



Pektinek és pektinázok

Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék
2021.10.24.



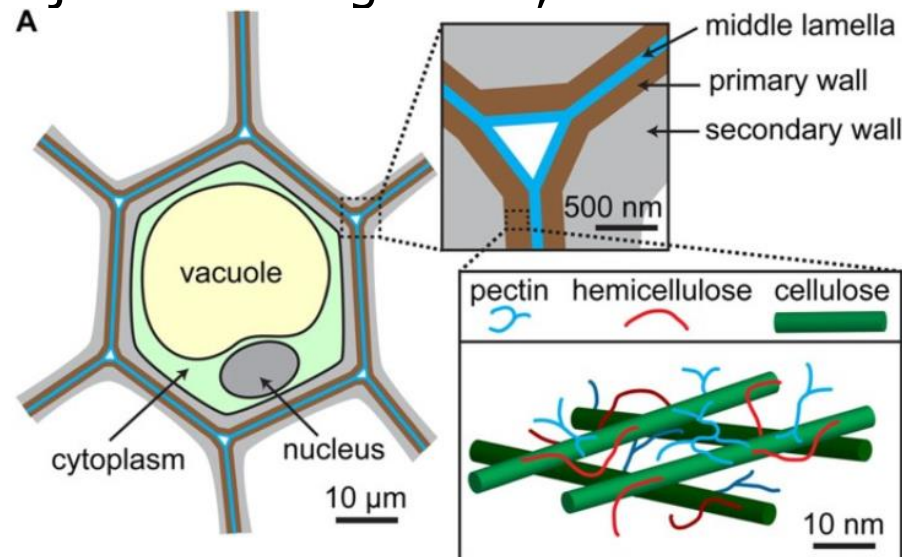
Előadás menete

- 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



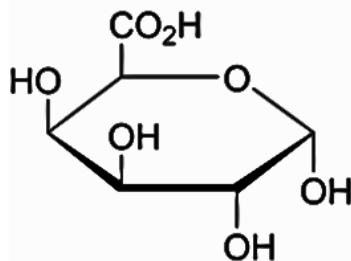


- Nehezen határozható meg
 - Feldolgozás, kinyerés, tárolás során változik
 - Fajról-fajra eltérő



PEKTIN: **Nem** egy egzakt szerkezetű molekula

Hanem poliszacharid család, amely galakturonsav származékokaiból épül fel



D-galakturonsav (GalA)



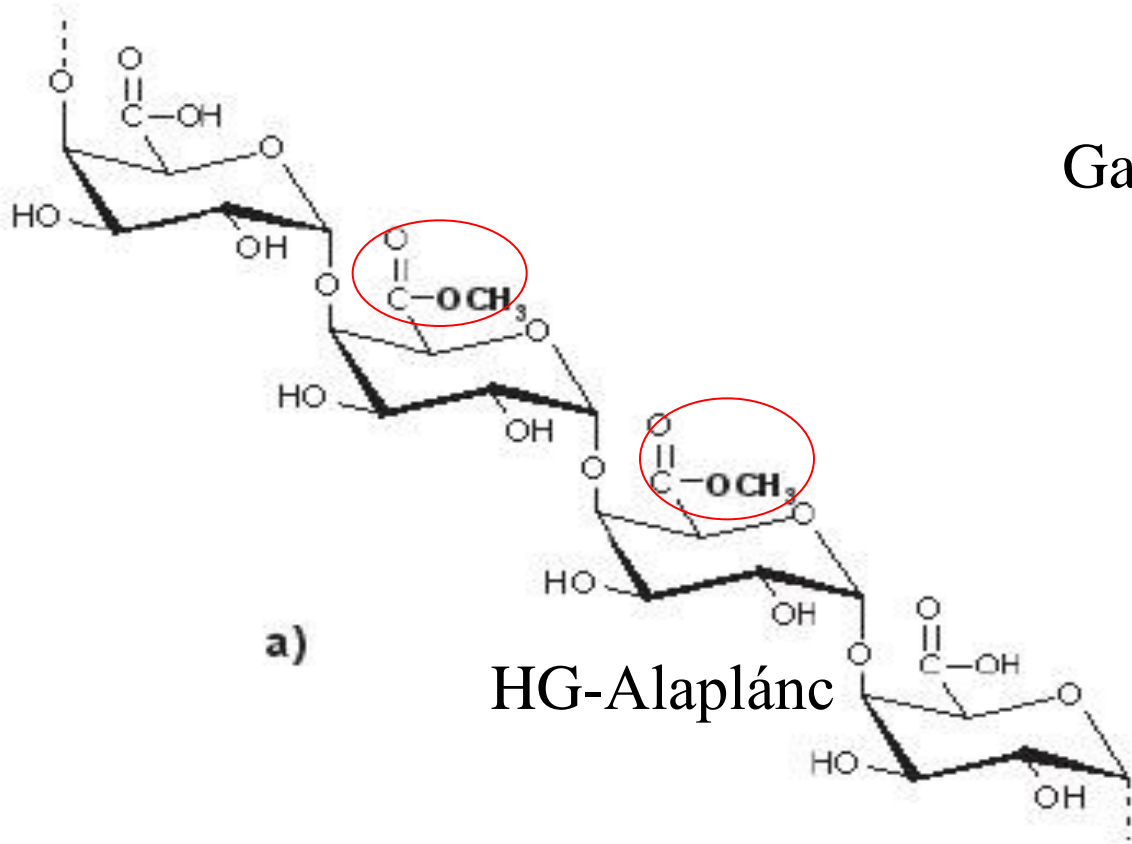
Pektin vegyületcsoportok

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

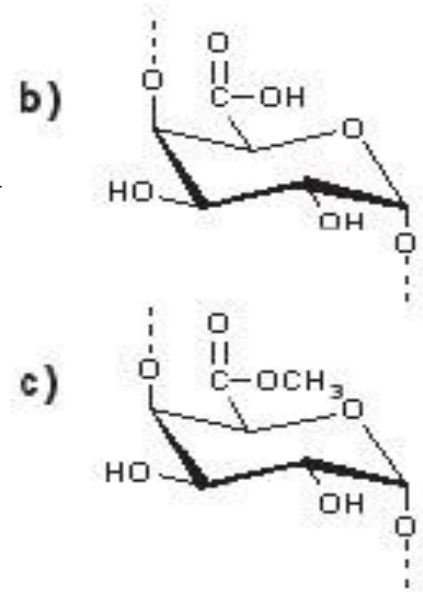


1. Homogalakturán

- Lineáris lánc
- Homopolimer
- α -(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

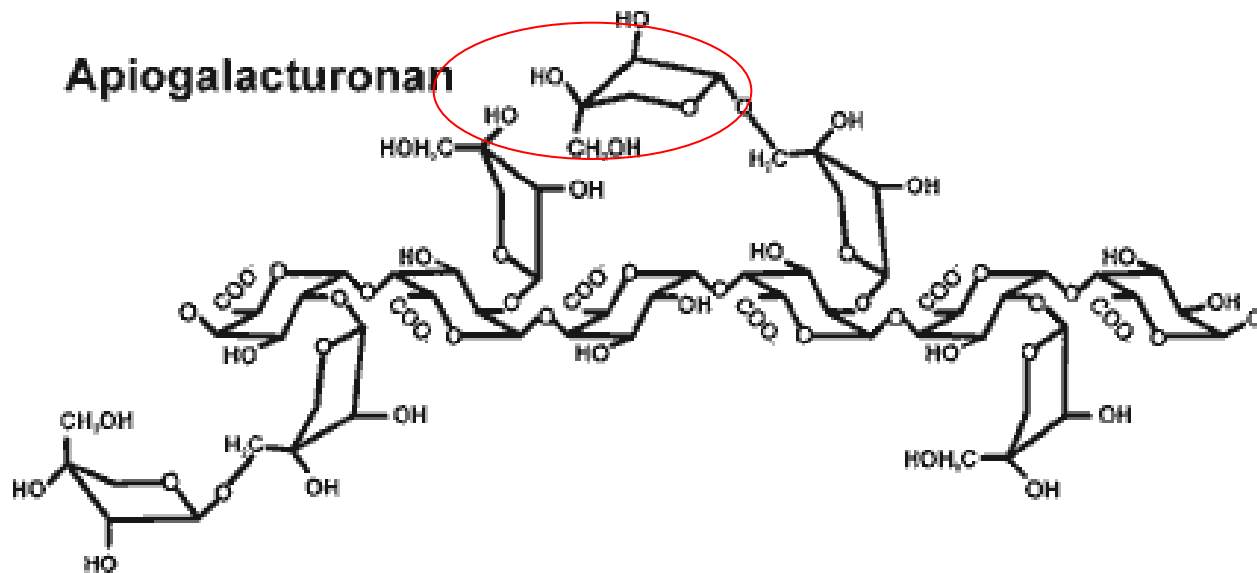


Metil-észter helyettesített GalA



2. Szubtituált galakturánok

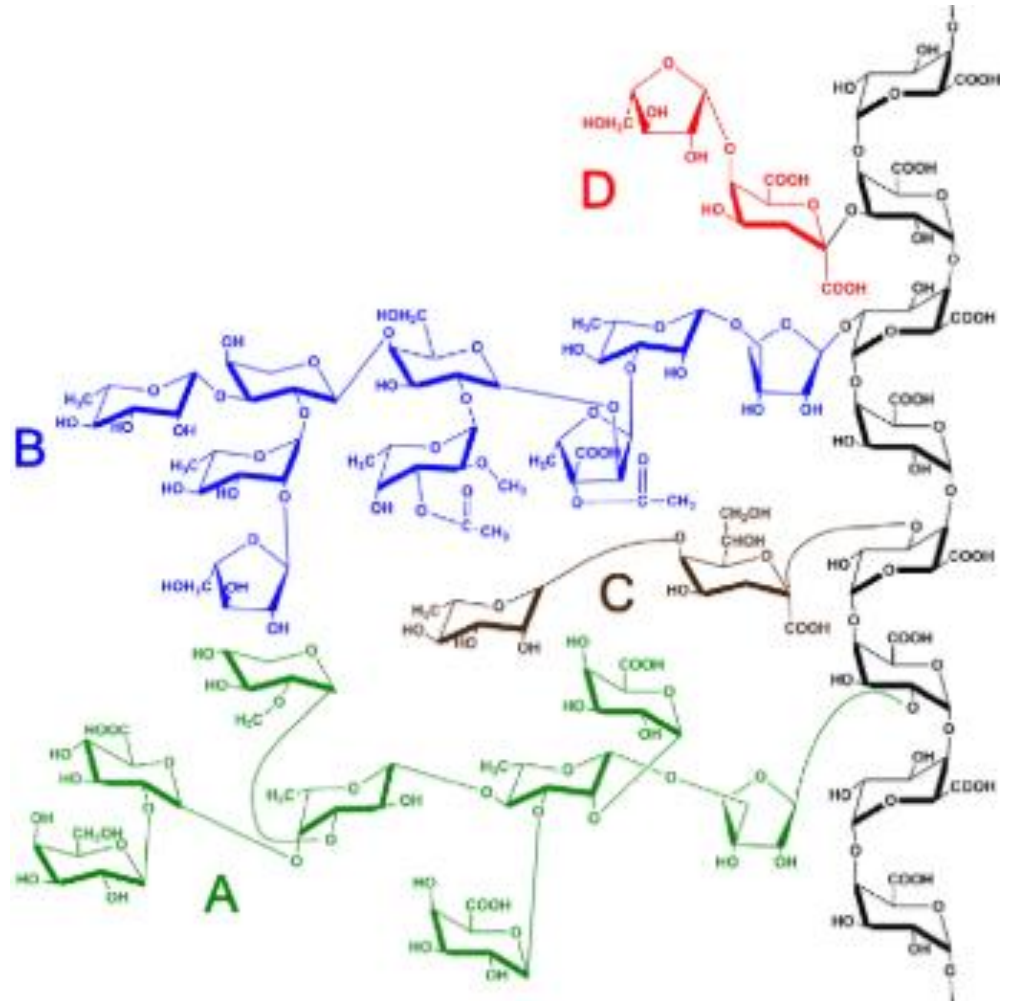
- Apiogalakturán
 - Apióz(5C atomos cukor), apióz dimer C2 atomon
 - Bizonyos vízi egyszikűekben (békálnecse)





2. Szubtituált galakturánok

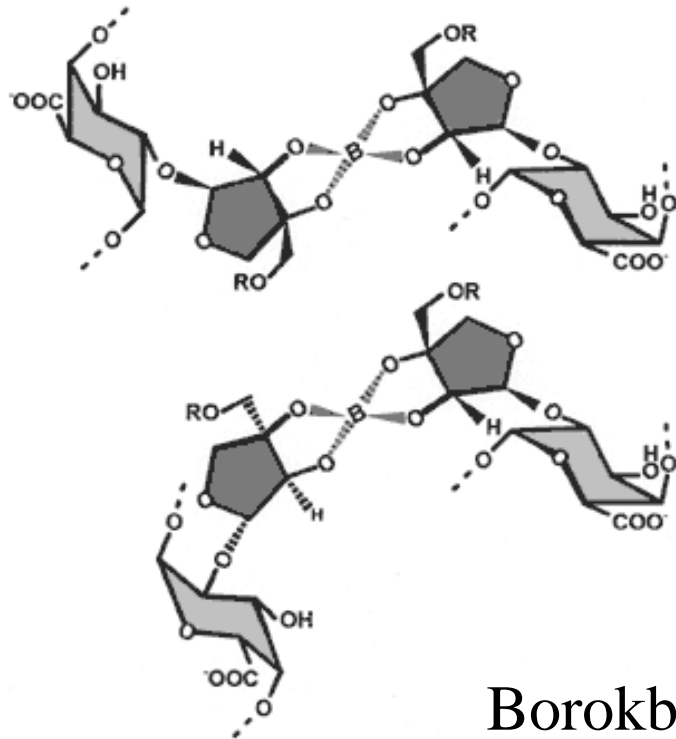
- RamnogalakturánII
 - Szerkezete a legállandóbb
 - 7 tagú HG lánc+
 - 4 (A,B,C,D) odallánc
 - Borát-diol-észter dimer formában fordul elő a sejtfaiban



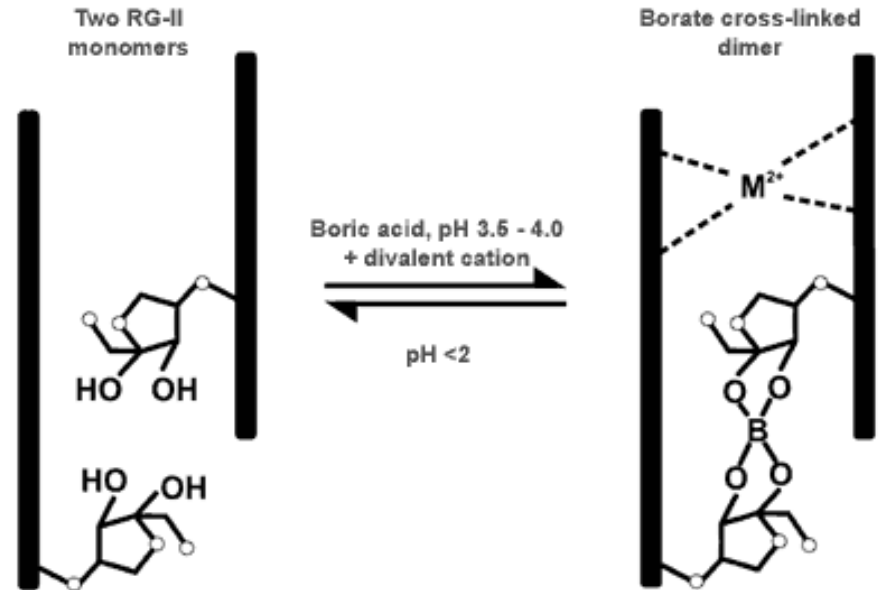


Dimer forma

Borát ion királis
Kétféle konfiguráció



Reverzibilis keresztkötés
pH függő, fémoonnal stabilizálódik

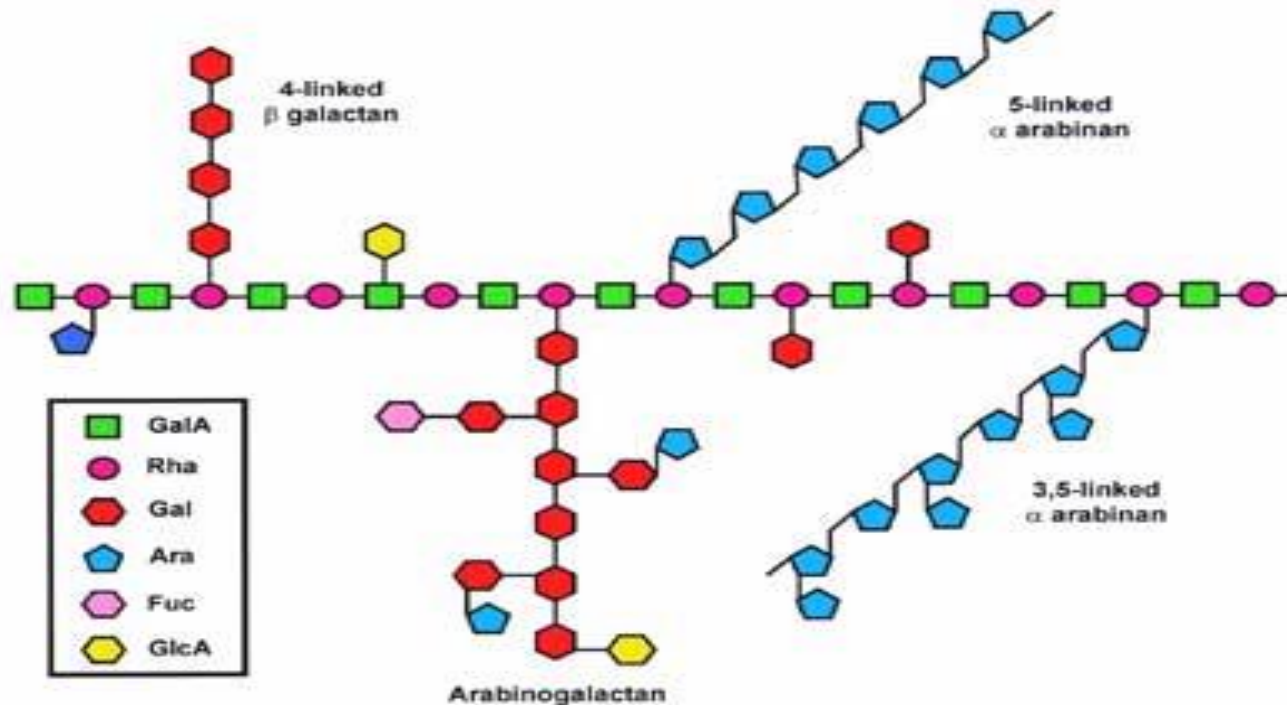


Borokban alacsony szabad Pb_{2+}



3. Ramnogalakturán I

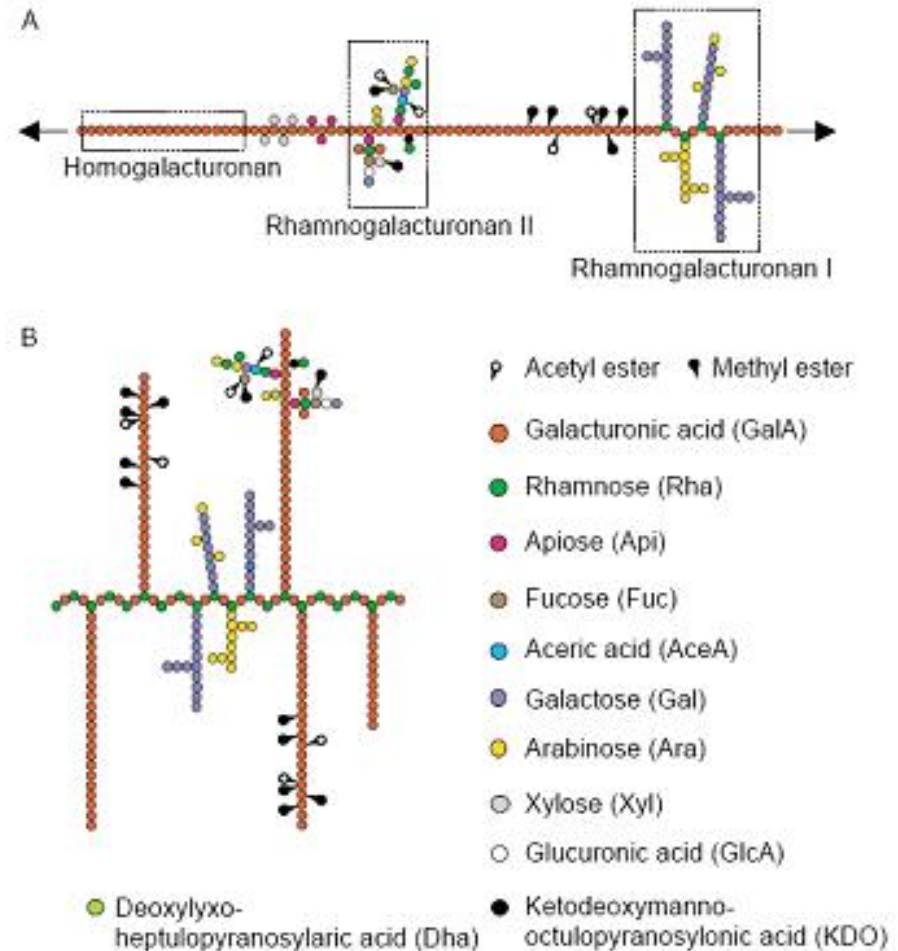
- HG alapláncba minden GalA után L-ramnóz
- Elágazó
- Igen változatos(oldallánc összetétele, hossza)
 - arabinóz, galaktóz, fukóz,glükoronsav, kumár és ferulasav...
 - Elágazó vagy lineáris oligomerek, polimerek





Pektin térszerkezete

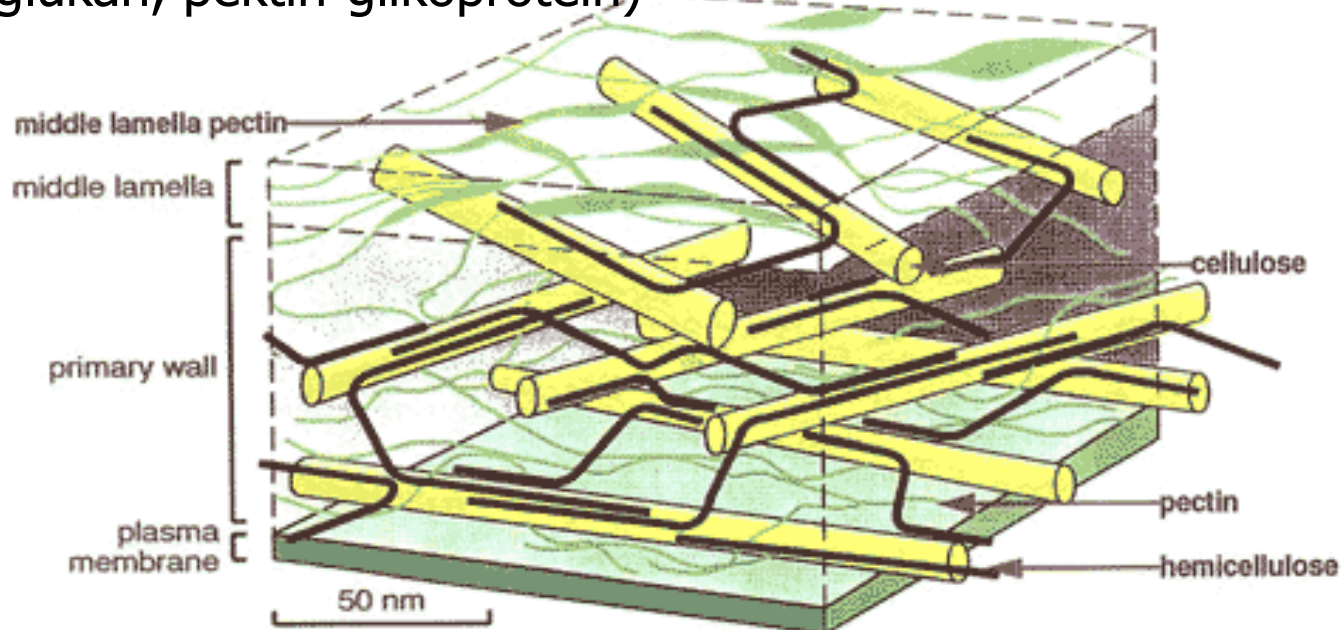
- Feltételezés A
 - HG-RGI-RGII-lánc
 - Sima, elágazó régiók
- Feltételezés B
 - RGI aplánc
 - HG, RGII oldalláncok
- ???





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)

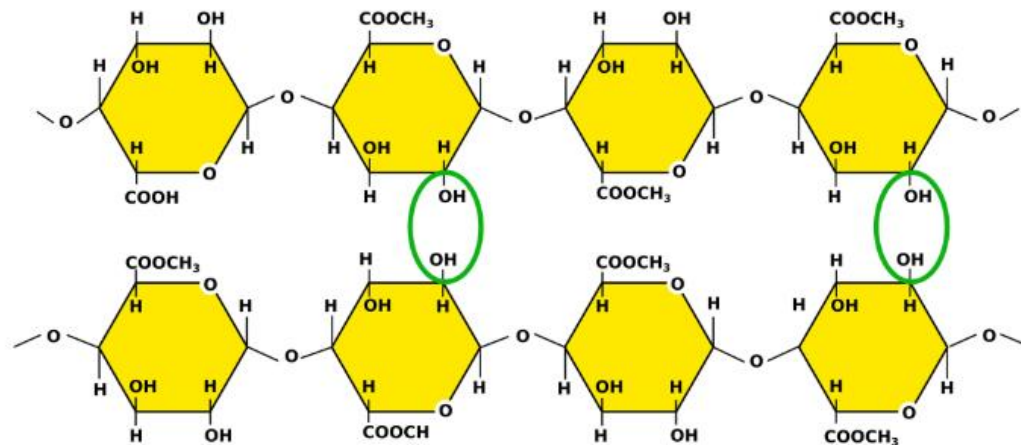


- Gél: HG keresztkötésekkel kapcsolódik
- Egyértékű sói vízben jól oldódnak, de csomóképzés
- Többértékű sói gyengén vagy nem oldódnak
- Oldott állapotban
 - Negatív töltésű láncok → taszítás + hidratáció
 - Stabilitás pH és hőm. függő
- Gélképzés
 - Kisebb pH → karboxil ionos formája csökken → láncok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



Kétféle gélesedési mechanizmus:

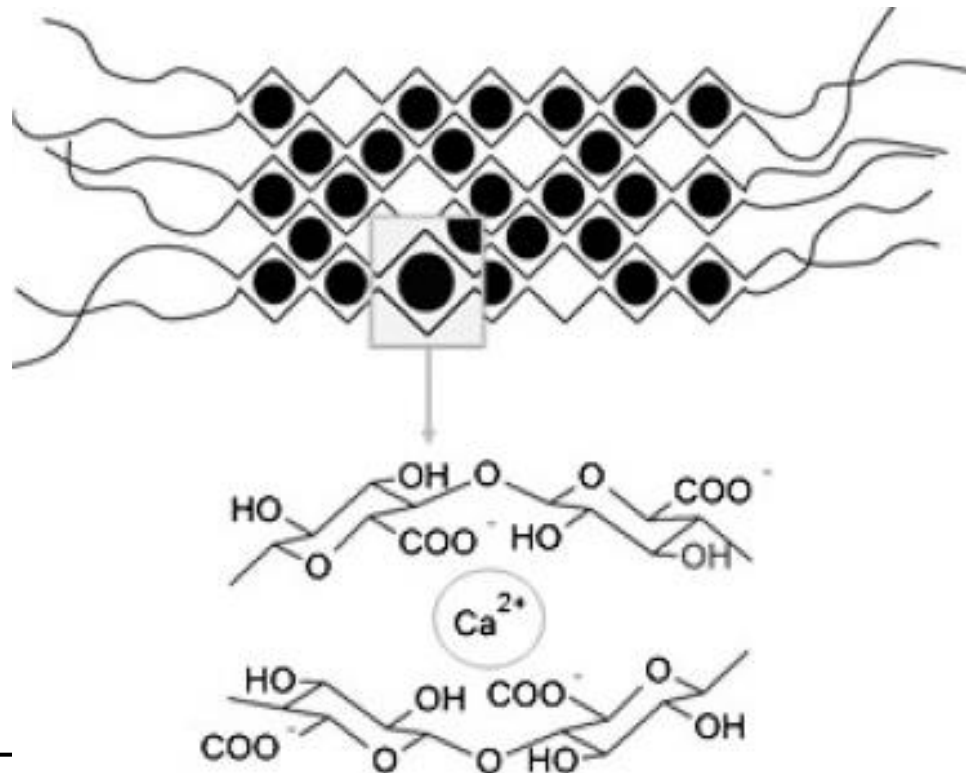
- HM (high methoxyl) pektinek (DE = 60 – 75%)
 - Kevés karboxil csoport → többértékű ionokkal nem kicsapható
 - Oldott anyag szükséges (cukor): hidratációt csökkenti
 - Sav: ionizációt csökkenti
 - H-hidak
 - rugalmas
- lekvárok





- 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
Észterázok					
Pektin metil észteráz (PME)	3.1.1.11	Hidrolízis	Random	Pektin	Pektin sav és metanol
Depolimerázok - hidrolázok					
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
Δ 4:5 telítetlen oligogalakturánhidroláz		Hidrolízis	Láncvégi	Δ 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
Depolimerázok - liázok					
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



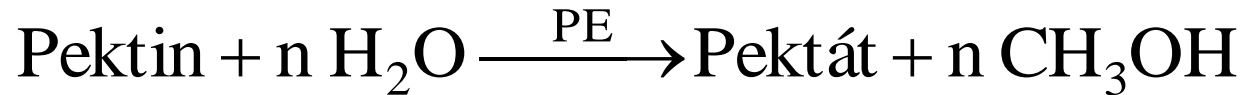
1. Protopektinázok



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



2. Pektin metil-észteráz

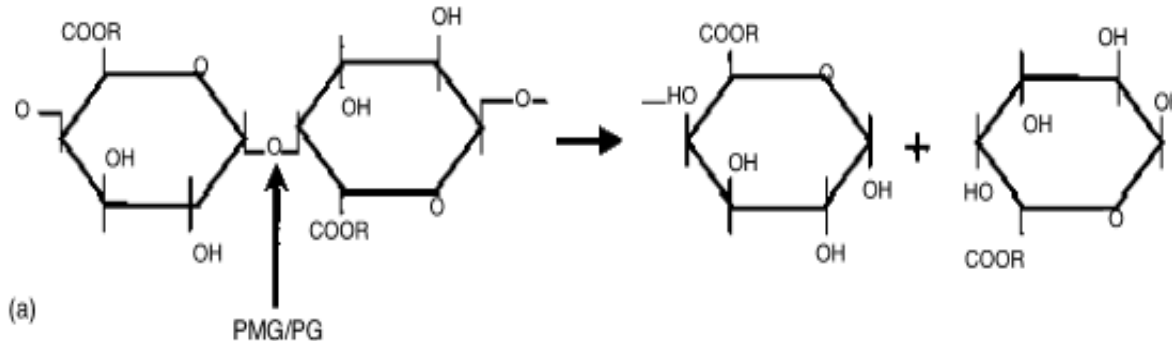


- Metil-észter kötést hasít: metanol, karboxil csop.
- Hatás mechanizmus
 - Gomba eredetű: random
 - Növényi: nem redukáló végtől indulva
- DE=65-70% pektinen a legnagyobb az aktivitásuk
- pH=4-9, hőm=40-50°C



3. Depolimerázok/Hidrolázok

- Hasítás: egy H_2O belép, két OH csoport alakul ki

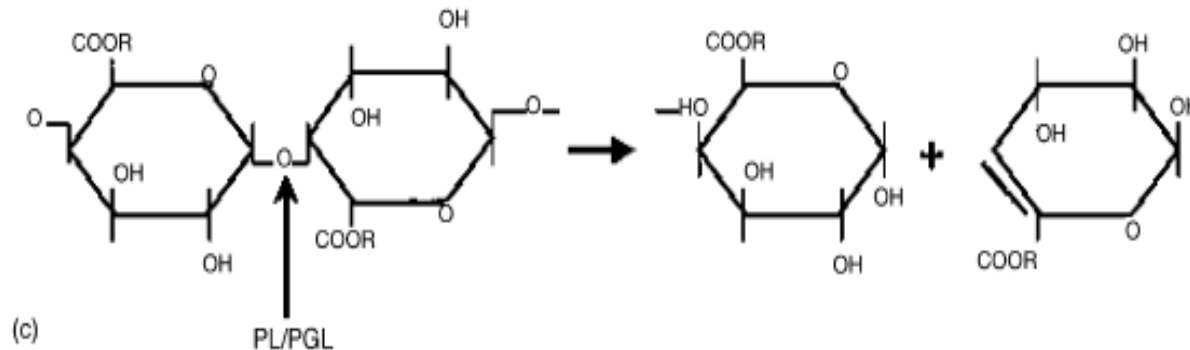


- Endo és exo poligalakturán hidrolázok



3. Depolimerázok/Liázok

- Hasítás: transzeliminációs reakció, nincs H₂O belépés, kettős kötés alakul ki



- Endo és exo poligalakturán liázok

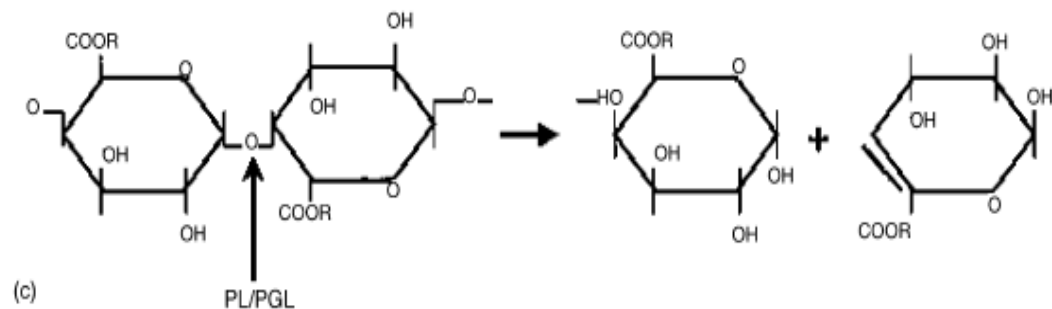
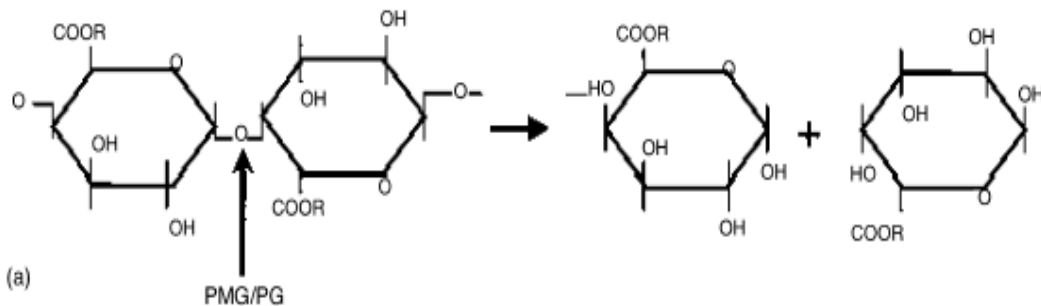


Pektinázok – depolimerázok

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



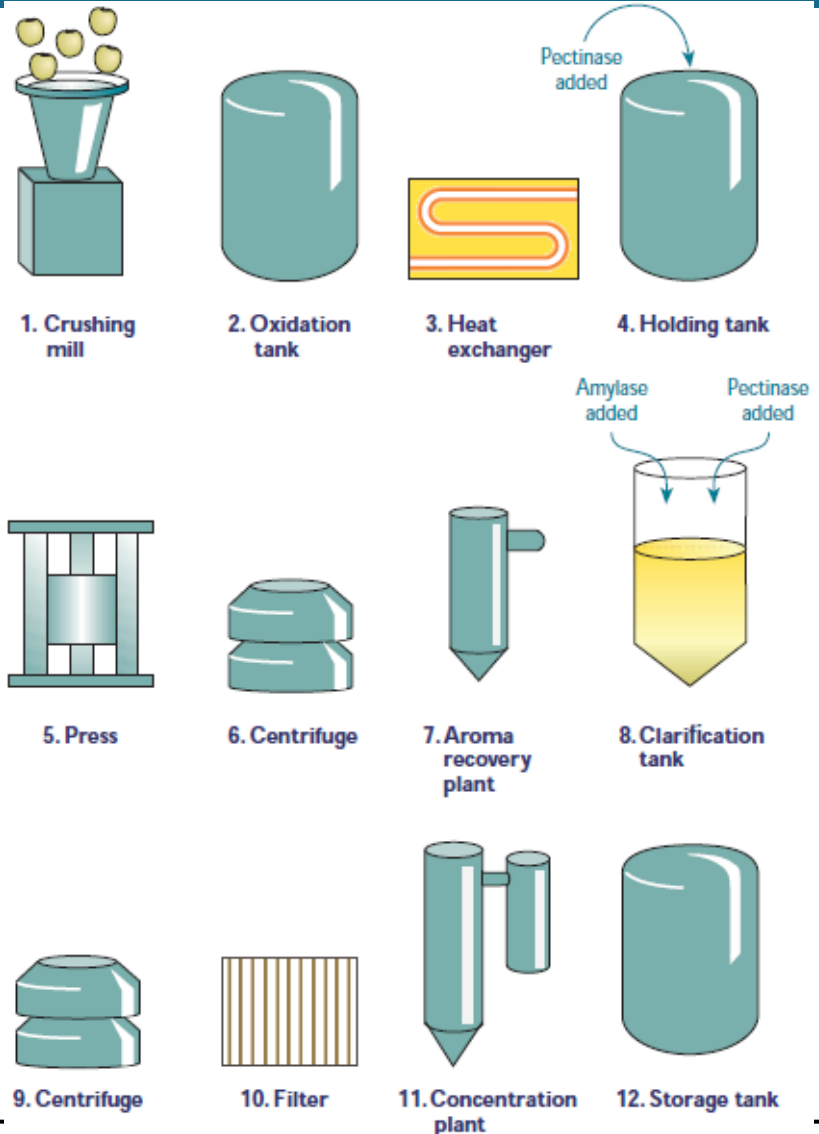
Tiszta levek: almalé gyártás

- 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)

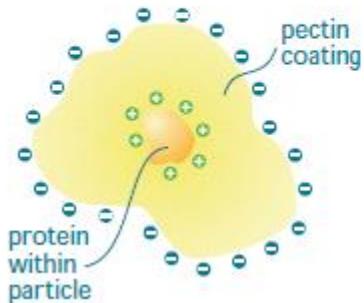




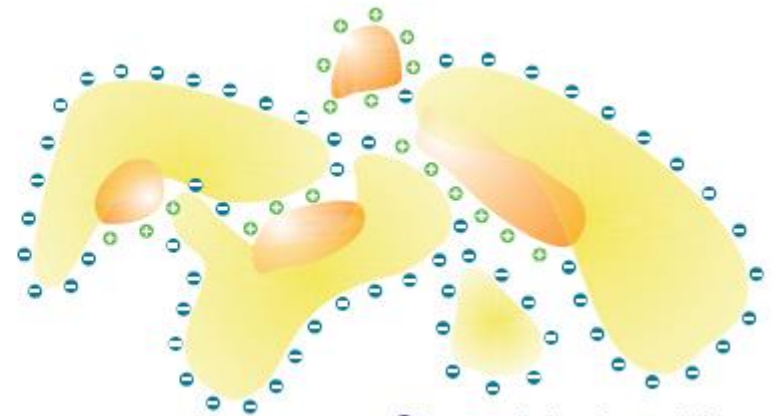
Ködrészecskék

- 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

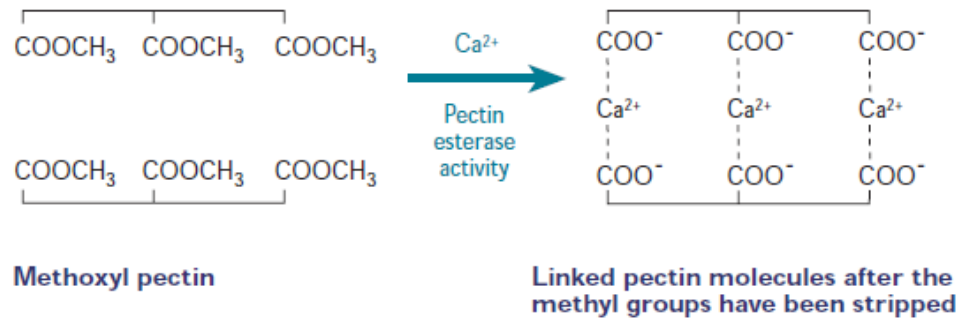


Clumped cloud particles



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)