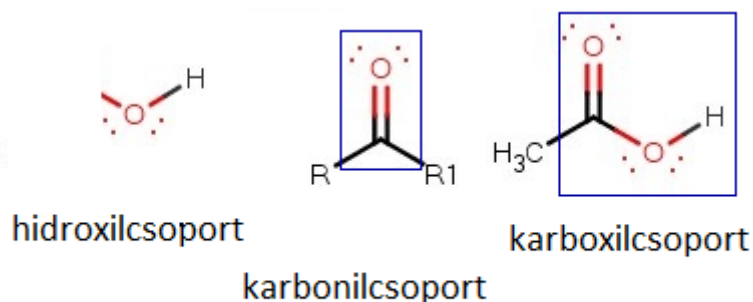


Karbonsavak

49. fejezet

Olyan szerves vegyületek, amelyek molekuláiban a jellemző funkciós csoport a karboxilcsoport.



A karboxilcsoport egy összetett funkciós csoport. A karbonil- és hidroxilcsoportból rakható össze. Innen is kapta a karboxilcsoport a nevét: **karbonil + hidroxil**.

A karbonsavak csoportosítása

A karbonsavakat a következő szempontok szerint lehet csoportosítani:

- értékűség szerint;
- a szénlánc jellege szerint;
- a szénláncukon lévő egyéb funkciós csoportok szerint.

Az értékűség szerinti csoportosításnak az az alapja, hogy egy karbonsav molekulában hány karboxilcsoport található. Eszerint megkülönböztetünk: egy-, kettő-, három- és többértékű karbonsavakat.

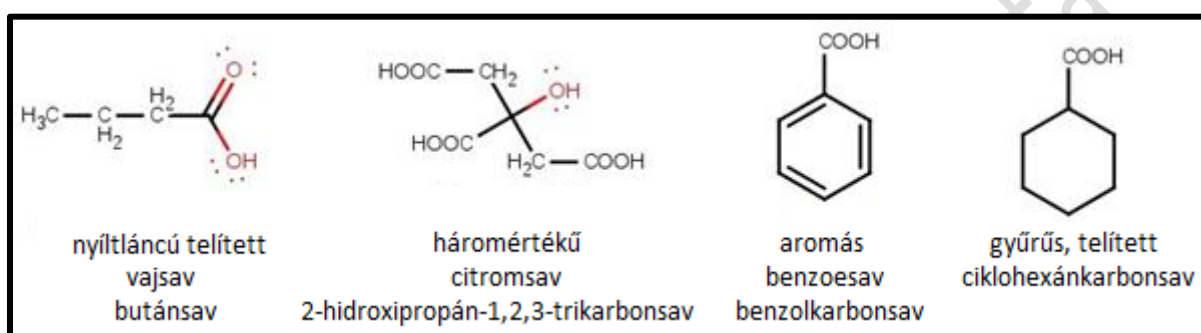
A szénláncuk minősége szerint az alábbi főbb csoportokba lehet a karbonsavakat kategorizálni:

- nyíltláncú, telített szénlánccal rendelkezők (alkánsavak);
- nyíltláncú, telítetlen szénlánccal rendelkezők;
- gyűrűs, telített szénlánccal rendelkezők;

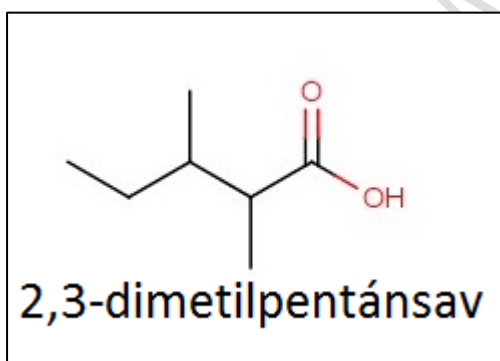
- gyűrűs, telítetlen szénlánccal rendelkezők;
- aromás szénlánccal rendelkezők.

A szénláncukon lévő egyéb funkciós csoport szerint:

- hidroxikarbonsavak, amelyek molekuláiban hidroxilcsoport is található (tejsav);
- oxo-karbonsavak, amelyek molekuláiban oxocsoport is található (pl.: piroszőlősav);
- aminokarbonsavak, amelyek molekuláiban aminocsoport is található.



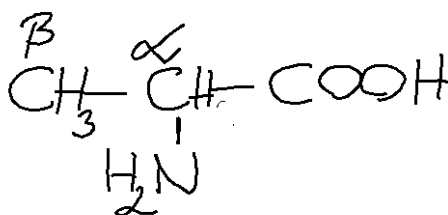
Elnevezésük



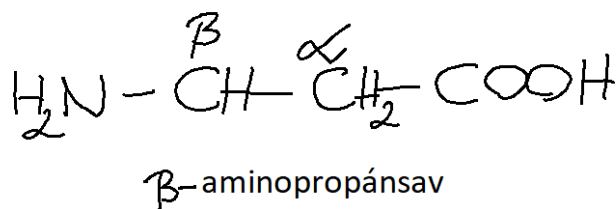
A nyíltláncú karbonsavak elnevezése teljesen ugyanúgy történik, mint a megfelelő szénatomszámú nyíltláncú szénhidrogéneké. A különbség csupán annyi, hogy a szénhidrogén neve után a sav szót írjuk. Nézzünk is egy példát. Természetesen a leghosszabb olyan szénláncot keressük meg a legelőször, amelyben a karboxilcsoport megtalálható, és a funkciós csoport felőli láncvégről elkezdjük beszámolni az alapláncot. A helyes számozás után a szokásos módon elkezdjük felsorolni az elágazásokat. Ez jelen esetben a következő módon történik: **2,3-dimetil-**. Miután ezzel végeztünk a leghosszabb szénlánc alapnevét hozzátoldjuk az elágazások neveihez és *sav* végződéssel látjuk el a molekula nevét: **2,3-dimetilpentánsav**.

Ha a karboxilcsoport gyűrűs vagy aromás szénatomhoz kapcsolódik, akkor a megfelelő szénlánc neve után nem a sav, hanem a karbonsav szót kell írni.

A sorszámozás mellett a ligandumok megjelölésére (hogyan melyik szénatomon van) szoktak alfabetikus jelölésrendszert használni (görög), α -karboxil csoport melletti szénatom, β -karboxil csoporttól 1 szénatom távolságra lévő szénatom, stb.....:



α -aminopropánsav (alanin)



β -aminopropánsav

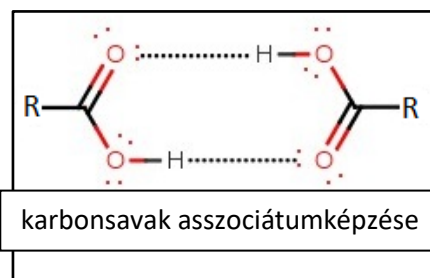
Természetesen a karbonsavak esetében is vannak triviális nevek. A fontosabb karbonsavak triviális és tudományos nevét később lesz alkalom megismerni.

Molekulaszerkezet és fizikai tulajdonságok

A **karbonsavak molekulái** (főleg a kis szénatomszámúak vagy a többértékűek) **erősen polárisak** a karboxilcsoport jelenléte miatt. A **kisebb szén atomszámú alkánsavak** emiatt vízben nagyon jól oldódnak. A szén atomszám növekedésével azonban a **hidrofób apoláris szénlánc** kezdi el dominálni a molekulát, és a **vízoldhatóság csökken**. A **9-10 szénatomszám feletti alkánsavak**, illetve az **aromás karbonsavak** vízben már csak alig vagy nem oldódnak. Ők szerves oldószerekben oldódnak jól.

A **kisebb szén atomszámú alkánsavak** színtelen, szúrós szagú folyadékok, a **nagyobbak szilárdak**. A **gyűrűs lánc**cal rendelkezők szilárdak és általában szagtalanok. A karbonsavak **olvadás- és forráspontja** meglehetősen magas. Szinte az összes eddig tanult hasonló moláris tömegű szerves vegyület **olvadás- és forráspontjánál magasabb**. Még a **hidrogénkötéseket kialakító egyértékű alkoholok** **olvadás- és forráspontjánál is jóval**

magasabb a karbonsavaké: Ennek az az oka, hogy a funkciós csoportjukban lévő hidroxil- és karbonilcsoport jelenléte miatt képes a molekulái között hidrogénkötést kialakítani. Érdekességük azonban, hogy nem egy, hanem **két hidrogénkötés kialakítására képesek molekulánként.**



A két hidrogénkötés összekapcsolódásával asszociátumokat (helytelenül dimernek is mondják) alkotnak. Az asszociátumképzés miatt kiugróan magas az olvadási- és forráspontjuk. Fontos azonban tudni, hogy a diolok már magasabb forrásponttal rendelkeznek, mint a hasonló moláris tömegű egyértékű karbonsavak (ennek oka abban keresendő, hogy a diolok többmolekulás asszociátumokat tudnak képezni, ezeket az asszociátumokat egyes tankönyvek dimernek nevezik). Tegyük rá még egy lapáttal, a **dikarbonsavak forráspontja azonban a diolok forráspontjánál is magasabb:**

egyértékű alkohol < egyértékű karbonsav < diol < disav

Kémiai tulajdonságok

A karbonsavak a karboxilcsoportjuk lévén rendelkeznek hidroxil- és karbonilcsoporttal is, azonban egyik csoport kémiai sajátága sem jellemző külön-külön a karboxilcsoportra. Ez a funkciós csoport szinte teljesen új kémiai tulajdonságokkal rendelkezik. A karboxilcsoportra jellemző kémiai sajátásokat az alkánsavak példáján fogjuk áttekinteni. Az **alkánsavak általában az R-COOH képlettel írhatóak le**, ahol R lehet hidrogén vagy valamilyen alkilcsoport. Összegképletük: $C_nH_{2n+1}COOH$ vagy $C_nH_{2n}O_2$.

Redoxireakcióik

A karbonsavak a hangyasav kivételével nem oxidálhatóak tovább, redukálódni azonban erélyes körülmények között képesek. Erélyes redukció során a megfelelő szénatomszámú primer alkohol keletkezik.

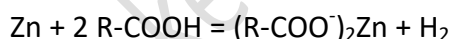
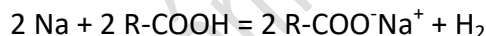
Azért azt érdemes megjegyezni, hogy ez így nem teljesen igaz, mert erélyes körülmények között a karbonsavak oxidálhatóak. Az oxidáció során szén-dioxid és szerves vegyületek keletkeznek.

Sav-bázis sajátság

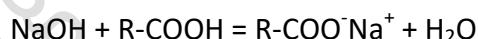
A karboxilcsoportban lévő hidroxilcsoport erősebben poláris, mint az alkoholok vagy fenolok esetében. Emiatt **a karbonsavak erősebb savak, mint az alkoholok vagy a fenolok.** Ők már **vizes oldatban is határozott savas karakterrel rendelkeznek.** A **kisebb szén atomszámúak középerős savnak** számítanak. Az alkánsavak esetében a **savi erősség a szén atomszám növekedésével csökken.**

Ha visszaemlékezünk, akkor az alkohol csak negatív standardpotenciálú fémekkel, míg a fenol a negatív standardpotenciálú fémek mellett már erős lúgokkal is képes volt reakcióba lépni, a karbonátokkal nem. A **karbonsavak** erősebb savi jellegét az bizonyítja a legjobban, hogy nem csak negatív standardpotenciálú fémekkel és erős lúgokkal, hanem **hidrogén-karbonátokkal is képesek reakcióba lépni.**

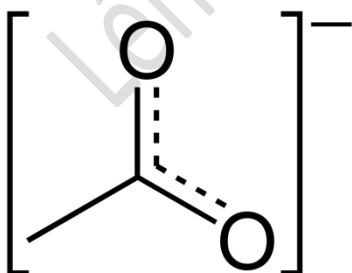
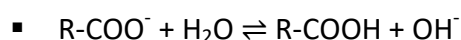
- **Negatív standardpotenciálú fémekből képesek hidrogént fejleszteni:**



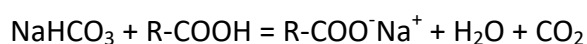
- **Lúgokkal sót képez, sói az alkanoátok:**



- A keletkező nátrium-alkanoát **lúgosan hidrolizál:**



- **Náluk gyengébb savak sóiból képesek kiszabadítani a savat. Például a nátrium-hidrogén-karbonátból a szénsavat.** (erre csak a kisebb szénatomszámú erősebb karbonsavak képesek, de lesz alkalom konkrét reakciókkal is megismerkedni)



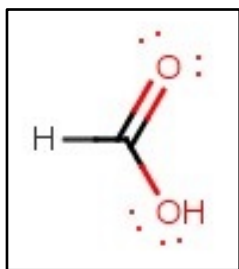
A karbonsavakból protonleadás után keletkező összetett anionok az alkanoátok. Az **alkanoátok összetett ionok, töltésük -1.** Az ionban az **O-C-O** kötés mentén **delokalizáció** jön létre a **nagyobb stabilitás érdekében.**

A karbonsavakra nagyon jellemző reakció az **észterképzés**. **Észterképzés során katalizátor jelenlétében, vízkilépés közepette egy karbonsav- és egy alkoholmolekula egyesül**. A pontos reakció mivoltáról Az *észterek* című fejezetben lesz alkalmunk tanulni.

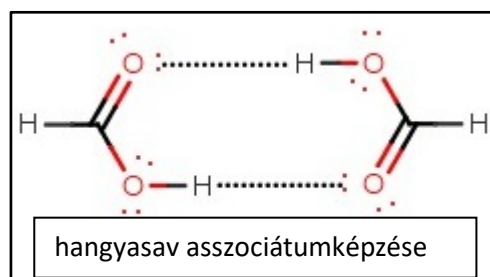
A **karbonsavak előállítására** számos módszer ismert. Az egyik: a **megfelelő szénatomszámú aldehidek oxidációja** révén. (Ennek leírása az aldehidek reakcióinál található.)

Fontosabb alkánsavak

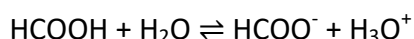
Metánsav (hangyasav)



A metánsav, triviális nevén **hangyasav**, a legegyszerűbb karbonsav. **Színtelen, szúrós szagú, mérgező folyadék**. A természetben előfordul **hangyák és méhek váladékaiban**, valamint **fenyőtűben**, innen kapta a köznapit nevet. **Olvadás- és forráspontja moláris tömegéhez képest kiugróan magas**. Ezt annak köszönheti, hogy molekulái között hidrogénkötés a legerősebb másodrendű kölcsönhatás. A korábban említettek alapján a hangyasav két molekulából álló **asszociátumokat képez, melyeket hidrogénkötések tartanak össze**. Ezek az **asszociátumok gőz állapotban is jelen vannak**. Ennek is köszönheti kiugróan magas olvadás- és forráspontját. **Vízben nagyon jól oldódik**, a vízzel is képes hidrogénkötéseket kialakítani.



Az alkánsavak közül a legerősebb, középerős savnak számít.

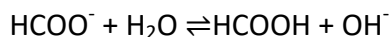


A savmaradék anionját **metanoát-**, triviális nevén **formiátió**nak hívják.

Lúgokkal sót képez.



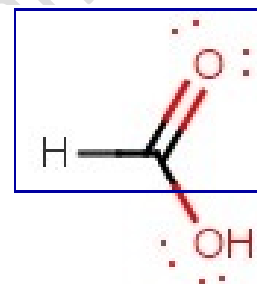
Az erős lúgokkal alkotott sója lúgosan hidrolizál.



Nátrium-hidrogén-karbonátból kiszabadítja a szénsavat, amely szén-dioxid és víz formájában távozik.

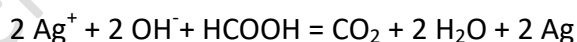


A hangyasavnak a többi karbonsavtól eltérően van egy **különös tulajdonsága: redukáló hatású.** Molekulájában, mint minden karbonsav esetében, a karboxilcsoport szénatomja +2-es oxidációs állapotban van. A szén azonban képes +4-es oxidáltságú állapotban is lenni. **A hangyasav a többi karbonsavtól eltérően azért oxidálható, mert ő az egyetlen karbonsav, amelynek molekulájában formilcsoport található.** Bár nem olyan szépen, mint az aldehidek vagy a redukáló cukrok, de adja az **ezüsttükör próbát** (nem keletkezik szép összefüggő tükör, de a reakció végbemenetelét egyértelműen lehet észlelni).

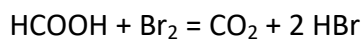


formilcsoport a hangyasavban

Oxidálva szén-dioxid keletkezik belőle.



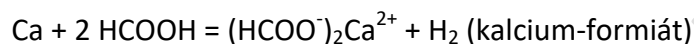
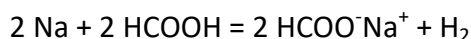
Redukáló hatásának az is a következménye, hogy képes **elszínteleníteni a brómos vizet.**



A hangyasav molekulájából **tömény kénsav hatására vizet lehet elvonni**. Ennek következtében **szén-monoxid keletkezik**. Ezért szokás a szén-monoxidot a hangyasav anhidridjének nevezni: vízelvonás tömény kénsavval



Negatív standardpotenciálú fémekkel képes hidrogént fejleszteni.

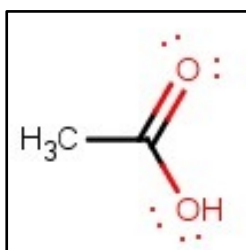


A hangyasavat metil-alkohol katalitikus oxidációjával elő lehet állítani.

Felhasználják:

- **bőrcserzéshez;**
- **textiliparban;**
- **más vegyületek előállításához (pl. észterek, amidok).**

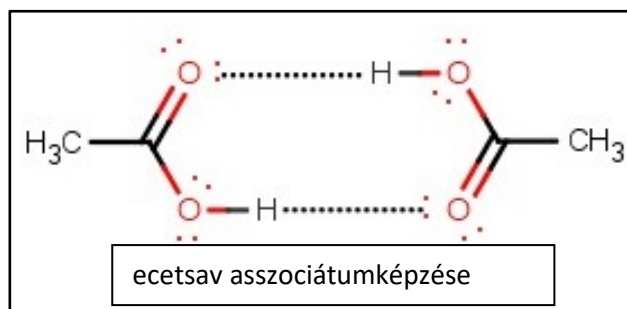
Etánsav (ecetsav)



Az **etánsav**, triviális nevén **ecetsav**, a hangyasav után a második legegyszerűbb karbonsav. **Színtelen, szúrós szagú (ecetszag), jellemző ízű, mérgező folyadék. Olvadás- és forráspontja moláris tömegéhez képest kiugróan magas.** Ezt annak köszönheti, hogy molekulái között hidrogénkötés a

legerősebb másodrendű kölcsönhatás.

A korábban említettek alapján az ecetsav is két molekulából álló asszociátumokat képez, melyeket hidrogénkötések tartanak össze. Ezek az asszociátumok



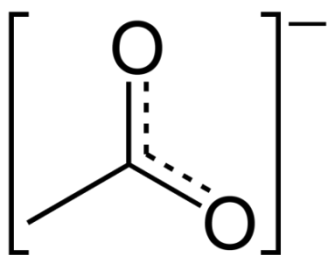
gőz állapotban is jelen vannak. Ennek köszönheti kiugróan magas olvadási- és forráspontját.

Vízben nagyon jól oldódik, a vízzel is képes hidrogénkötéseket kialakítani.

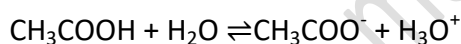
Az ecetsavat már régóta ismerik. **Szeszesitalok levegőn állva megecetesednek**. Ez azt jelenti, hogy a szeszesital etil-alkohol tartalmának egy része ecetsavvá oxidálódik, így az italok fogyasztásra alkalmatlanná válnak.

Ha valaki megecetesedett bort iszik, akkor annak garantáltan fájni fog a feje. A megecetesedett bor kisebb mennyiségben fejfájást, túlzott fogyasztás esetén komolyabb rosszullétet okoz.

Kémiai tulajdonságai a hangyasavval megegyeznek, azt leszámítva, hogy nem redukáló hatású.



Az alkánsavak közül a második legerősebb sav. Középerős savnak számít.

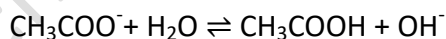


A savmaradék anionját **etanoát-**, triviális nevén acetátionnak hívják.

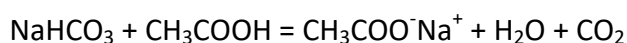
Lúgokkal sót képez.



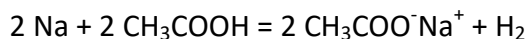
Az erős lúgokkal alkotott sója lúgosan hidrolizál.



Nátrium-hidrogén-karbonátból kiszabadítja a szénsavat, amely szén-dioxid és víz formájában távozik.



Negatív standardpotenciálú fémekkel képes hidrogént fejleszteni.



Felhasználják:

- **Híg vizes oldatát ételízesítéshez** *Az ecetsavval ízesített ételek tárolásánál óvatosan kell eljárunk. Nem szabad olyan edénybe rakni (például alumíniumedény), amellyel az ecetsav képes reakcióba lépni.*
- **Gyógyszeriparban.**
- Más vegyületek előállításához (pl. gyümölcsészterek, amidok).

Vajsav

Más néven butánsav egy színtelen kellemetlen szagú, vízben korlátozottan oldódó folyadék. Sói a butirátok vagy butanoátok. A vajsav előfordul a verejtékben, húsookban és részben ez okozza az avas vaj kellemetlen szagát. Vannak olyan baktériumok, amelyek képesek vajsavas erjesztésre. Ilyenkor a cukrokból főként vajsav és ecetsav képződik. A vajsavat felhasználják észterei előállítására. Kis szénatomszámú észterei kellemes illatúak, így az illatszeripar előszeretettel használja.

Oxálsav

Erősen savanyú ízű, fehér kristályos anyag. A legegyszerűbb dikarbonsav, sói az oxalátok, melyek igen elterjedtek a növényvilágban (pl.: spenót, sóska). Erélyes redukálószer, oxidálószer (pl.: hipermangán) szén-dioxiddá oxidálják.

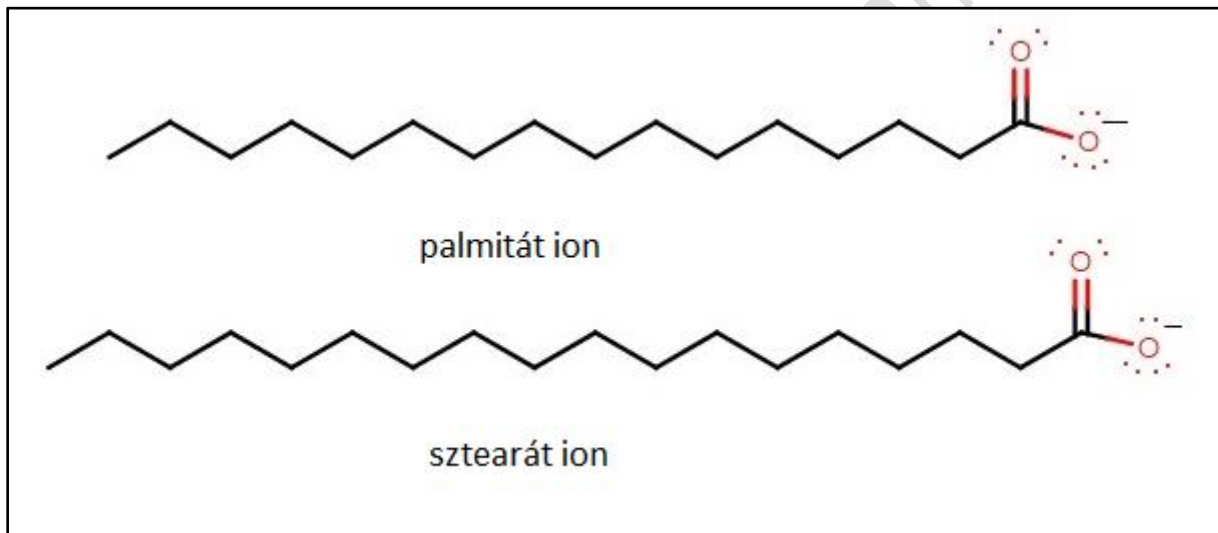
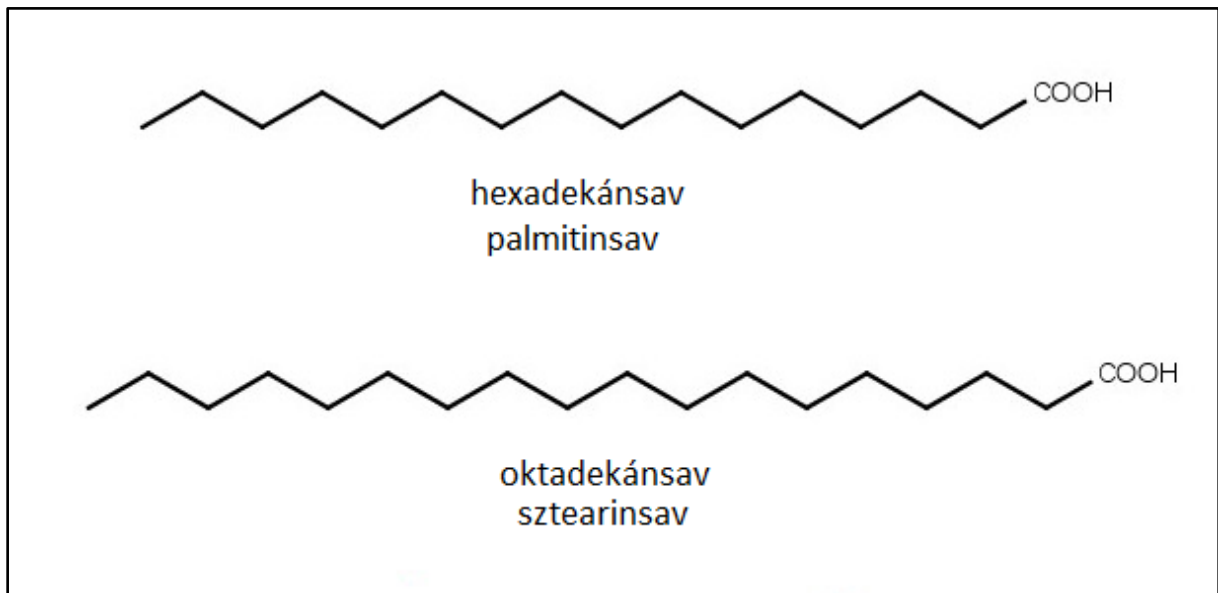
Néhány kisebb szénatomszámú, nyílt láncú alkánsav triviális neve

név	triviális név	összegképlet	ionjának a neve
metánsav	hangyasav	CH_2O_2	formiát
etánsav	ecetsav	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	acetát
propánsav	propionsav	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$	propionát
butánsav	vajsav	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$	butanoát
pentánsav	valeriánsav	$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$	pentanoát

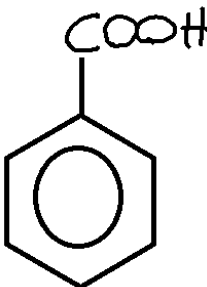
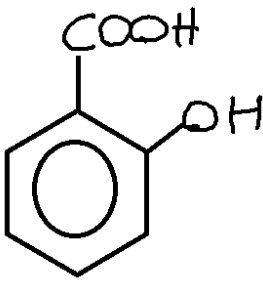
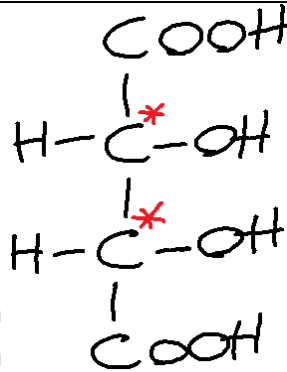
Nagyobb szénatomszámú karbonsavak

A nagyobb szén atomszámú alkánsavakat gyűjtőnéven zsírsavaknak nevezik. Szilárd, zsíros tapintású, teljesen hidrofób anyagok (tehát vízben nem oldódnak, de szerves oldószerekben igen). Nátriumsóik a szappanok (erről később még lesz szó) A természetben bennünk is előfordulnak kötött formában. Kiemelkedő biológiai jelentőséggel a páros szén atomszámúak rendelkeznek. A glicerinnel alkotott észterek a zsírok. Néhány fontosabb nagyobb szén atomszámú karbonsav:

név	triviális név	összegképlet	ionjának a neve
dodekánsav	laurinsav	$\text{C}_{12}\text{H}_{24}\text{O}_2$	laurát
tetradekánsav	mirisztinsav	$\text{C}_{14}\text{H}_{28}\text{O}_2$	mirisztát
hexadekánsav	palmitinsav	$\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$	palmitát
oktadekánsav	sztearinsav	$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$	sztearát



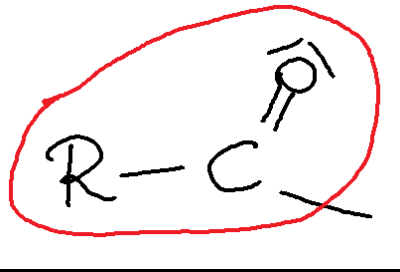
Egyéb jelentősebb karbonsavak

Név	Benzoosav	szalicilsav (2-hidroxibenzoosav)	borkősav (2,3-dihidroxibutándisav)
Képlet			
savmaradék anionjának a neve	benzoát	szaliciát	tartarát
Főbb fizikai jellemzők	színtelen, tűszerű vagy leveles kristályokat képző, vízben rosszul oldódó szilárd anyag	színtelen, szagtalan, könnyen szublimáló, vízben rosszul oldódó szilárd anyag	színtelen, vízben jól oldódó szilárd anyag.
Felhasználás/jelentőség / előfordulás	sóit tartósítószerként használják	Konzerválószerként, láz- és fájdalomcsillapítóként használják. Kamillavirágban előfordul.	Pezsgőtabletták készítésénél, illetve sóit (tartarát) a Fehling reagensnél használják. Szőlőlében előfordul.

Név	tejsav (2-hidroxi-propánsav)	piroszlósav (2-oxopropánsav)	citromsav (2-hidroxi-propán-1,2,3-trisav)
Képlet	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}-\overset{*}{\text{C}}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{C}=\overset{\ominus}{\text{O}} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{COOH} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{COOH} \end{array}$
savmaradék anionjának a neve	laktát	purivát	citrát
Főbb fizikai jellemzők	színtelen, szirupszerű folyadék	színtelen, sűrűn folyó, szúrós szagú folyadék	színtelen, vízben jól oldódó, savanyú ízű szilárd anyag.
Felhasználás/jelentőség/előfordulás	Élelmiszeriparban használják főként. A laktóz és egyéb cukrok lebomlásakor keletkezik. Előfordul többek között joghurtban, savanyú káposztában, kovászos uborkában stb...	Az iparban többek között gyógyszer-szintézisekhez használják. Kulcsvegyülete a fehérjék és szénhidrátok felépítésének és lebontásának, ebből eredően biológiai folyamatokban köztitermék.	Pezsgőtabletták készítésénél használják. Tápanyagok lebontásánál köztitermék. Citromlében előfordul.

Acilcsoport

Az acilcsoport a karbonsavakból származtatható. Általános alakja:



Az acilcsoport elnevezése a megfelelő szénatomszámú szénhidrogénből törénik „oil” végződéssel. A fontosabb karbonsavak esetében hétköznapi nevet is vannak

A vegyület neve	A vegyület acilcsoportjának a neve	Acilcsoport szerkezete
hangyasav	metanoil (formil)	$\text{H}-\text{C}(=\text{O})-$
ecetsav	etanoil (acetil)	$\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-$
propánsav	propanoil	$\text{CH}_2\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-$
butánsav	butanoil (butiril)	$\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-$

Szent-Györgyi Albert (1893-1986)

A C-vitaminnal kapcsolatos kutatásaiért és a biológiai oxidáció mechanizmusának a tisztázásáért kapott 1937-ben Nobel-díjat magyar tudósként. Kutatásai során paprikából és mellékvesekéregből izolálta C-vitamint (aszorbinsav) és ily módon felfedezte, hogy az aszorbinsav vitaminként működik a szervezetünkben. Nevét illendő ismerni.

Lénárt Gergely kémia magánoktató