



# Pektinek és pektinázok

Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék  
2020.10.12.



# Előadás menete

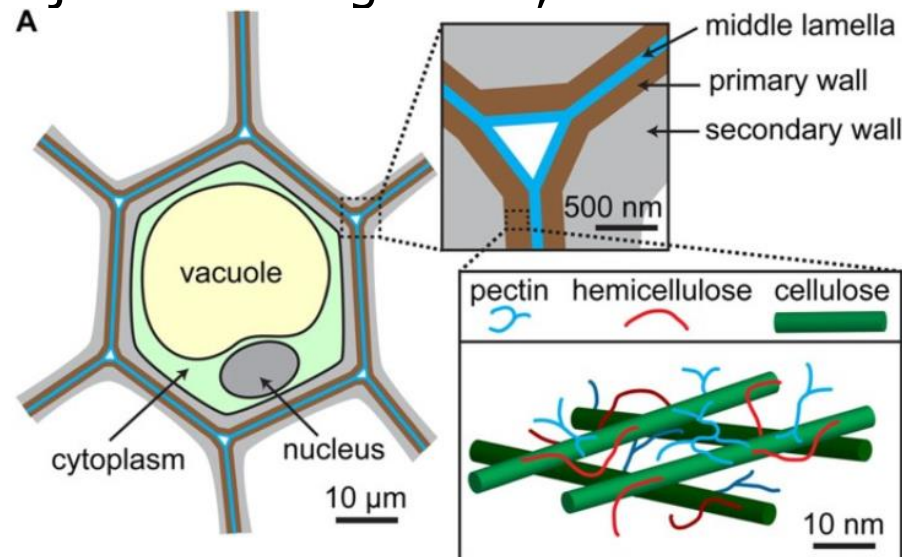
---

- Pektin szerkezete
- Pektin előállítása és felhasználása
- Pektin bontó enzimek
- Enzimek felhasználása



# Bevezetés

- Nagy molekula súlyú (25-360kDa), negatívan töltött, savas karakterű poliszacharidok
- Előfordulása:
  - Sejtfal alkotó: közti lemezben található legnagyobb mennyiségben
  - Növények teljes zöldtömegének 0,5-4%-a



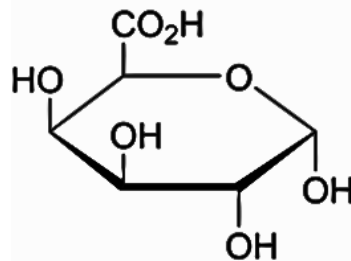


- Nehezen határozható meg
  - Feldolgozás, kinyerés, tárolás során változik
  - Fajról-fajra eltérő



PEKTIN: **Nem** egy egzakt szerkezetű molekula

**Hanem poliszacharid család, amely galakturonsav származékokaiból épül fel**



D-galakturonsav (GalA)



# Pektin vegyületcsoportok

---

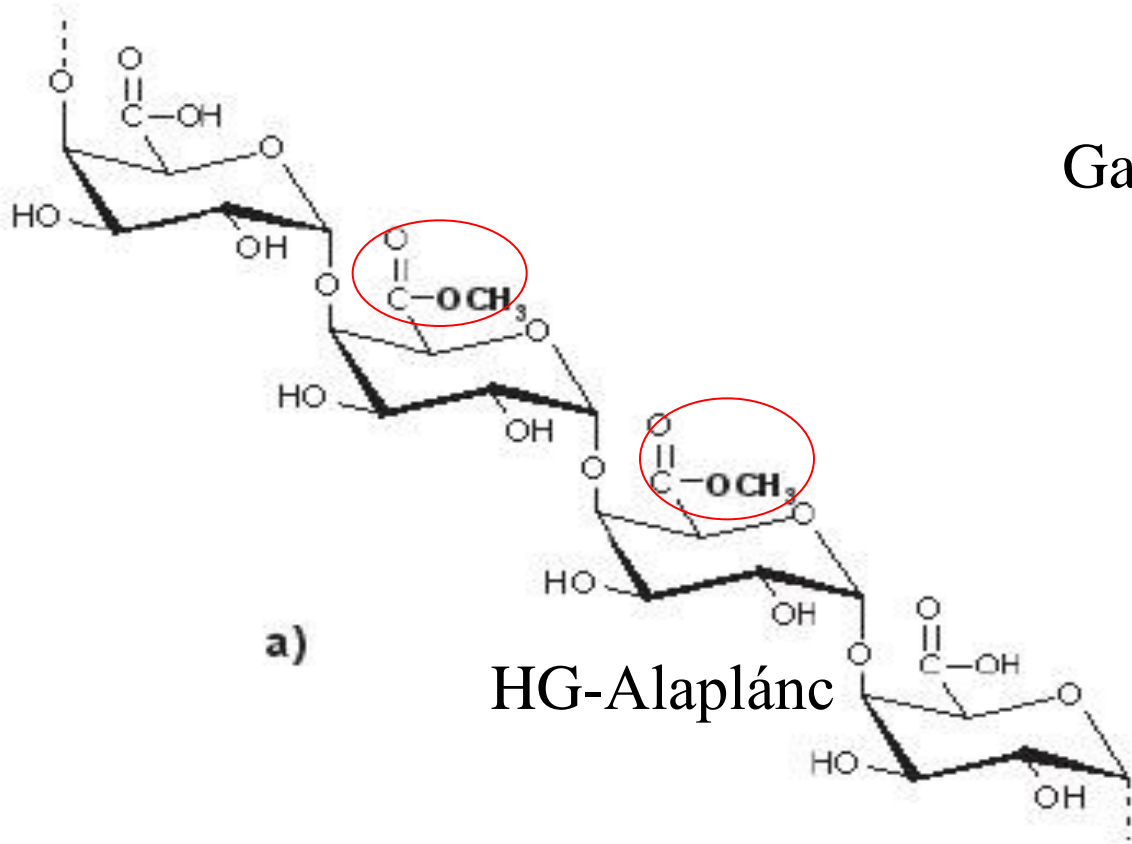
1. Homogalakturán (HG)
2. Szubsztituált galakturánok
  - Xilogalakturán
  - Apiogalakturán
  - Ramnogalakturán II (RGII)
3. Ramnogalakturán I (RGI)



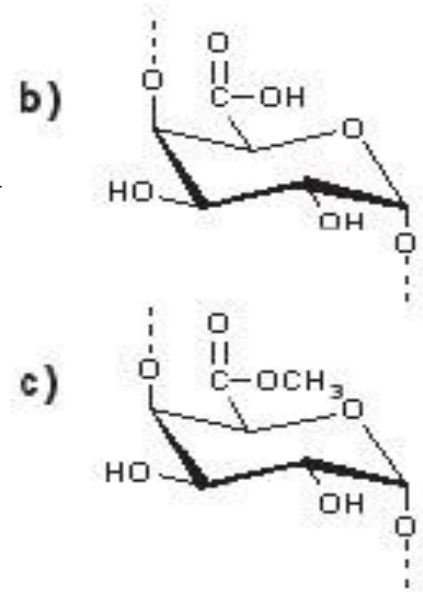
# 1. Homogalakturán

---

- Lineáris lánc
- Homopolimer
- $\alpha$ -(1,4)-kötések
- Metil észter helyettesítés
- Észterezettség foka (DE-Degree of Esterification)
  - Észterezett GalA/Összes GalA
  - Faj, szövet, fejlettség függő
  - 60-90%
  - Gélesedést befolyásolja



GalA

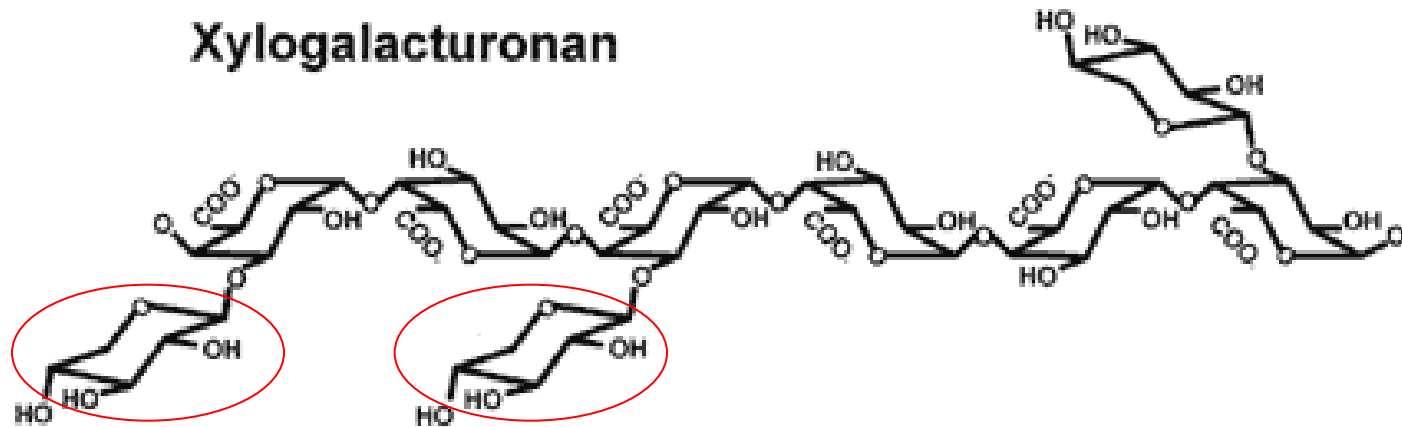


Metil-észter helyettesített GalA



## 2. Szubsztituált galakturánok

- Xilogalakturán
  - $\beta$ -D-xilóz, C3 atomon
  - Csak reprodukív szövetekben (mag, gyümölcs, pollen)

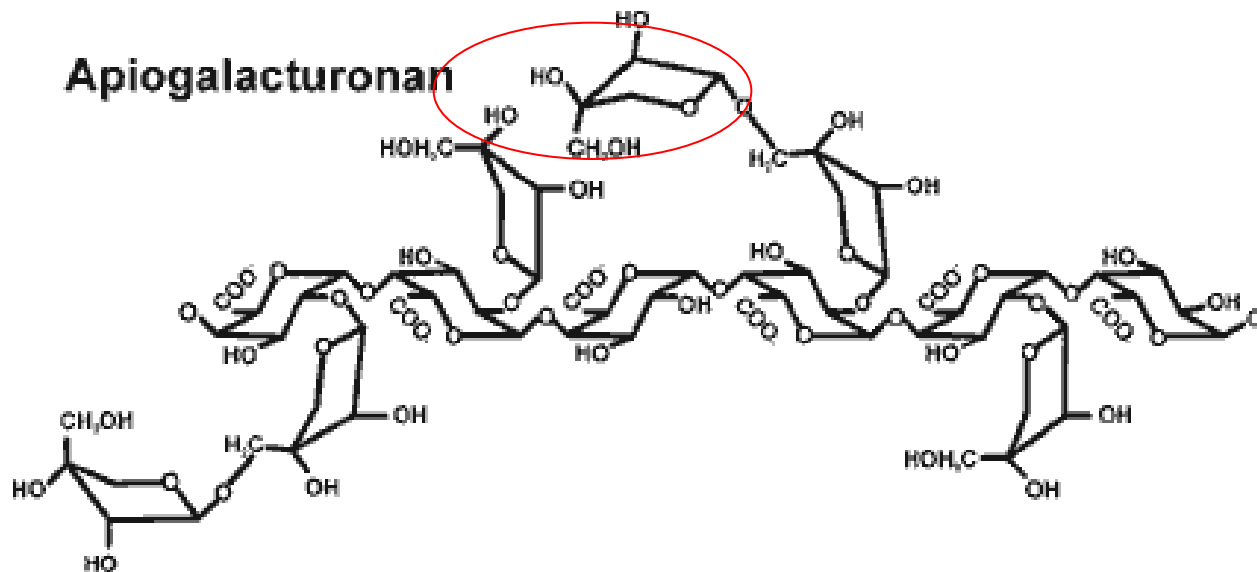






## 2. Szubtituált galakturánok

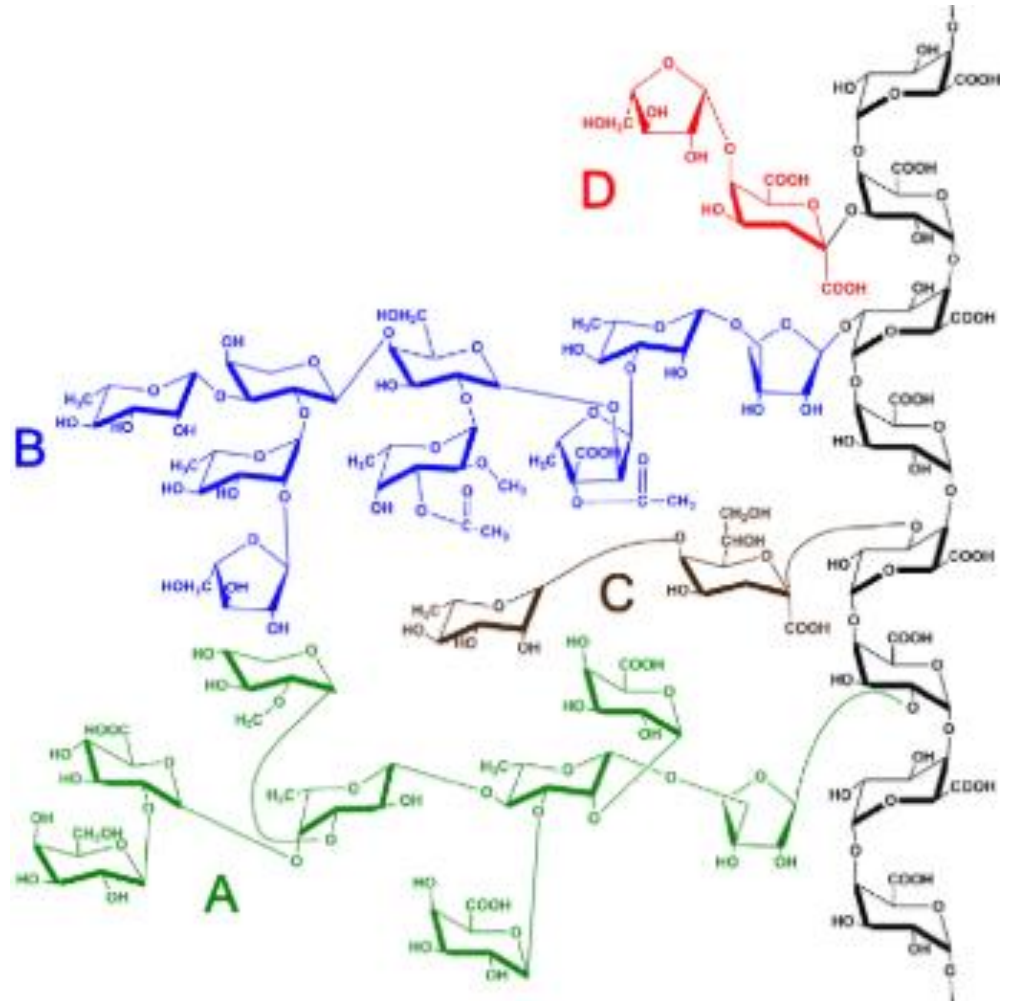
- Apiogalakturán
  - Apióz(5C atomos cukor), apióz dimer C2 atomon
  - Bizonyos vízi egyszikűekben (békálnecse)





## 2. Szubtituált galakturánok

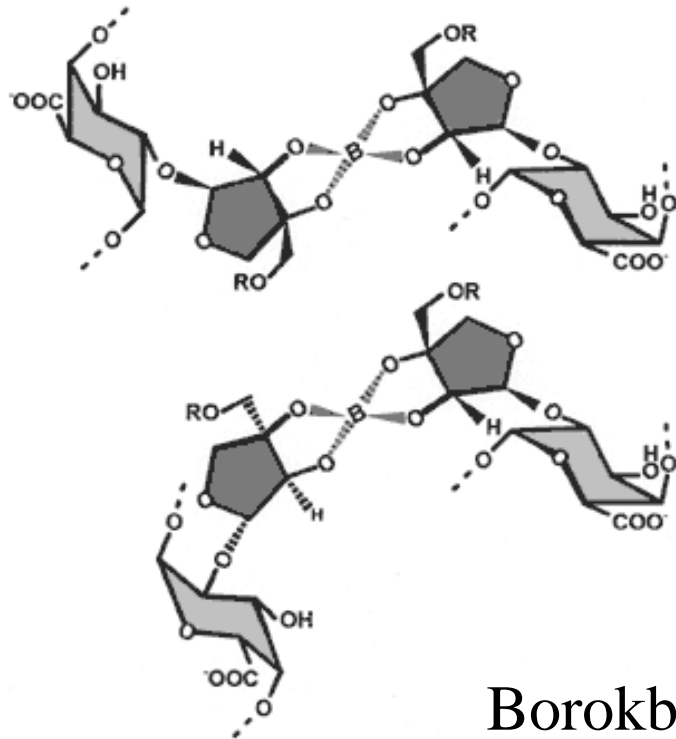
- RamnogalakturánII
  - Szerkezete a legállandóbb
  - 7 tagú HG lánc+
  - 4 (A,B,C,D) odallánc
  - Borát-diol-észter dimer formában fordul elő a sejtfalban



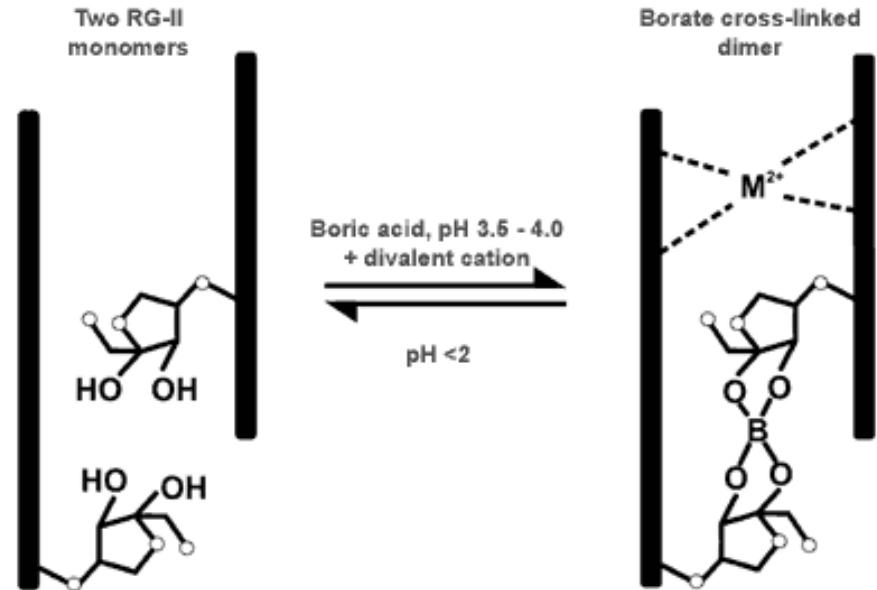


# Dimer forma

Borát ion királis  
Kétféle konfiguráció



Reverzibilis keresztkötés  
pH függő, fémoonnal stabilizálódik

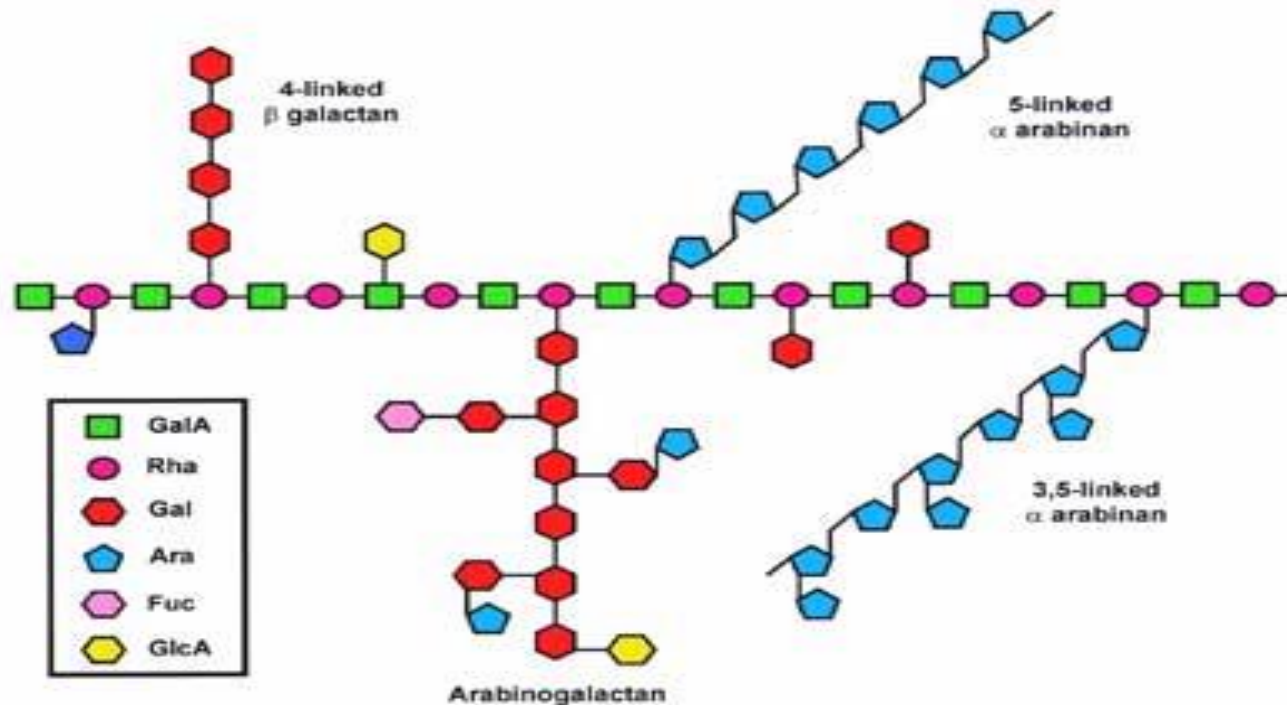


Borokban alacsony szabad  $Pb_{2+}$



# 3. Ramnogalakturán I

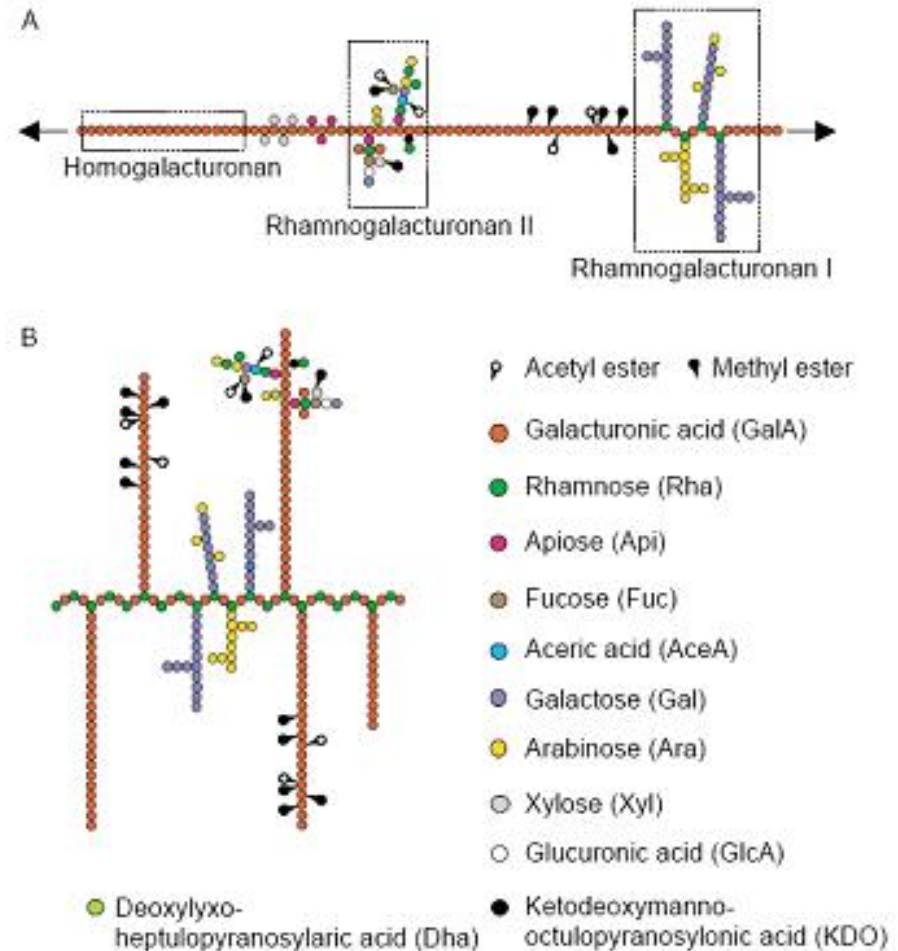
- HG alapláncba minden GalA után L-ramonóz
- Elágazó
- Igen változatos( oldallánc összetétele, hossza)
  - arabinóz, galaktóz, fukóz,glükoronsav, kumár és ferulasav...
  - Elágazó vagy lineáris oligomerek, polimerek





# Pektin térszerkezete

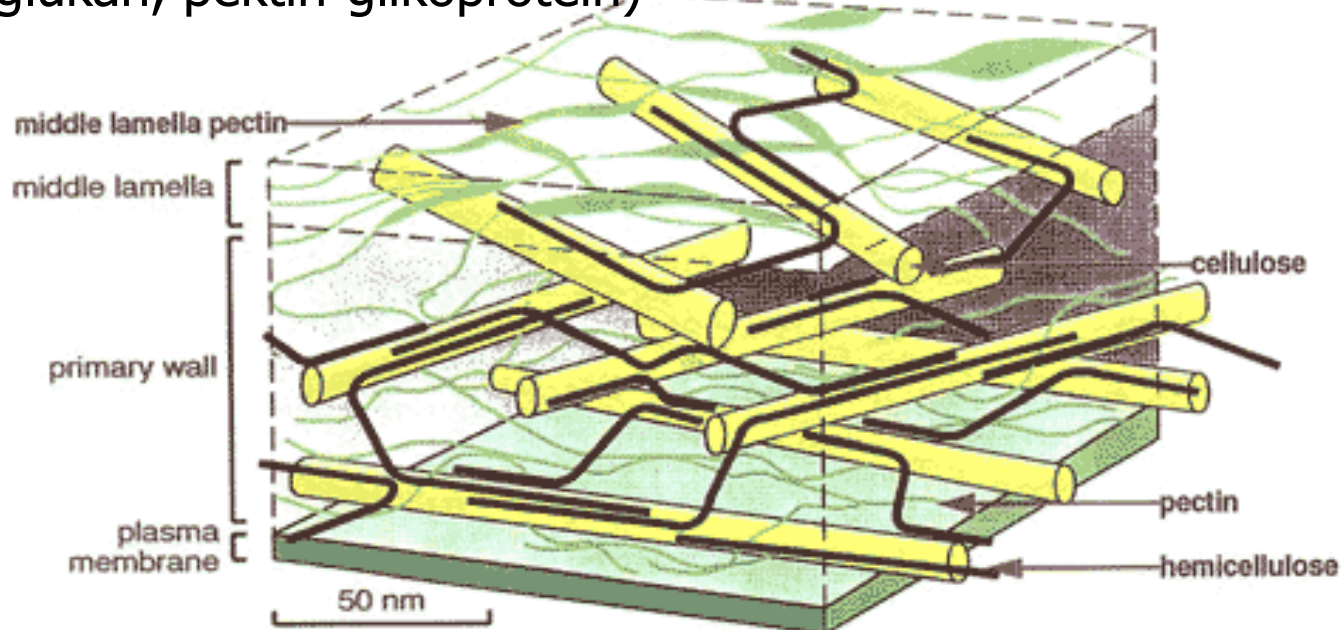
- Feltételezés A
  - HG-RGI-RGII-lánc
  - Sima, elágazó régiók
- Feltételezés B
  - RGI aplánc
  - HG, RGII oldalláncok
- ???





# Pektin térszerkezete

- Pontos térszerkezet nem ismert
- Több féle keresztkötés (kovalens, ionos)
  - Pektinen belül (pl. borát-észter-dimer RGII)
  - Ionos kötés (anionos jelleg—>kalcium/magnézium-pektát forma)
  - Egyéb sejtfal komponensekkel (pektin-hemiellulóz, pektin-xiloglükán, pektin-glikoprotein)





# Pektin nevezéktan

Amerikai Kémiai Társaság (American Chemical Society) négy csoportba sorolja a pektin származékokat

- 1. Protopektin** (Protopectin): vízoldhatatlan pektin származék, ami az ép, élő növényi szövetekben van jelen, a pektin természetben előforduló formája. Hidrolízise során pektint vagy pektin(ikus) savat nyerünk.
- 2. Pektin sav** (Pectic acid): vízoldható galakturán polimer, ami elhanyagolható mennyiségű metil észter csoportot tartalmaz. Sóit pektátoknak nevezik.
- 3. Pektinikus sav** (Pectinic acid): a galakturán lánc karboxil csoportjai legfeljebb 75%-ban metiláltak. Sóit pektinátoknak nevezik.
- 4. Pektin** (Pectin vagy polymethyl galacturonate): az a polimer, amiben a galakturán lánc karboxil csoportjainak legalább 75%-a metilált.



# Pektin előállítása

---

- Gyümölcsle gyártás maradékaiból
  - Alma törköly 10-15%
  - Citrushéj 20-30%
  - Cukorrépa hulladék, napraforgófej, mangó feldolgozás hulladéka
- Eljárás
  - Forró, híg sav
  - Bepárlás
  - Alkoholos kicsapás
  - Szárítás
  - Örlés





## ... és felhasználása

- EU és FAO
  - Az a polimer tekinthető élelmiszeripari felhasználás szempontjából pektinnek ami legalább 65%-ban galakturonsavból áll
- Zselésítés, sűrítés, stabilizálás
- INS (International Numbering System) szám: E440



Food and Agriculture  
Organization of the  
United Nations



## Egyéb felhasználás:

- Koleszterin szint csökkentő
- Toxikus kationok felszívódása ellen
- Vérzés csillapítás (véralvadási időt csökkenti intravénásan adagolva)
- Hasmenés megszüntetése (a széklet viszkozitását növeli)
- Elhízás megelőzése (telítettség, és felszívódást gátol)
- Gyógyszerek – segédanyag, hordozó, bevonó (vastagbélben bomlik csak le)

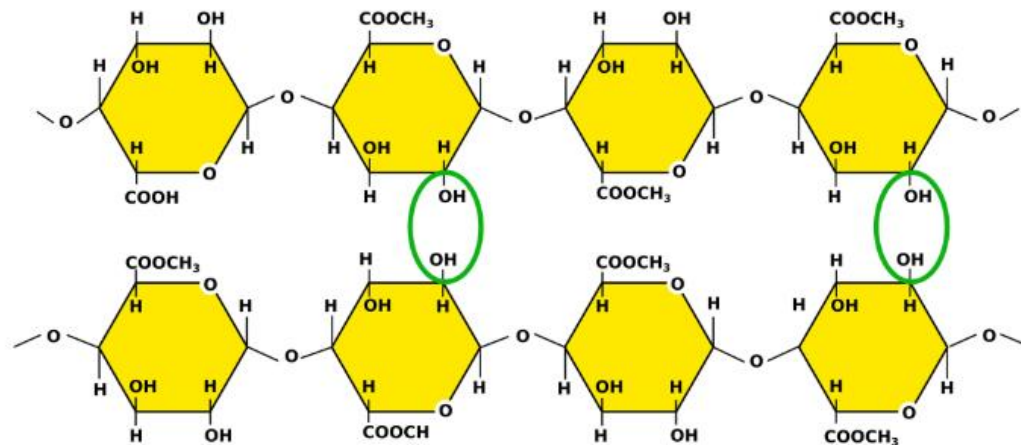


- Gél: HG keresztkötésekkel kapcsolódik
- Egyértékű sói vízben jól oldódnak, de csomóképzés
- Többértékű sói gyengén vagy nem oldódnak
- Oldott állapotban
  - Negatív töltésű láncok → taszítás + hidratáció
  - Stabilitás pH és hőm. függő
- Gélképzés
  - Kisebb pH → karboxil ionos formája csökken → láncok összetapadhatnak



Kétféle gélesedési mechanizmus:

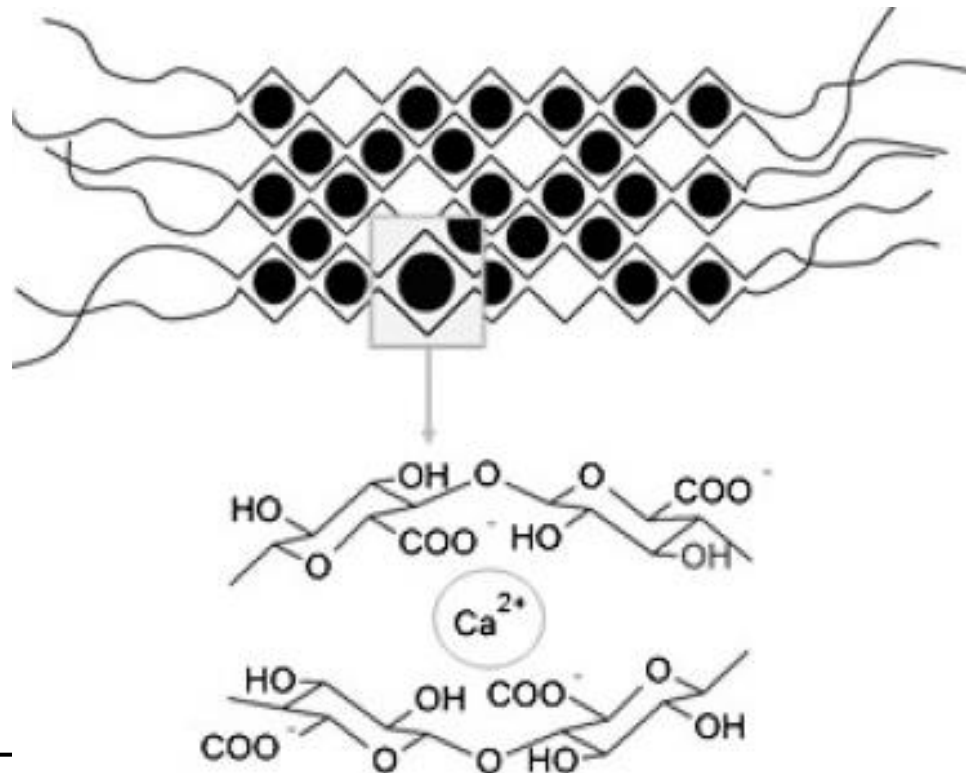
- HM (high methoxyl) pektinek (DE = 60 – 75%)
  - Kevés karboxil csoport → többértékű ionokkal nem kicsapható
  - Oldott anyag szükséges (cukor): hidratációt csökkenti
  - Sav: ionizációt csökkenti
  - H-hidak
  - rugalmas
- lekvárok





- LM (low methoxyl) pektinek (DE = 20 – 40%)

- „egg-box” szerkezet
- kétértékű fémion kell (kelát képződés)
- Egyszerű kicsapás
- pH változásra kevésbé érzékeny
- törékenyebb



- Diétás termékek



# Pektinbontó enzimek

Enzim	E.C. szám	Mechanizmus	Felismerési hely	Szubsztrát	Termék
<b>Észterázok</b>					
Pektin metil észteráz (PME)	3.1.1.11	Hidrolízis	Random	Pektin	Pektin sav és metanol
<b>Depolimerázok - hidrolázok</b>					
Protopektináz (PPáz)		Hidrolízis	Random	Protopektin	Pektin
Endopoligalakturonáz (Endo-PGáz)	3.2.1.15	Hidrolízis	Random	Pektin sav	Oligogalakturánok
Exopoligalakturonáz (Exo-PGáz)	3.2.1.67	Hidrolízis	Láncvégi	Pektin sav	Monogalakturonsav
Exopoligalakturán-digalakturonohidroláz	3.2.1.82	Hidrolízis	Utolsó előtti kötés	Pektin sav	Digalakturánok
Oligogalakturán hidroláz		Hidrolízis	Láncvégi	Trigalakturánok	Monogalakturonsavak
$\Delta$ 4:5 telítetlen oligogalakturánhidroláz		Hidrolízis	Láncvégi	$\Delta$ 4:5(galakturán)n	Telítetlen monogalakturonsav és telített n-1
Endopolimetil-galakturonáz		Hidrolízis	Random	Magas DE pektin	Oligometilgalakturánok
Exopolimetil-galakturonáz		Hidrolízis	Láncvégi	Magas DE pektin	Monometilgalakturonsav
<b>Depolimerázok - liázok</b>					
Endopoligalakturán liáz (Endo-PGL)	4.2.2.2	Transzelimináció	Random	Pektin sav	Telítetlen oligogalakturánok
Exopoligalakturán liáz (Exo-PGL)	4.2.2.9	Transzelimináció	Utolsó előtti kötés	Pektin sav	Telítetlen digalakturánok
Oligo-D-galakturonid liáz	4.2.2.6	Transzelimináció	Láncvégi	Telítetlen digalakturánok	Telítetlen monogalakturonsavak
Endopolimetilgalakturán liáz (Endo-PMGL)	4.2.2.10	Transzelimináció	Random	Magas DE pektin	Telítetlen oligometilgalakturánok
Exopolimetilgalakturán liáz (Exo-PMGL)		Transzelimináció	Láncvégi	Magas DE pektin	Telítetlen monometilgalakturonsav



# 1. Protopektinázok

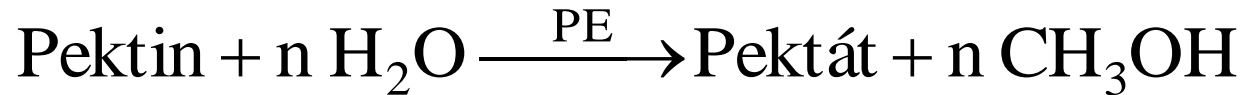
---



- PPáz A
  - galakturán láncot ismeri fel
  - élesztők termelik
- PPáz B
  - külső poliszacharid láncokat is
  - Bacillus törzsek



## 2. Pektin metil-észteráz



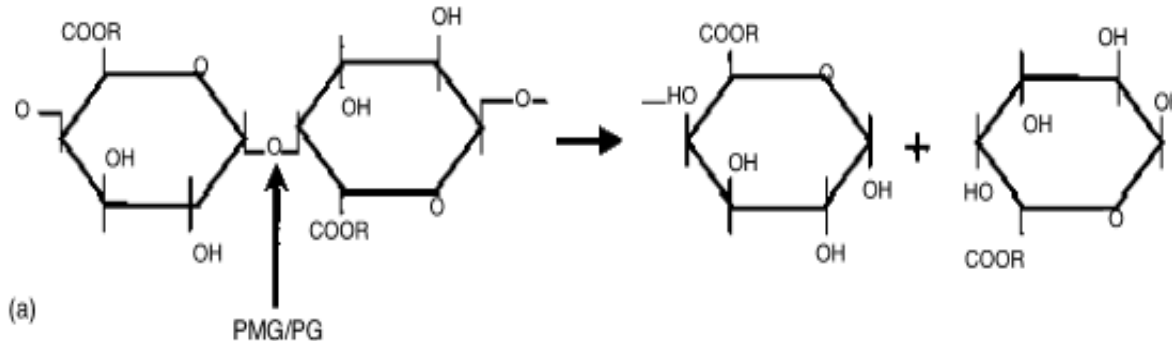
- Metil-észter kötést hasít: metanol, karboxil csop.
- Hatás mechanizmus
  - Gomba eredetű: random
  - Növényi: nem redukáló végtől indulva
- Fontos szerepet játszik a növények életében
- DE=65-70% pektinen a legnagyobb az aktivitásuk
- pH=4-9, hőm=40-50°C





### 3. Depolimerázok/Hidrolázok

- Hasítás: egy H<sub>2</sub>O belép, két OH csoport alakul ki

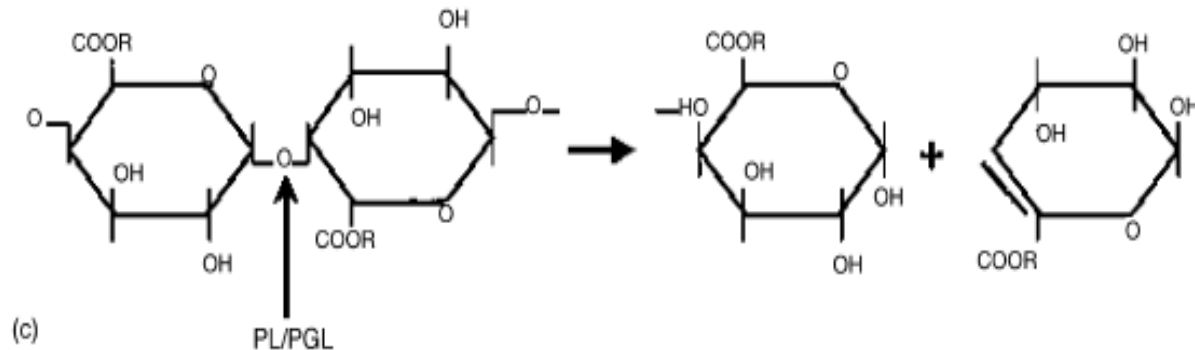


- Endo és exo poligalakturán hidrolázok



### 3. Depolimerázok/Liázok

- Hasítás: transzeliminációs reakció, nincs H<sub>2</sub>O belépés, kettős kötés alakul ki



- Endo és exo poligalakturán liázok

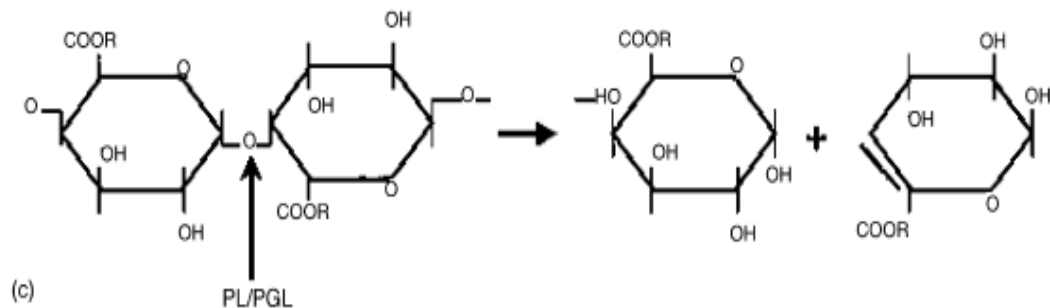
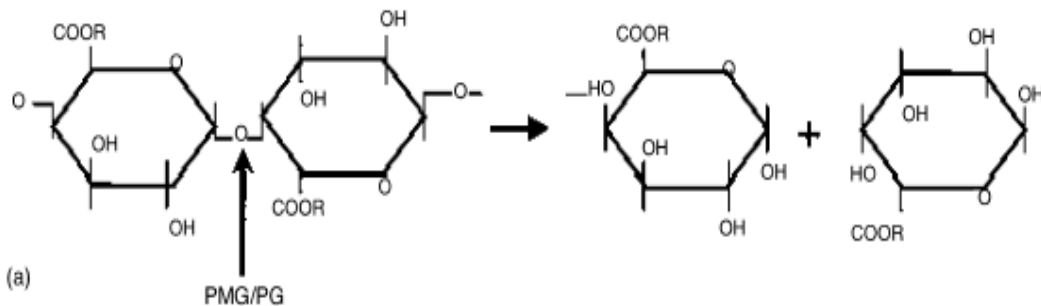


# Pektinázok – depolimerázok

**Hidrolázok** – hidrolízis:  
poligalakturanáz (PGáz)

Pektinsavon aktív: endo-PGáz,  
exo-PGáz, exo-diPGáz

Pektinen aktív: endo- és exo-  
polimetilgalakturanáz (PMGáz)



**Liázok** – transzelimináció  
(telítettség jön létre):  
poligalakturán liáz (PGL)

Pektinsavon aktív: endo-PGL,  
exo-PGL

Pektinen aktív: endo- és exo-  
polimetilgalakturán liáz (PMGLáz)



# Pektinázok felhasználása

---

1930-as évektől, nagyfokú és hatékony ipari alkalmazás viszont csak a sejtfal szerkezetének megértése után, az 1960-es évektől

- Savas pektinázok

- Lé kinyerés hatásfokának javítása, pektin tartalom lebontása vagy stabilizálása

- Általában gomba eredetű enzimek
- Tiszta levek: alma, szőlő, eper
- Zavaros levek: narancs



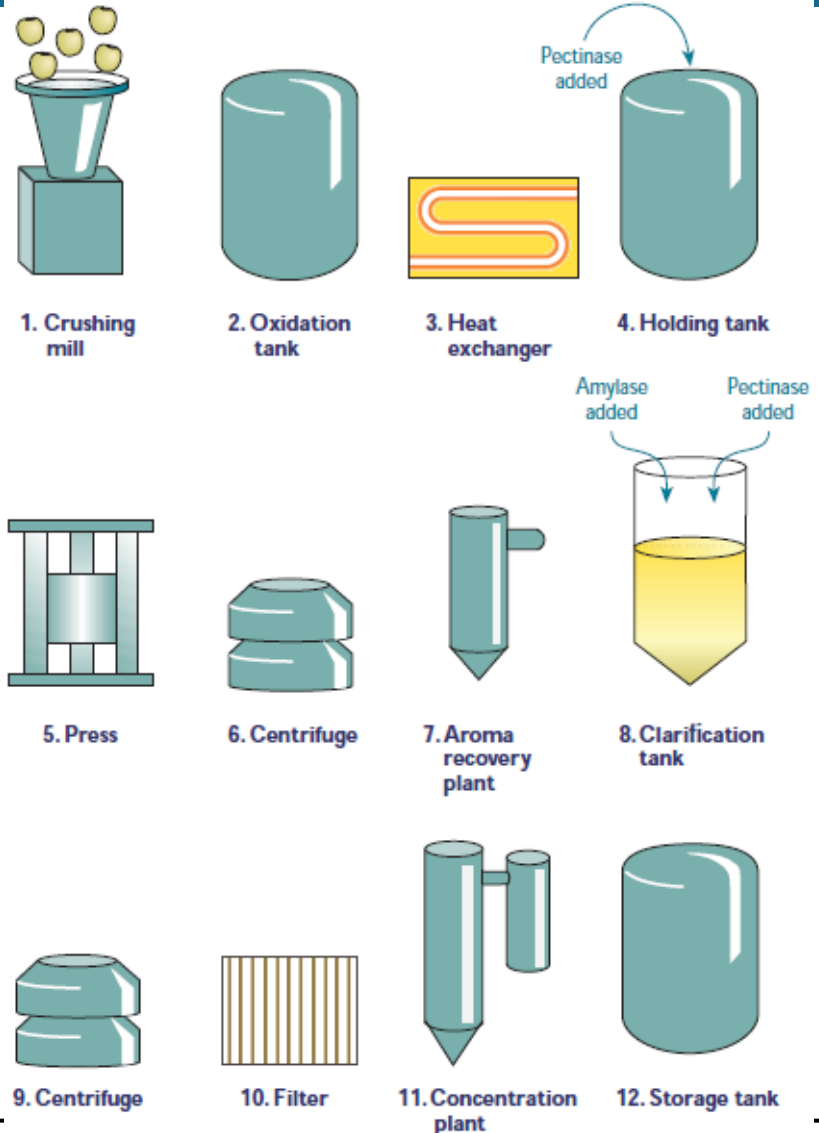
# Tiszta levek: almalé gyártás

- Préselés és szűrés hozamának növelése
- Lebegő anyag eltávolítása, kicsapása
- Alma pektin DE nagy
- Más sejtfal akótokhoz is köt, ezért nem csak pektinázokat adnak



# Tiszta levek: almalé gyártás

1. Aprítás
2. Polifenol oxidáció (polifenolok inhibeálják az enzimeket)
3. Hőmérséklet optimum elérése (alma 30°C, eper 50 °C)
4. Enzimes kezelés: 15 perc – 2 óra
5. Préselés
6. Centrifugálás: „zavaros” almalé
7. Aroma kinyerés – flash pasztörözés
8. Enzimes kezelés: lebontás és „ködrészecskék” kicsapása
9. Centrifugálás
10. Ultraszűrés
11. Sűrítés (a térfogat ötödére csökken)

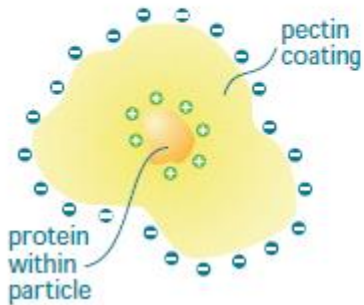




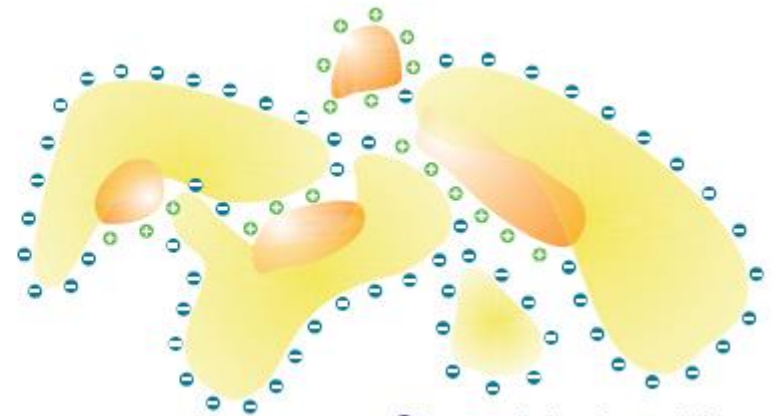
# Ködrészecskék

- Almalé pH 3,5 – pektinek negatív töltéssel rendelkeznek és körbeveszik a pozitív töltésű fehérjéket
- Pektinázok mellett segédanyagok (zselatin, tannin, bentonit) is szükségesek lehetnek a jó szűrhetőség eléréséhez

Cloud particle



Particle with some of the pectin removed, exposing the protein

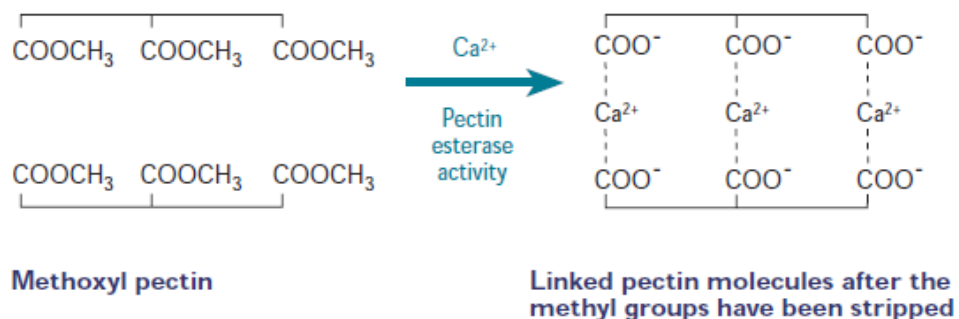


Clumped cloud particles



# Zavaros levek: narancslé gyártás

- Kihívás a zavarosság fenntartása: pektináz adagolás a viszkozitás csökkentéséhez
- Narancs: sok PEáz a gyümölcsben
- PEáz gátlás: hőkezelés (90°C)
- Enzimadagolás célja a láncok feldarabolása
- Kerülendő a Ca-pektát képződés
- Enzim: tiszta endo-PMGáz







- **Lúgos pektinázok**

- Bakteriális eredetűek
- Rostnövények (juta, len, kender, rámi vagy hócsalán, kenaf vagy rostmályva) áztatása és nyálkátlanítása → textilipar
- Pektin tartalmú szennyvizek kezelése
- Kávé és tea fermentáció (kávészem és tealevél fermentációja rövidül)
- Papírgyártás (vegyszerigény csökkenthető)
- Növényolaj extrakció (olajhozam növelhető)