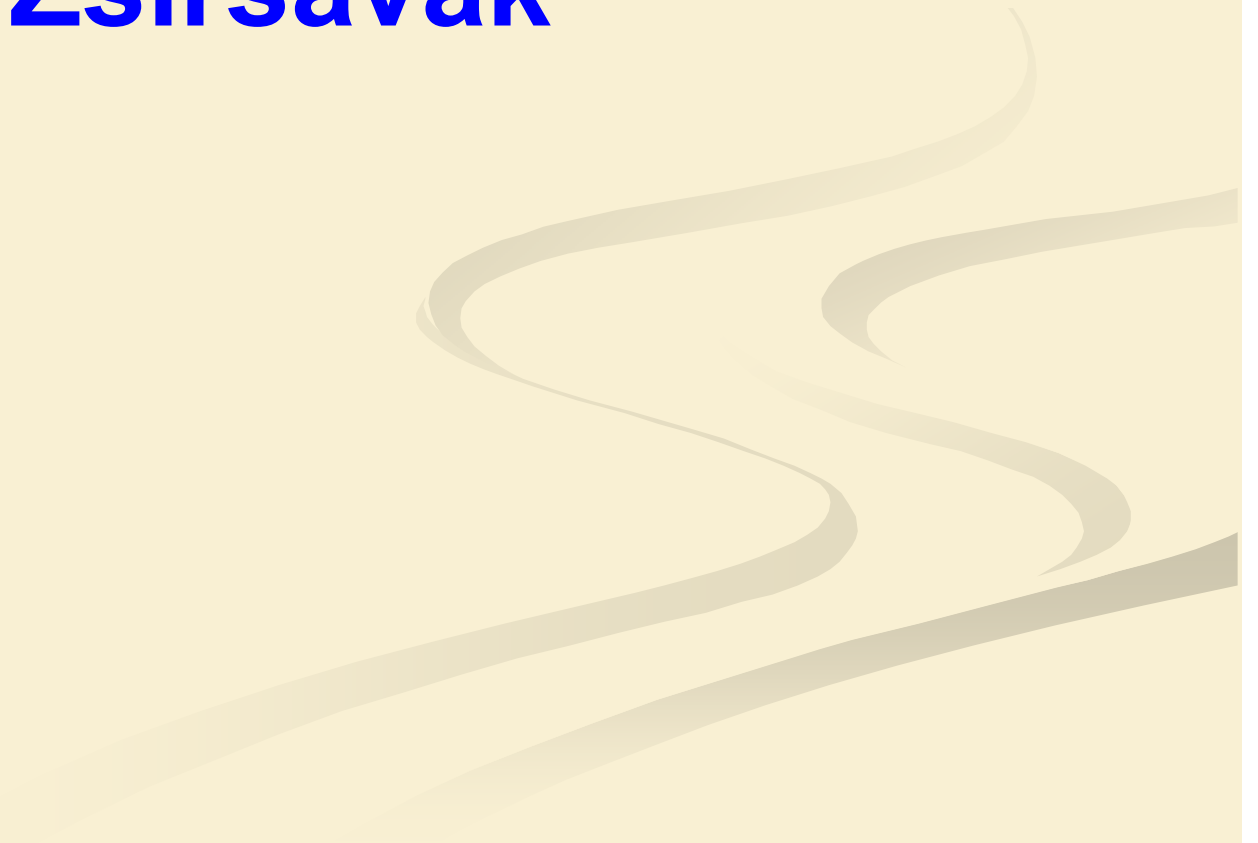


# Zsírsavak



# Telített és telítetlen zsírsavak

Név és képlet	C-atomszám	Olvadáspont °C
<b>Telített zsírsavak</b>		
Laurinsav $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	12	44
Mirisztinsav $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	14	54
Palmitinsav $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	16	63
Sztearinsav $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	18	70
Arachidinsav $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	20	77
Lignocerinsav $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	24	86

Név és képlet	C-atomszám	Olvadáspont °C
---------------	------------	----------------

## Telítetlen zsírsavak

**Palmitoleinsav (Palmitolajsav)**



16 n<sup>9</sup>

-0,5

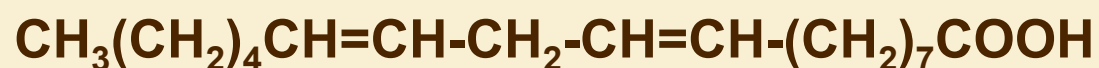
**Olajsav**



18 n<sup>9</sup>

13

**Linolsav**



18 n<sup>9,12</sup>

-5

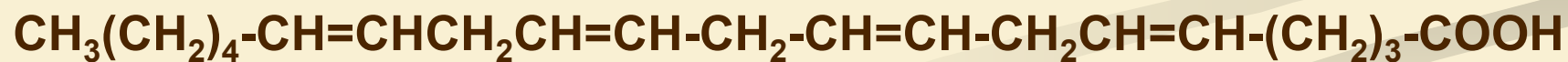
**Linolénsav**



18 n<sup>9,12,15</sup>

-11

**Arachidonsav**



20 n<sup>5,8,11,14</sup>

-49,5

# A zsírsavak kémiai tulajdonságai

## Hidrogénaddíció:

Részleges vagy teljes

Megváltozik: halmazállapot, konzisztencia.

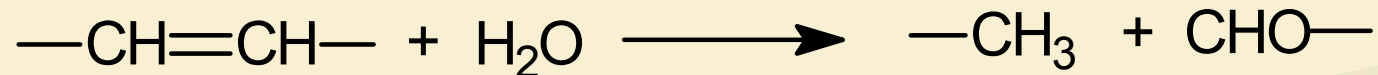
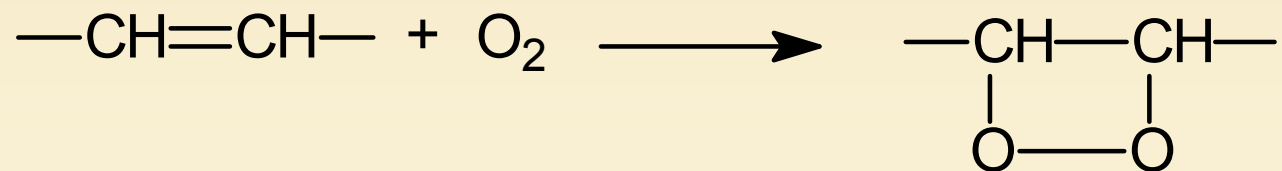
Az állomány keményedik.



## Oxigén- és vízaddíció:

peroxidok keletkezése

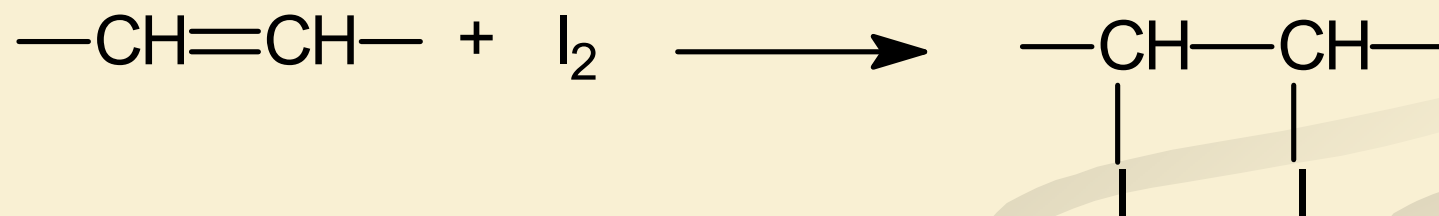
aldehidek: kellemetlen íz és illat



## Jódaddíció:

## Jódszám

nem száradó	} zsírok	<70
félig száradó		70–150
száradó		>150



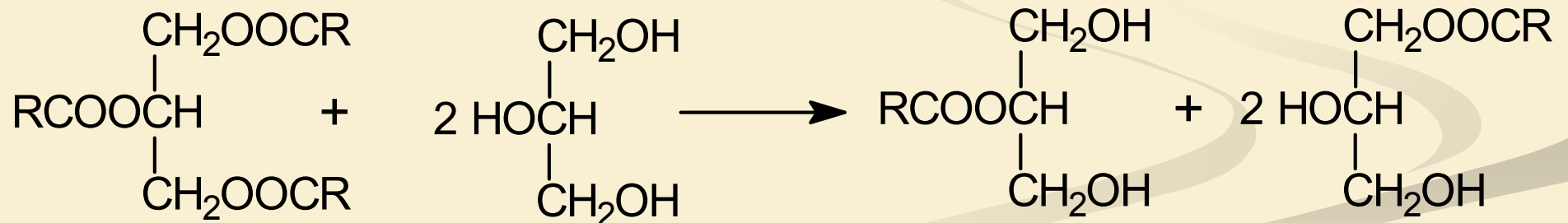
# Acilglicerinek, glicerinek

Zsírsavak glicerinnel képzett:

mono-  
di-  
tri- } acil-észterei

Semleges lipidek.

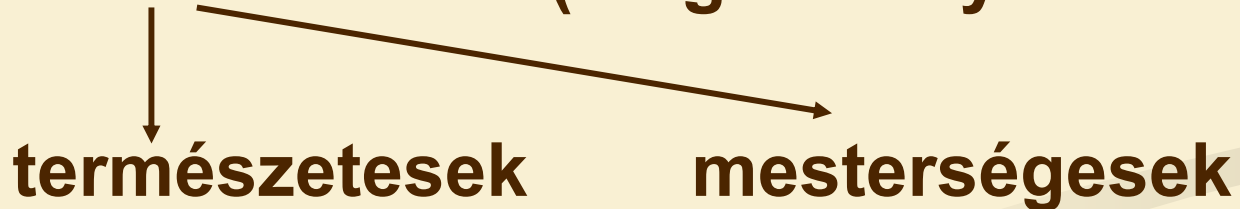
## Mono- és diacilglicerinek kialakulása



## Prooxidáns anyagok (elősegítik az oxidációt)

- zsír-hidroperoxidok → szabad gyökök
- réz, vas, kobalt, mangán (nyomnyi mennyiségben)
- oxidáz enzimek (*lipoxidázok*)
- heminvegyületek
- fotoaktív növényi színyanyagok (lipokromok)
- ultraibolya sugárzás, hőhatás, oxigén, víz

## Antioxidánsok (megakadályozzák az oxidációt)





# Az acilglicerinek kémiai tulajdonságai

## Észterkötés hidrolízise:

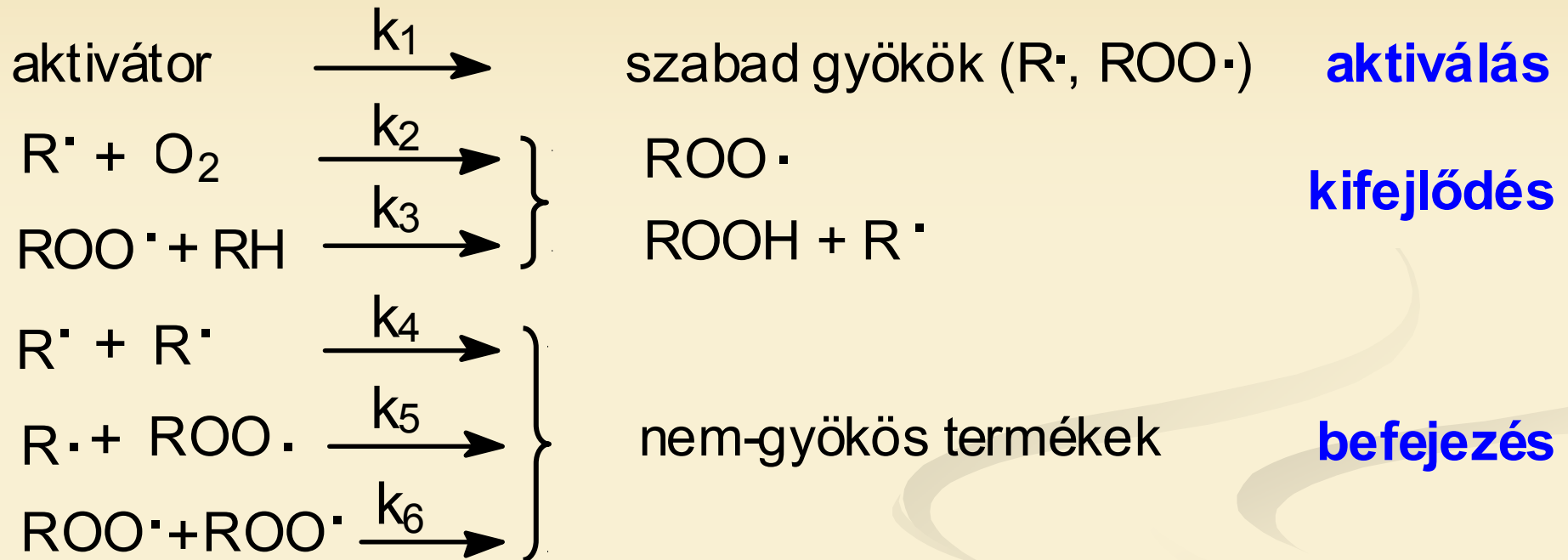
- **enzimekkel**
- **hőhatásra**

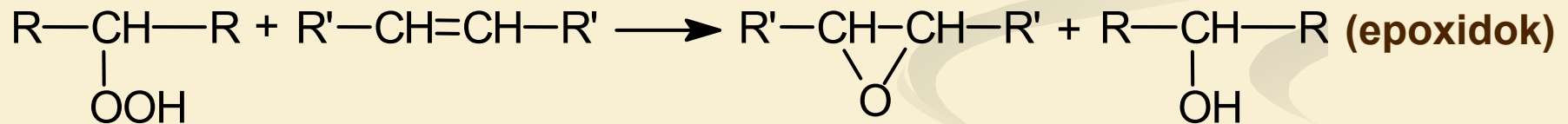
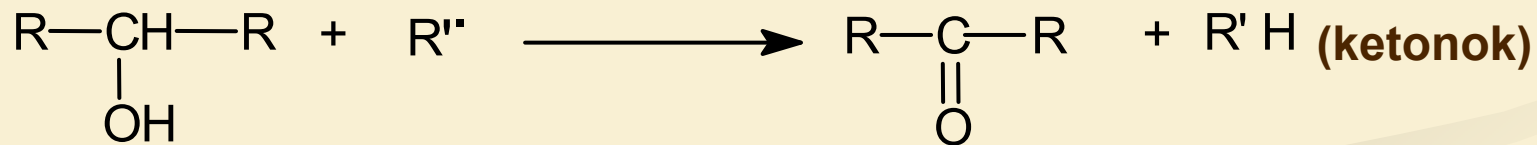
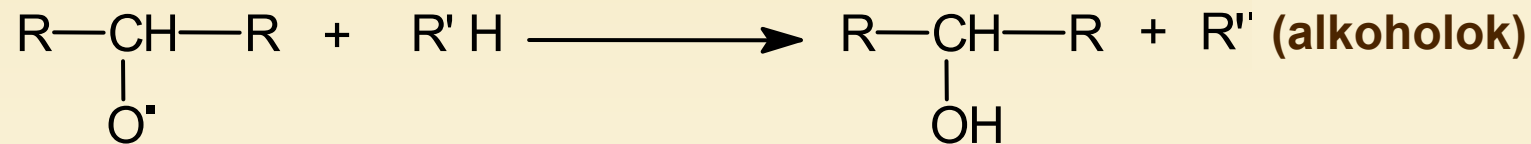
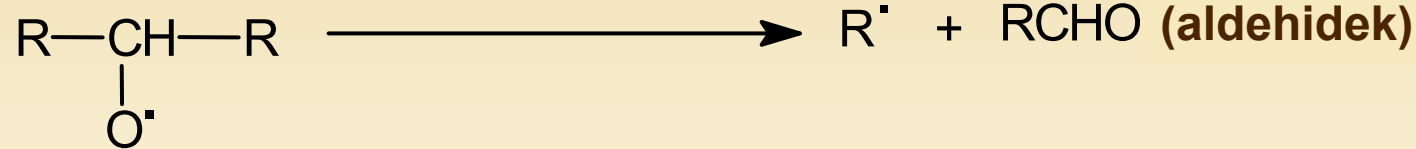
## Zsiradékok romlása:

- **hidrolízis**
- **autooxidatív folyamatok:**
  - **dehidrogénezés**
  - **peroxidképződés**
  - **oxidáció**

# A lipioxidáció szabadgyök-mechanizmus szerint

(Hosszú indukciós periódus, nagymennyiségű peroxid)



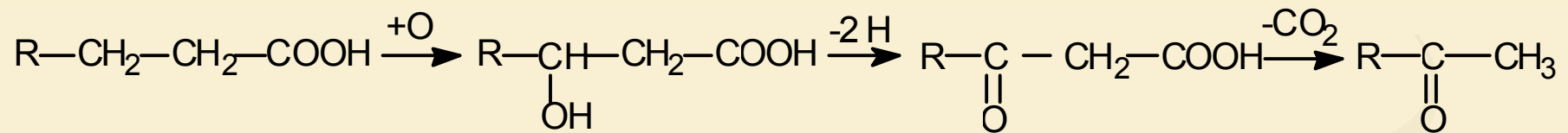


**Termékek:** hidroperoxidok, rövid szénláncú zsírsavak, aldehidek, alkoholok, ketonok.

# A zsírok romlása

## A ketonavasodás reakciói:

$\beta$ -oxidációval  $\beta$ -ketonsavak,  
dekarboxileződéssel metil-alkil-ketonok.



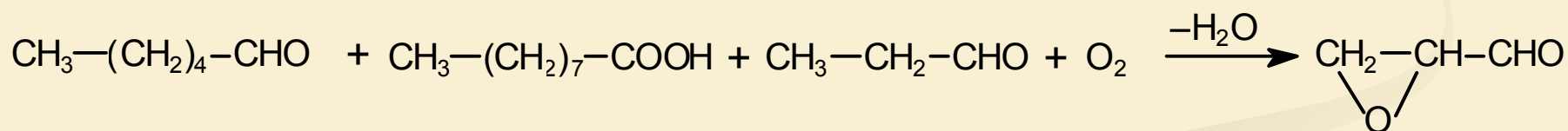
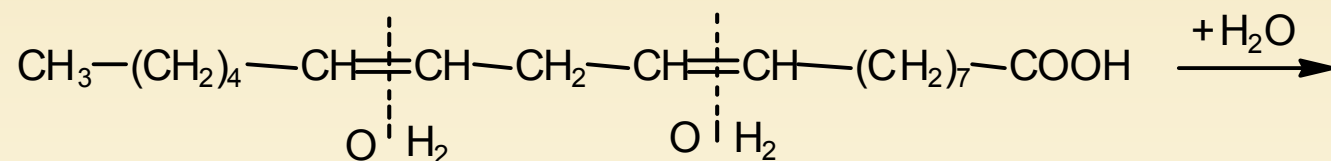
zsírsav

$\beta$ -OH-zsírsav

$\beta$ -keto-zsírsav

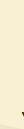
metil-alkil-  
keton

# Aldehydavasodás



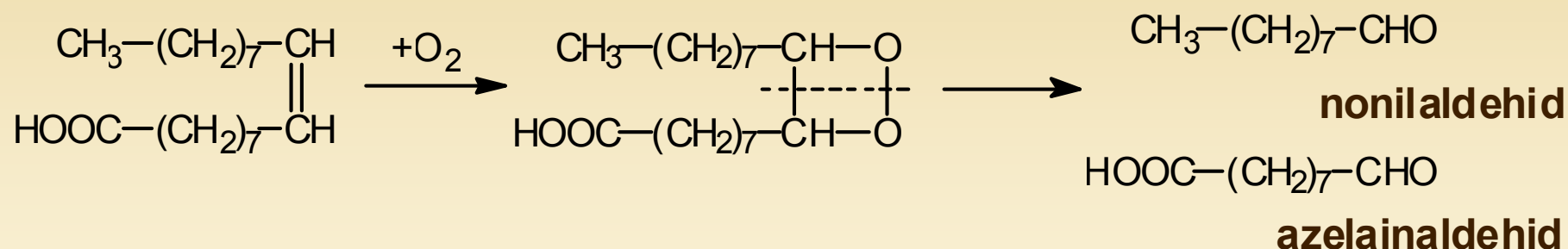
propionaldehyd

epihidrinaldehyd



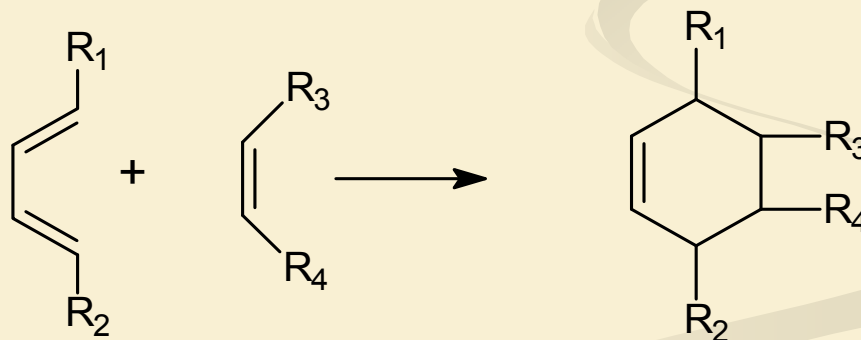
**felhasadása naszcenzs  
oxigént eredményez!**

## Az olajsav aldehides oxidációja



Hőhatásra dimerizációs és polimerizációs átalakulás: telítetlen kötést tartalmazó zsírsavakkal.

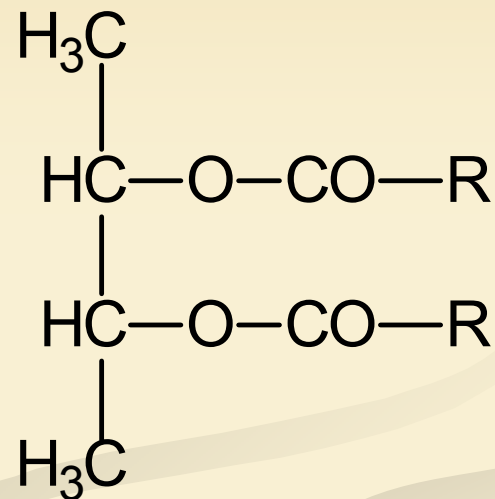
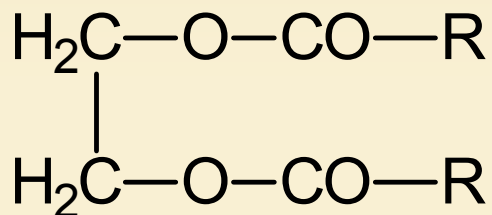
## Diels–Alder-átalakulás



Lehet intramolekuláris és intermolekuláris.

## Diollipidek, zsíralkoholok, viaszok

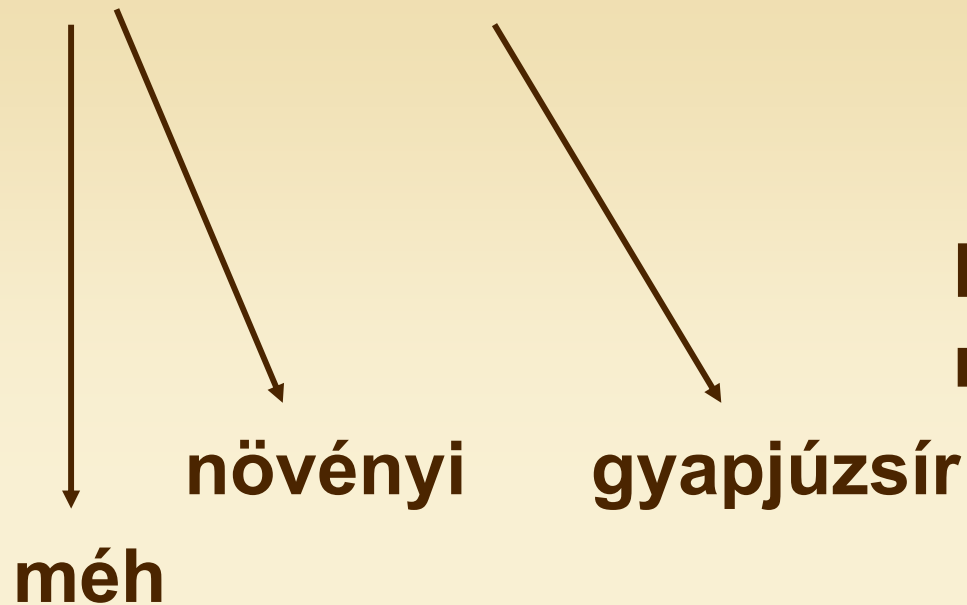
Etilén-glikol, 1,2- vagy 1,3-propándiol, 1,3-, 1,4- vagy a 2,3-butándiol



Zsíralkoholok: cetilalkohol ( $\text{C}_{16}\text{H}_{33}-\text{OH}$ ),  
sztearilalkohol ( $\text{C}_{18}\text{H}_{37}-\text{OH}$ ), oleilalkohol ( $\text{C}_{18}\text{H}_{35}-\text{OH}$ ).

**Viaszok:** zsírsav + hosszú szénláncú zsíralkohol

észtere



Nem avasodnak  
nem illékonyak!

## Szterinek

- **Zooszterinek vagy állati szterinek:** koleszterin, dehidrokoleszterin, koproszterin, alloszterin.
- **Fitoszterinek vagy növényi szterinek:** szitoszterin, sztigmaszterin.
- **Mikoszterinek, (elsősorban gombákban),** ergoszterin, dehidroergoszterin, zimoszterin.



## Egyéb vegyületek

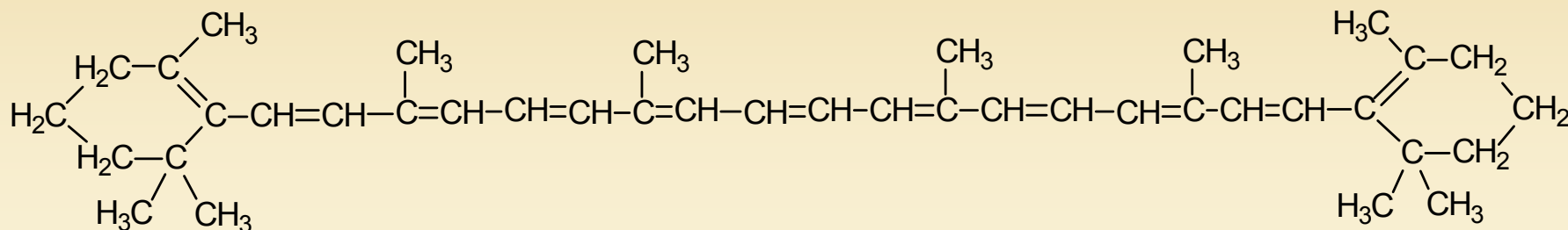
**Lipoprotein-komplexek:** fehérjékből, poláros lipidekből és trigliceridekből állnak.

**Karotinoidok:** izoprén alegységekből felépülő polién szénhidrogének.

Zsírokban és egyéb zsíroldó szerekben jól oldódnak.  
Az A-vitamin a növényekben előforduló karotinokból keletkezik.

Egy molekula  $\beta$ -karotin  $\longrightarrow$  két A-vitamin,  
egy molekula  $\alpha$ - és  $\gamma$ -karotin  $\longrightarrow$  egy-egy molekula A-vitamin.

## A $\beta$ -karotin képlete



### Természetes gyanták

Növényi eredetű, vízben nem oldódó, főleg gyantasavakat, aromás savakat és alkoholokat tartalmazó vegyületek.

Legismertebb: fenyőgyanta.

### Balzsamok

Illóolajokban oldott gyanták.

## **Természetes zsiradékok**

**Egyszerű vagy kevert trigliceridek.**

**Olvadáspont → zsírsav-összetétel**

**Energiatartalom: 36–40 kJ/g.**

### **Növényi zsiradékok:**

**Magvakban, gyümölcsökben (gyökér, szár).**

### **Állati zsiradékok:**

**Bőr alatti kötőszövetekben, hasüregben, májban, izmok között.**



## **A természetes zsiradékok fizikai tulajdonságai**

**Olvadáspont: szilárd és folyékony fázis egyensúlyban.**

**(Emelkedéspont, tiszta olvadáspont, csúszáspont, lágyuláspont, folyáspont, cseppenés-, zavarosodási-, megszilárdulási pont...)**

**Nincs határozott olvadáspont a különböző komponensek miatt.**

**Konzisztencia: alakváltozással szembeni ellenállás.**

**Plaszticitás: alakváltozás megmaradjon, ha nem hat erő.**

# A természetes zsiradékok kémiai tulajdonságai, biokémiai változásai

## Kémiai jellemzés:

Savszám, peroxidszám, elszappanosítási szám,  
jódszám, hidroxilszám.

## Lipidek, olajok változásai a tárolás és feldolgozás során

Hidrolízis: hő vagy kémiai hatásra  
*lipáz* enzimmal

Oxidációs elváltozások:

Peroxidáció (autooxidáció)

**Íz- és illatváltozás, élvezeti érték csökken, reakció más élelmiszerekkel. (fehérjék emészthetősége, biológiai érték csökken).**

**Az élő szervezetben:**

**Membránok áteresztőképességének zavara, oxidatív foszforilálás, ionok transzportja, önméztés, hemolízis, mitokondriumok károsodása, lizoszómák szétesése.**

## **A peroxidok:**

- **oxidálják a tiolokat és a fehérje –SH csoportjait,**
- **denaturálják a fehérjéket,**
- **gátolják az enzimaktivitást, megváltozik a szubsztrát-specifikusság,**
- **oxidálják a citokrom c-t,**
- **gátolják: glikolízist, trikarbonsav ciklust, sejtosztódást, vérképzést, DNS-, vitaminok és aminosavak anyagcseréjét.**
- **elősegítik: a sugárbetegség, a zsírmáj szindróma és érlelmeszesedés kialakulását és az öregedést.**



# Az autooxidáció kinetikája

## 1. A láncreakció iniciációja

**Gyökök képződése**

**a kettős kötéshez  $\alpha$ -helyzetű C-atomon,  
vagy máshol.**

## 2. A láncreakció továbbhaladása

Zsírsavperoxid-, zsírsavhidroperoxid-, zsírsavgyökök kialakulása → a láncreakció folytatása.

Indukciós periódus (lassú peroxidszám növekedés) a természetes inhibitorok miatt.

Az első termék mindig peroxid.

Peroxidból → hidroperoxid

Hidroperoxid: bomlás többlépcsős folyamatban

↙ ↘  
epoxidok,

alkoxigyökök képződése: → C–C kötések

bontása → aldehidek → szerves savak

Hőhatásra: dimerizáció, polimerizáció

### **3. A zsiradék romlásának megakadályozása**

- **oxigén kizárása,**
- **mesterséges antioxidánsok alkalmazása.**

**- Iniciáló vagy egyfunkciós antioxidánsok**

**Szabad gyökök lekötése → láncreakció gátlása**

**BHA (butil-hidroxi-anizol)**

**BHT (butil-hidroxi-toluol)**

**Mono- és polifenol származék**

**- Dezaktivátorok**

**Az antioxidánsok hatását fokozzák.**

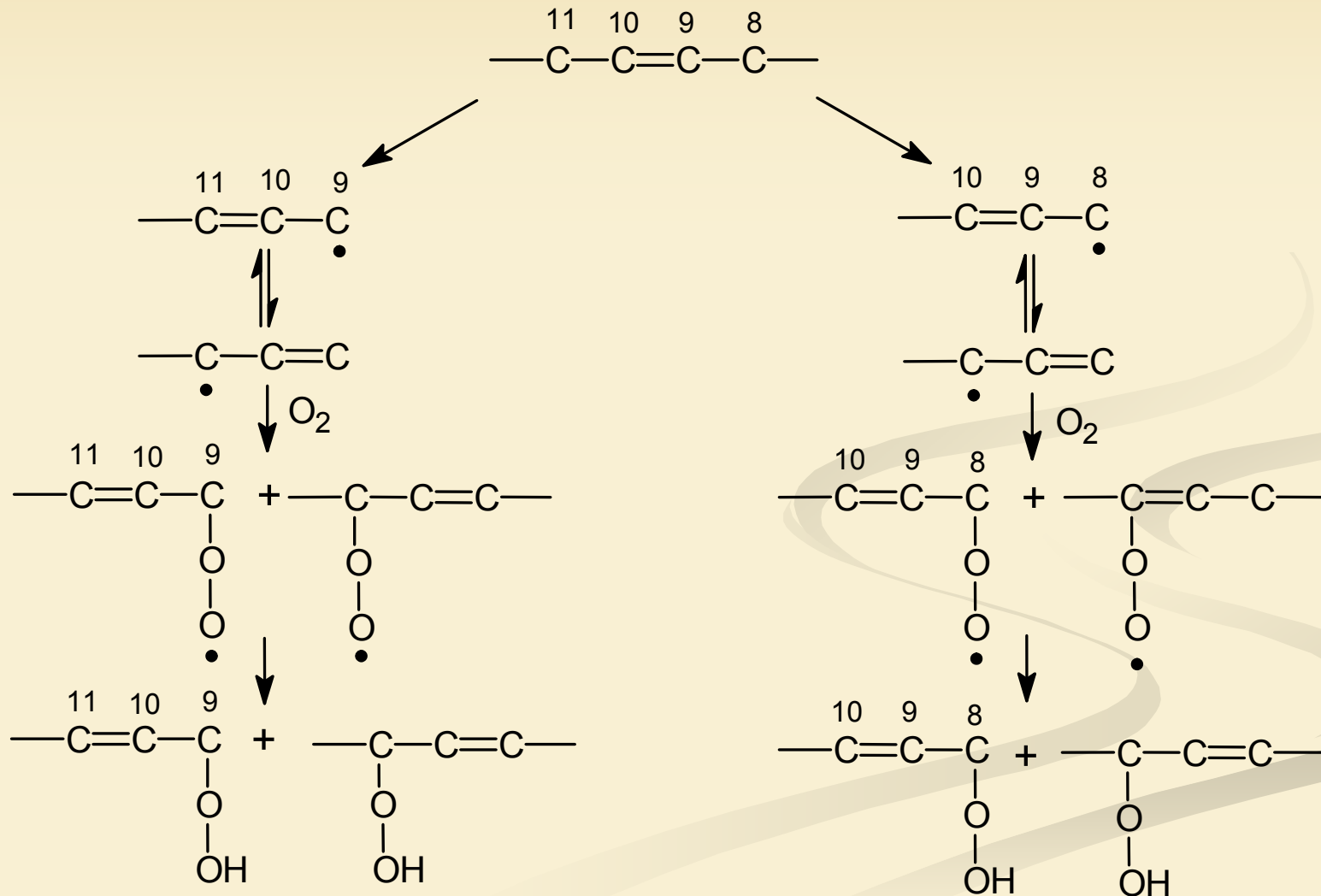
**Citromsav, aszkorbinsav, hidroxisavak, savanyú és polifoszfátok, foszfolipidek.**

**Kelátképző anyagok: fémet kötnek**

**EDTA (etilén-diamin-tetraecetsav)**

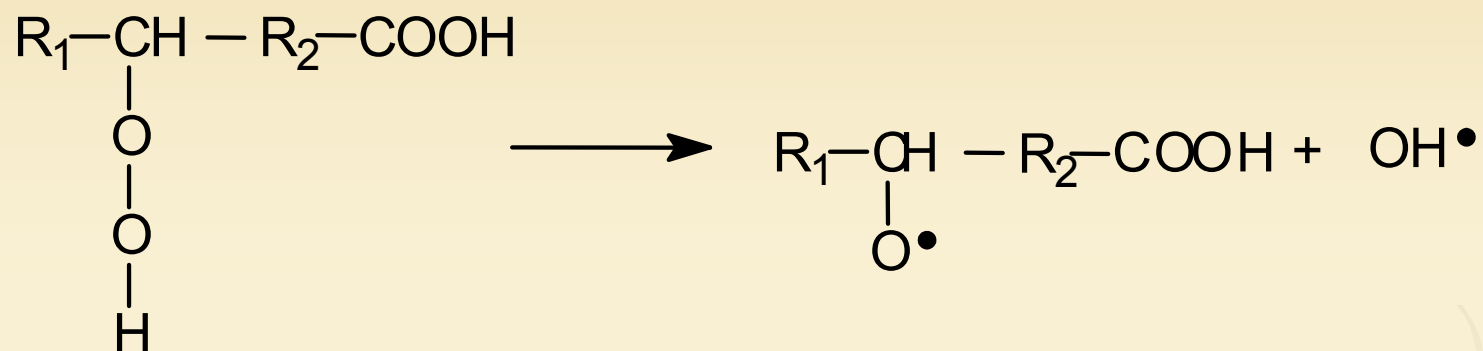
# A lipidek és olajok változásai a tárolás és feldolgozás során.

## Az oleát hidroperoxidok képződésének mechanizmusa

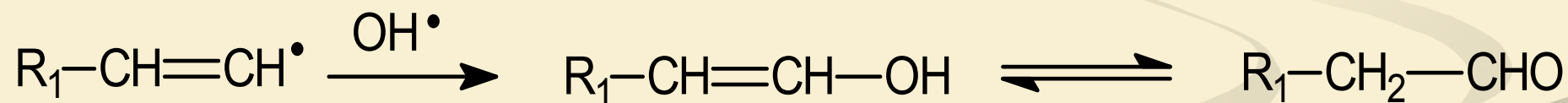


# A hidroperoxidok lebomlása

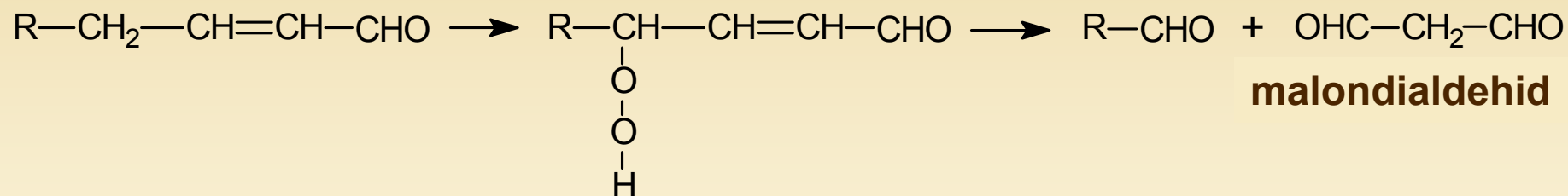
## Alkoxigyökök képződése



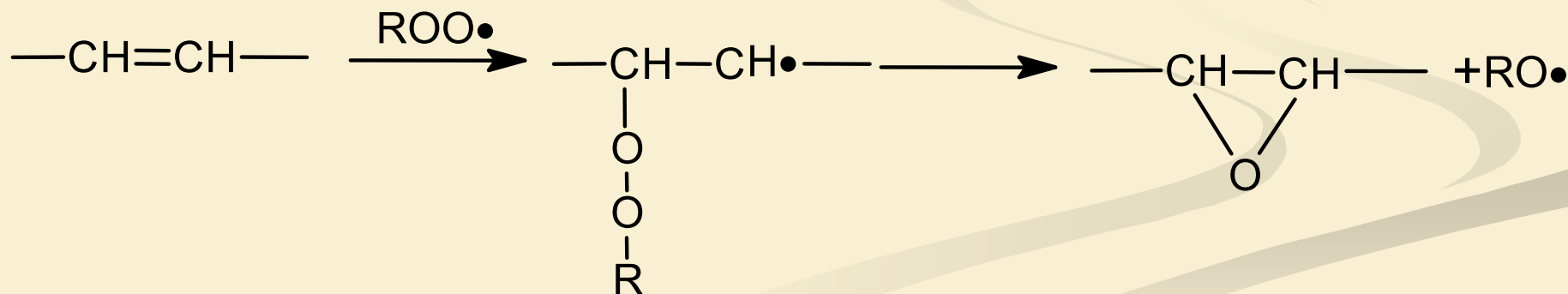
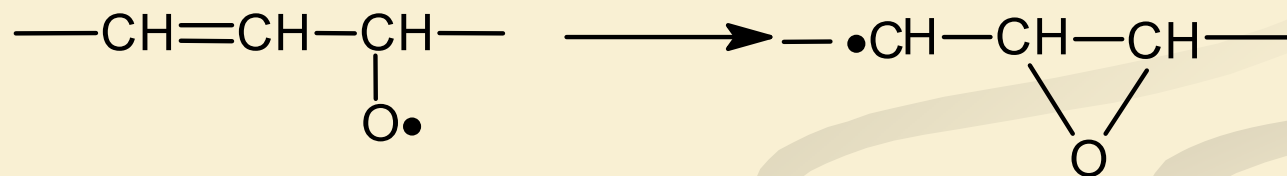
## Aldehidek képződése



## A malondialdehid keletkezése



## Epoxidok keletkezése alkoxi és peroxi gyökökből



## Fontosabb természetes zsiradékok

### Tejzsiradékok

Zsírsav-összetétele függ az évszaktól, a takarmány minőségétől, az állat fajától, korától, a laktációs állapotától.

Viszonylag nagy mennyiségű kis szénatomszámú zsírsavat tartalmaz (vajsav, kaprinsav, kaprilsav...)

### Sertészsír és marhafaggyú

Sok palmitinsav, sztearinsav, olajsav.

*Lipoxidáz* enzim → zsírromlás

Sertészsír: összetételét a takarmány minősége és összetétele erősen befolyásolja.

## Baromfizsírok

Magas olaj- és linolsav-koncentráció.

Libazsír: szemcsés szerkezetű, fehér vagy halványsárga színű, op: 25–37 °C.

Tyúkzsír: kellemes illatú és ízű, sárgás színű, op: 23–40 °C.

## Tengeri állatok zsiradékai

Halolaj, halmájolaj, bálnazsír

$C_{14}$ – $C_{22}$  ( $C_{24}$ ) zsírsavak

Halolaj: sok telítetlen zsírsav.

Halmájolaj: dominálnak a  $C_{16}$ – $C_{22}$  telítetlen zsírsavak.

Bálnazsír: magas a  $C_{20}$ – $C_{24}$  telítetlen zsírsavak mennyisége.



## Növényi zsiradékok

**Gyümölcseshúszsír:** pálmaolaj, olivaolaj, avokádóolaj.

**Magzsír:** kókuszszsír, kakaóvaj, gyapotmagolaj, kukoricaolaj, mogyoróolaj, napraforgóolaj, földimogyoró, szója- és repceolaj.

## A konjugált linolsavak (KLS)

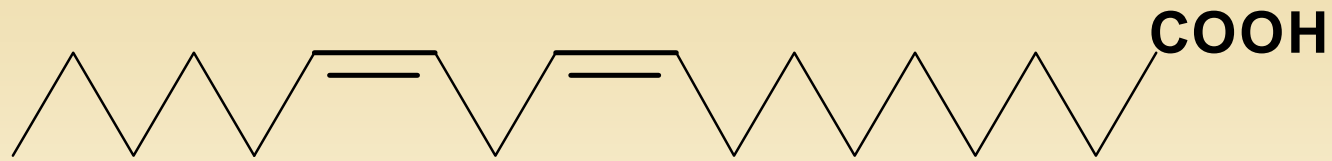
A konjugált linolsav megnevezés azon linolsav-izomerek (szerkezeti és geometriai izomerek) gyűjtőneve, melyek a linolsavval szemben nem izolált, hanem konjugált helyzetben tartalmazznak két kettős kötést.

**KLS:** A szerkezeti és geometriai KLS-izomerek gyűjtőneve.

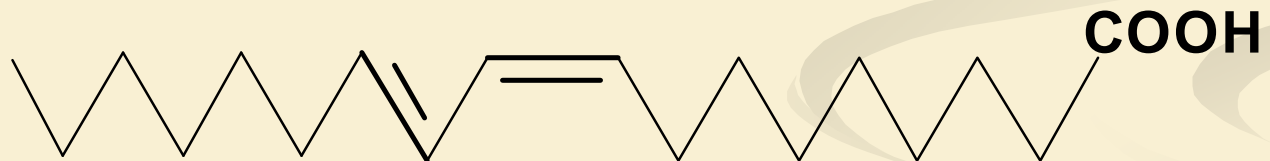
Kettős kötések helyzete: 9,11; 10,12; 11,13; 8,10.

Konfiguráció: c,t; t,c; c,c; t,t.

Az utóbbi időben előnyös élettani hatásuk miatt kerültek az érdeklődés középpontjába (rákellenes és érelmeszesedés ellenes hatásúak).

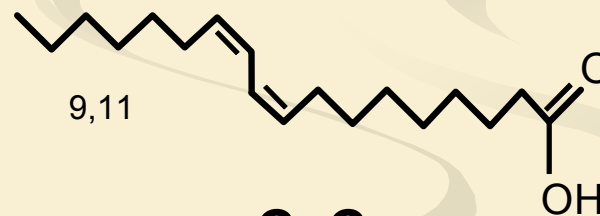
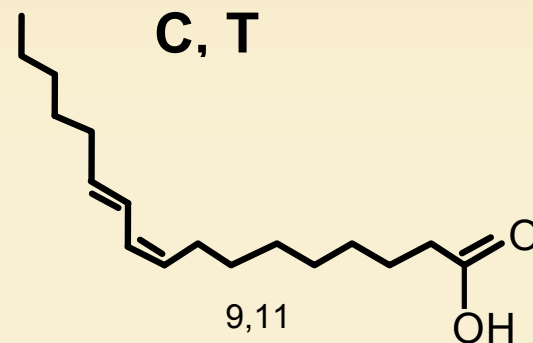
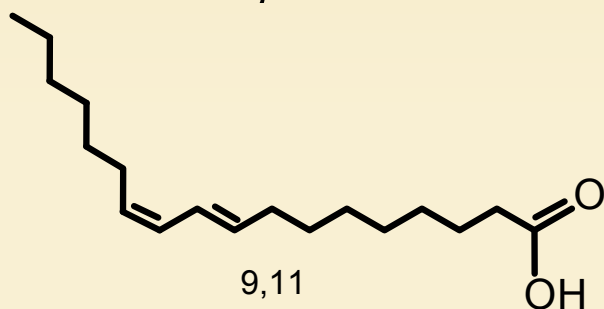
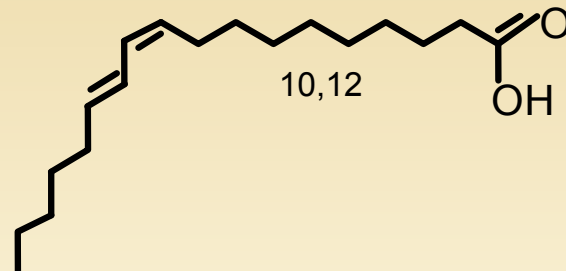
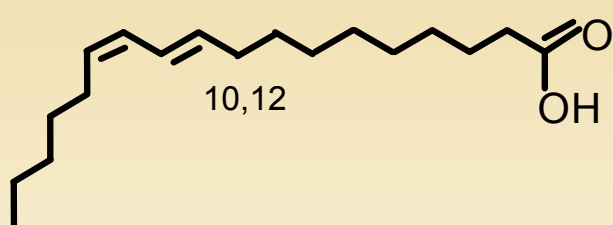


**cisz-9,cisz-12-C18:2 (linolsav)**



**cisz-9,transz-11-C18:2 (konjugált linolsav, KLS)**

# A 9,11 és a 10,12 KLS izomerei



## **A KLS-ak kialakulása:**

- **Többszörösen telítetlen zsírsavakból biológiai hidrogéneződéssel (a bendőben).**
- **Transz C18:1 zsírsavakból a kérődzők tejmirigyében.**
- **Kémiai reakciókban:**
  - linolsavban gazdag olajok lúgos izomerizációjával,**
  - a ricinusolaj víztelenítése során,**
  - in vivo szabadgyökös autooxidációval.**

## **A KLS-ak előfordulása az élelmiszerekben:**

**Kérődző állatok tejében, húzában és szerveiben.**

**Bendő —→ vékonybél —→ felszívódás —→  
átésztereződés —→ mindenhol eljut a  
szervezetben.**

**Monogasztrikus állatoknál:**

**Állati eredetű takarmányokból (húsliszt, faggyú,  
tejpor).**

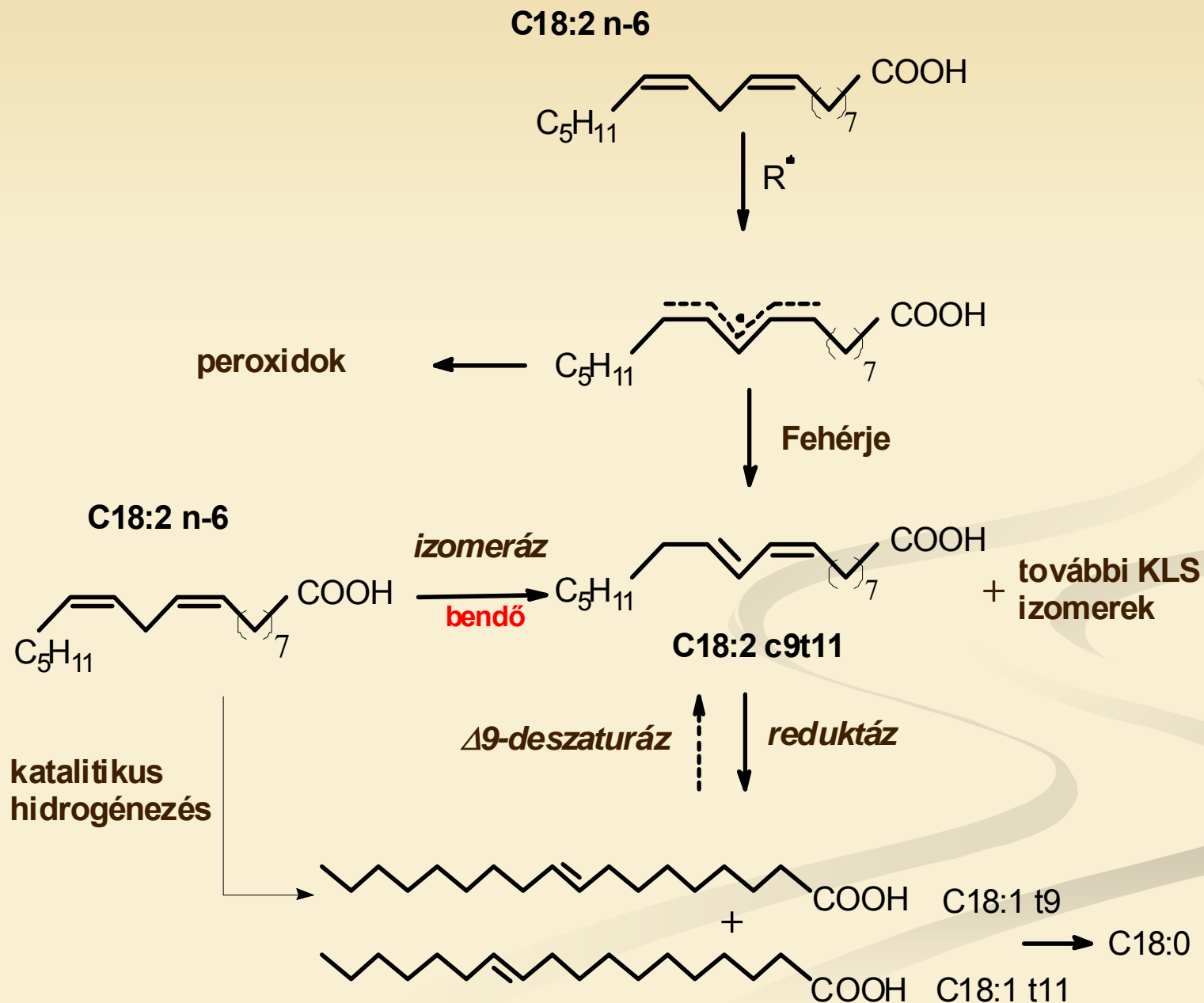
**Növényi olajokban:**

**Parciális hidrogénezéssel (kevés),  
hőkezeléssel.**

## Egyes tejtermékek KLS-tartalma

<b>Termék neve</b>	<b>KLS-tartalom (g/100g zsír)</b>	<b>Hivatkozás</b>
Pasztörözött tej	0,55–0,98	<i>Chin és mtsai, 1992; Fritsche és Steinhart, 1998</i>
Sűrített tej	0,63–0,70	<i>Chin és mtsai, 1992; Fritsche és Steinhart, 1998</i>
Vaj	0,45–1,19	<i>Fogerty és mtsai, 1988 Jiang és mtsai, 1998</i>
Sajt	0,29–0,71	<i>Chin és mtsai, 1992 Jiang és mtsai, 1998</i>

# A KLS kialakulása különböző forrásokból





## A konjugált linolsavak és biológiai hatásuk az emberi szervezetben

- Csökkenti a bőrrák és a gyomorrák kialakulásának valószínűségét egerekben [*Pariza és Hargraves, 1985; Ha és mtsai, 1987, 1990*].
- Emlőrák esetében jelentős antikarcinogén hatást gyakorol patkányokban [*Ip és mtsai, 1991, 1994*].
- Sejtkultúrákban citotoxikus hatást gyakorol az emberi rákos sejtekre [*Schultz és mtsai, 1992*].
- A szöveti sejtek membránjának foszfolipid frakciójába a c9,t11-C18:2 izomer beépül [*Ip és mtsai, 1991; Ha és mtsai, 1990*].

## **Mennyi KLS-t kell elfogyasztani, hogy kedvező élettani hatása megmutatkozzon?**

**Állatkísérletek alapján becsült érték: 3,5 g KLS/nap  
*[Ip és mtsai, 1991].***

**A napi KLS-fogyasztás:**

**Egyesült Államok: 0,5–1g *[Parodi, 1994]***

**Ausztrália: 0,5–1,5 g *[Parodi, 1994]***

**Németország: kb. 0,4 g *[Fritsche és Steinhart, 1998]***