warfarin
 - rodenticid - jed na krysy a potkany
 - „vůně“ sena, Zubrovka



Laktony

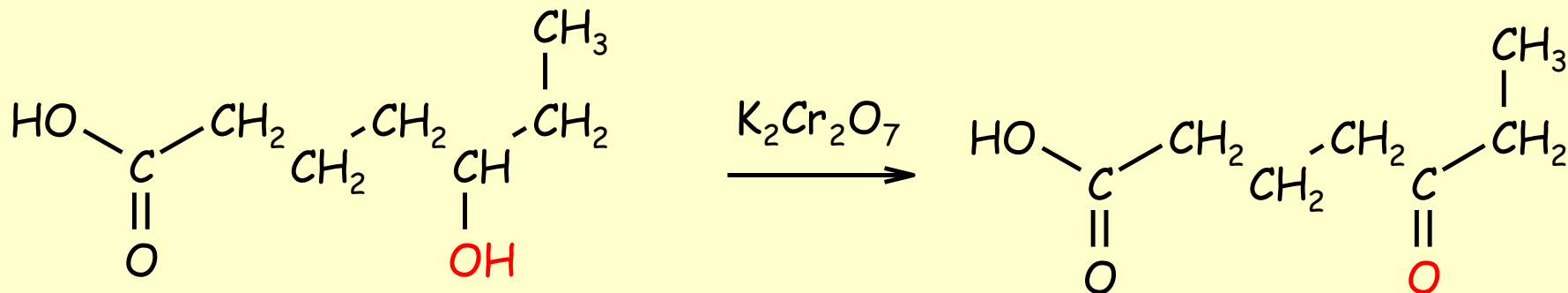


Arnika horská

Figure 2. Pseudoguaianolides.

3. Ketokyseliny (oxokyseliny)

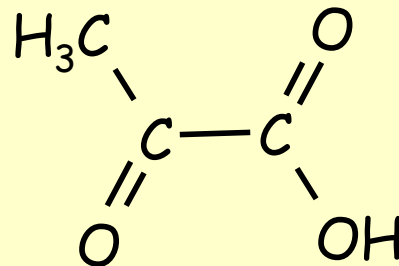
- Významné chemické sločeniny - výchozí suroviny pro celou řadu látek
- Další stupeň oxidace uhlíkatého řetězce
 - Aldo- kyseliny jsou nestálé, bez významu
 - Keto- stálé a významnější
 - Chinoidní kys. - bez většího významu
- Příprava - oxidací hydroxykyselin:



Ketokyseliny

Pyrohroznová (A. pyruvicum)

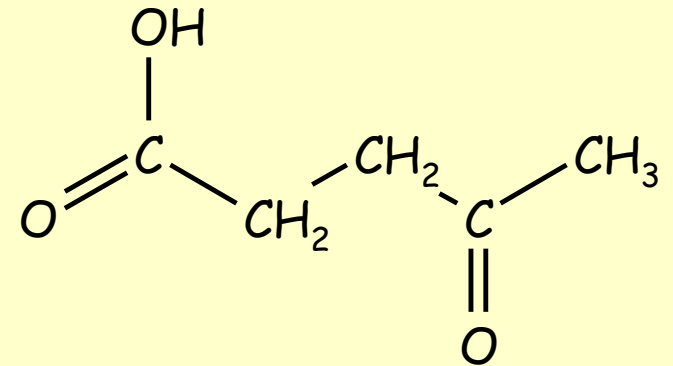
- je alfa-keto kyselina, důležitý substrát i produkt buněčného metabolismu. Je metabolitem v dráze glykolýzy (štěpení cukrů), alkoholového i mléčného kvašení, transaminací přechází na aminokyselinu alanin, je konečným produktem katabolismu uhlíkového řetězce cysteinu, **serinu, glycinu, threoninu a hydroxyprolinu**.
- metabolizován na kyselinu oxaloctovou nebo na acetyl-CoA, substráty Krebsova cyklu, který tvoří „palivo“ buňky.
- Konjugovaná zásada kyseliny pyrohroznové se nazývá **pyruvát**. **Pyruvát** se účastní procesu buněčného dýchání a je také potřebný při mléčném kvašení.



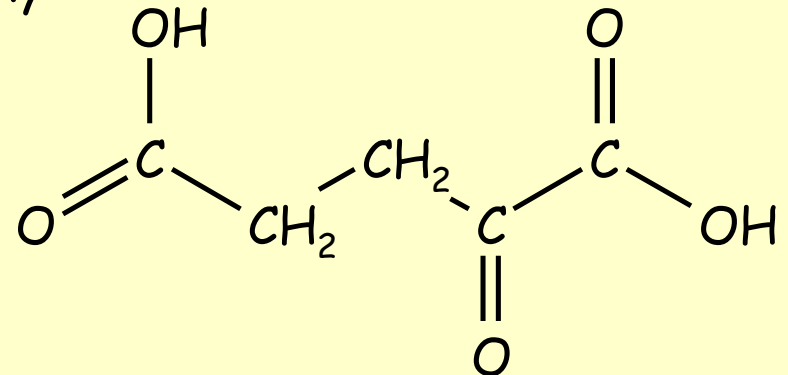
Ketokyseliny

- Přírodně se vyskytující se kyseliny:

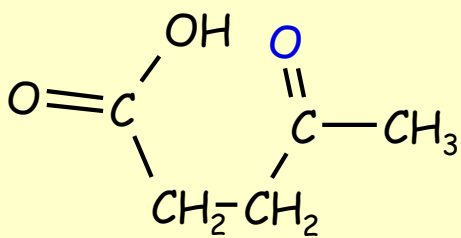
- **Levulová (A. levulicum)** - dehydratací poskytuje laktony - účinné látky z farmakologického hlediska



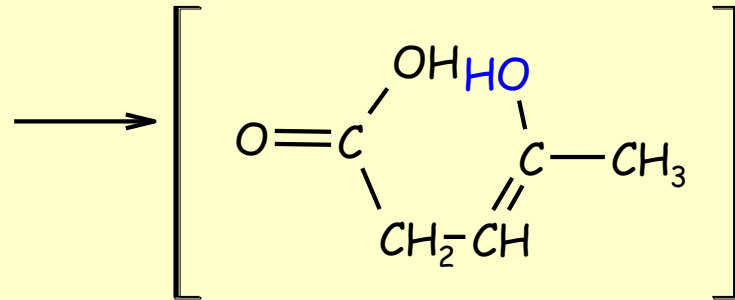
- **Ketoglutarová kyselina** (A.- významný metabolit (Krebsův cyklus, syntéza aminokyselin transaminací))



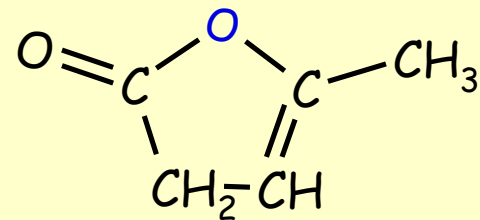
Deriváty ketokyselin



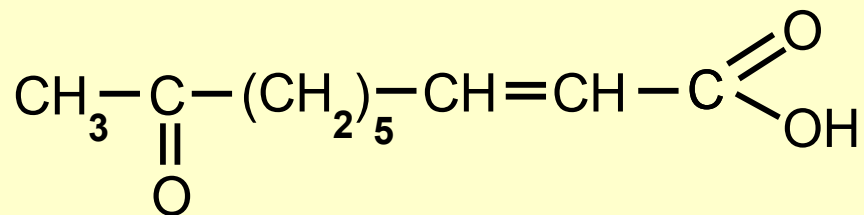
levulová kys.



enol-levulová kys.



angelikalakton



„královnina látka“ - 9-oxodec-2-enová kyselina

- Výměšek žláz včelí královny - inhibuje vznik dalších matek a tlumí rozvoj vaječníků u dělnic