



---

## Pektinek és pektinázok

---

Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék  
2019.11.12.



---

## Előadás menete

---

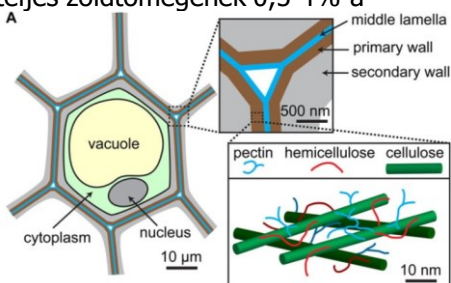
- Pektin szerkezete
- Pektin előállítása és felhasználása
- Pektin bontó enzimek
- Enzimek felhasználása





## 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



MŰEGYETEM 1782

3



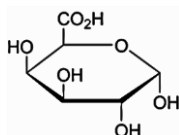
## Szerkezete

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



PEKTIN: **Nem** egy egzakt szerkezetű molekula

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



D-galakturonsav (Gala)

MŰEGYETEM 1782

4



## Pektin vegyületcsoportok

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



5



## 1. Homogalakturán

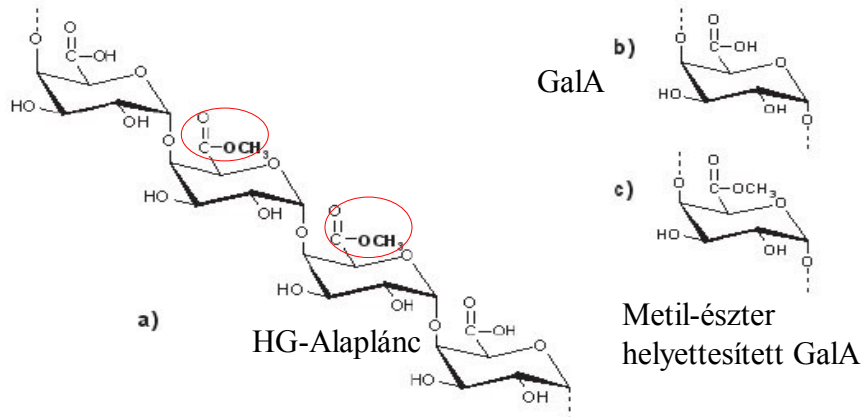
- Lineáris lánc
- Homopolimer
- $\alpha$ -(1,4)-kötések
- Metil észter helyettesítés
- Észterezettség foka (DE-Degree of Esterification)
  - Észterezett GalA/Összes GalA
  - Faj, szövet, fejlettség függő
  - 60-90%
  - Gélesedést befolyásolja



6



HG



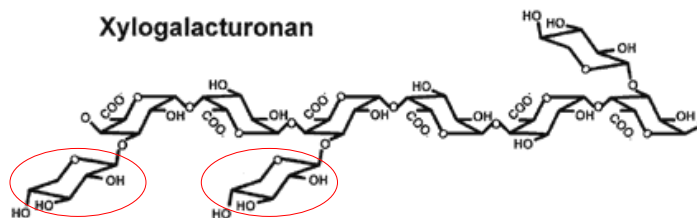
MŰEGYETEM 1782

7



## 2. Szubtituált galakturánok

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



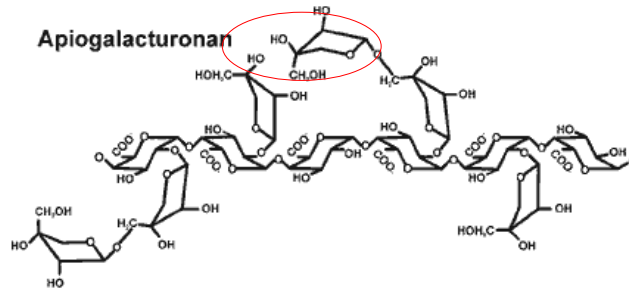
MŰEGYETEM 1782

8



## 2. Szubtituált galakturánok

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



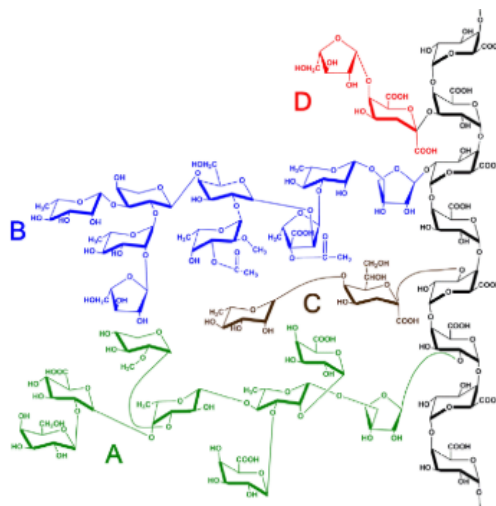
MŰEGYETEM 1782

9



## 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 sejt falban



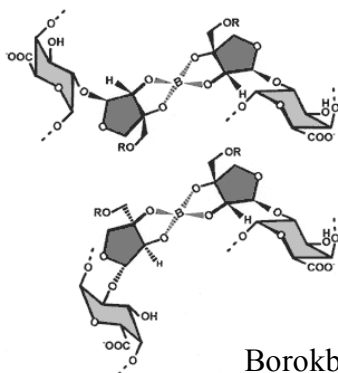
MŰEGYETEM 1782

10

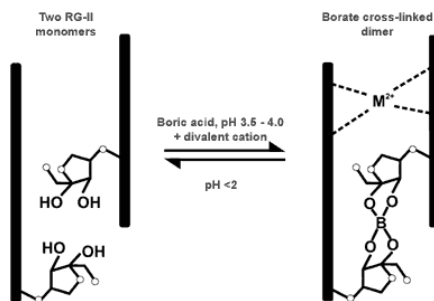


## Dimer forma

Borát ion királis  
Kétféle konfiguráció



Reverzibilis keresztötés  
pH függő, fémionnal stabilizálódik



Borokban alacsony szabad  $Pb^{2+}$

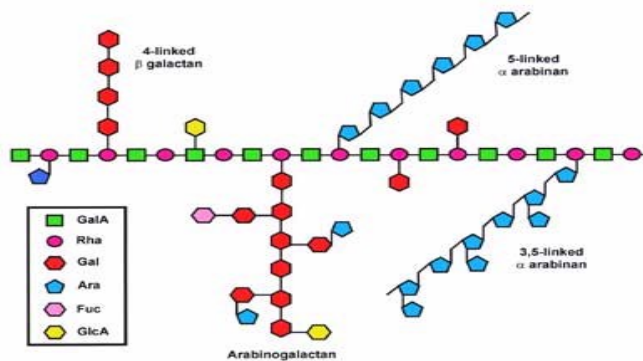


11




## 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



12



# Pektin térszerkezete

Order Center | Hungary

SIGMA-ALDRICH is now MERCK

200,000+ PRODUCTS | 500+ SERVICES | Featured INDUSTRIES

Hello, Sign in. ACCOUNT | 24/7 SUPPORT | 0 Items ORDER

Hungary Home > S419095 - PECTIN (CITRUS)

S419095  
**PECTIN (CITRUS)**  
Aldrich-CFR

Molecular Weight null | MDL number MFCC000010308

STRUCTURE NOT AVAILABLE


SDS

SKU-Pack Size	Elérhetőség	Price (HUF)	Mennyiség
S419095-250MG	✓ FROM	0.00	1

Bulk orders? ADD TO CART

Purchase Safety & Documentation

heptulopyranosylaric acid (Dha) octulopyranosylonic acid (KDO)



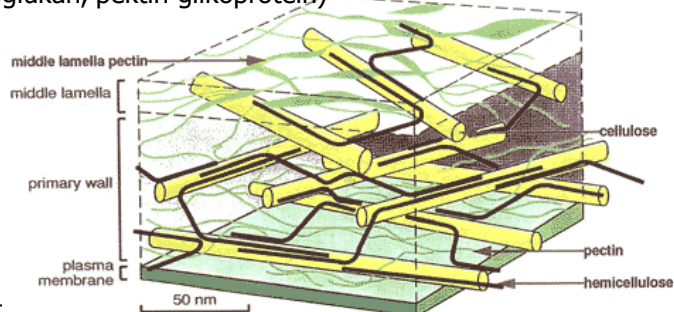
MUSEUM 1782

13



## 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)



14



## Pektin nevezéktan

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

1. **Protopektin** (Protopectin): vízdíhatatlan 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): vízdíható 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.



MŰEGYETEM 1782

15



## Pektin előállítás

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



MŰEGYETEM 1782

16





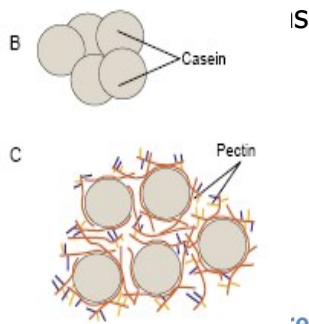
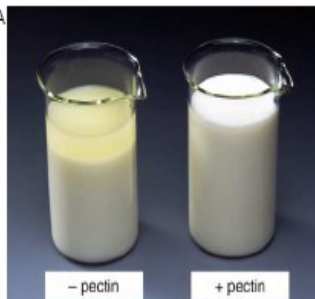
## ... és felhasználása

- EU és FAO

- Az a A
  - szere
  - gala

- Zselés

- INS (J
- E440



Organization of the  
United Nations



17



## Felhasználás

### 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)



18



## Gélesedés

- 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



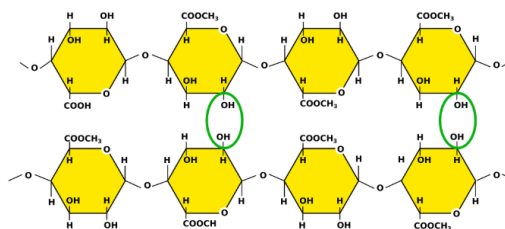
19



## Gélesedés

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

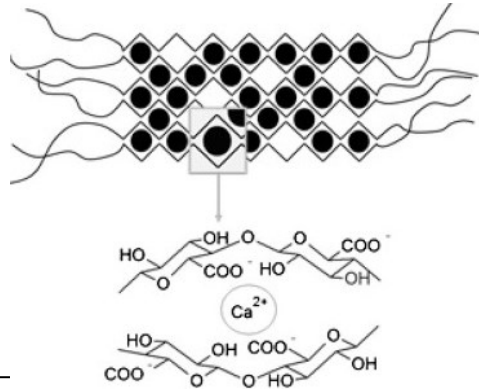


20



## Gélképzés

- LM (low methoxyl) pektinek (DE = 20 – 40%)
  - „egg-box” szerkezet
  - kétértékű fémion kell (kelát képződés)
  - Egyszerű kicsapás
  - pH változásra kevésbé érzékeny
  - törékenyebb
- Diétás termékek



21



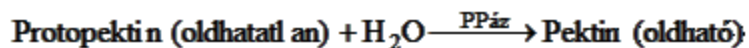
## Pektinbontó enzimek

1. Protopektinázok
  - Protopektin → pektin
2. Észterázok
  - Metoxi-észter csoport eltávolítása
3. Depolimerázok
  - Alfa-(1,4) glikozidos kötések hasítása
    - Hidrolázok
    - Liázok

22



## 1. Protopektinázok



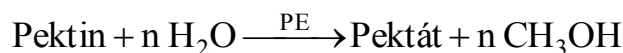
- PPáz A
  - galakturán láncot ismeri fel
  - élesztők termelik
- PPáz B
  - külső poliszacharid láncokat is
  - Bacillus törzsek



23



## 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

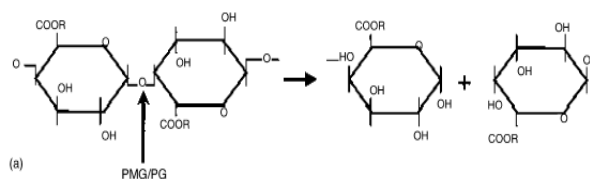


24



### 3. Depolimerázok/Hidrolázok

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



- Endo és exo poligalakturán hidrolázok

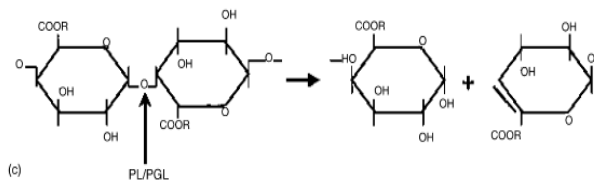


25



### 3. Depolimerázok/Liázok

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



- Endo és exo poligalakturán liázok



26

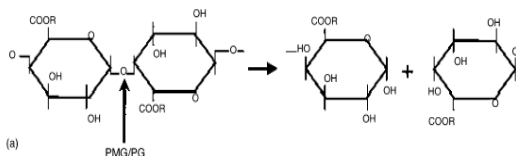


## Pektinázok – depolimerázok

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

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

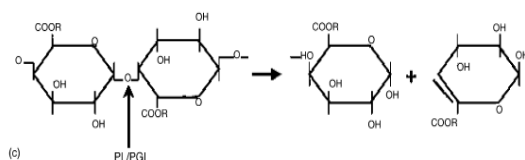
Pektinen aktív: endo- és exo-  
polimetilgalakturanáz (PMGáz)



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

Pektinsavon aktív: endo-PGL,  
exo-PGL

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



27



## 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



28



## 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

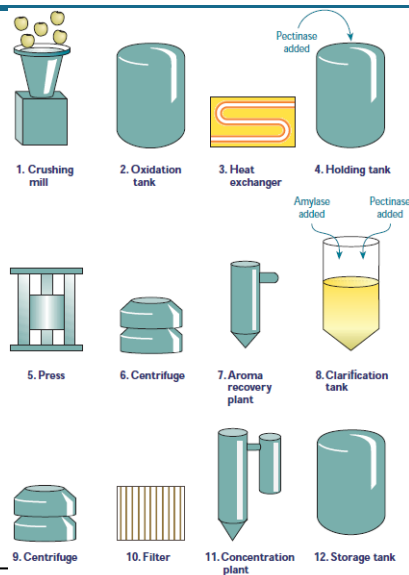


29



## 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)

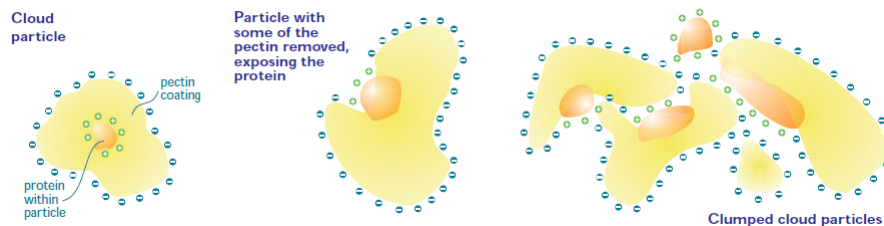


30



## 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

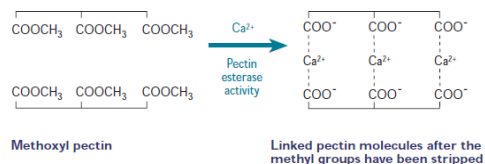


31



## 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



32





## Pektinázok felhasználása

---

- 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)

