



Pektinek és pektinázok

Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék
2019.11.12.



Előadás menete

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

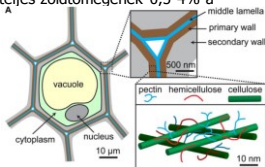


2



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



3



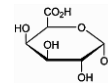
Szerkezete

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



PEKTIN: **Nem** egy egzakt szerkezetű molekula

Hanem poliszacharid család, amely galakturonsav származékából épül fel



D-galakturonsav (GALA)



4



Pektin vegyületcsoportok

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



5



1. Homogalakturán

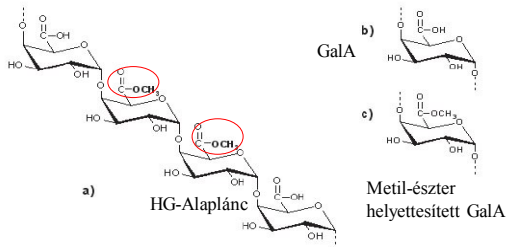
- Lineáris lánc
- Homopolimer
- α -(1,4)-kötések
- Metil észter helyettesítés
- Észterezettség foka (DE-Degree of Esterification)
 - Észterezett GALA/Összes GALA
 - Faj, szövet, fejlettség függő
 - 60-90%
 - Gélesedést befolyásolja



6

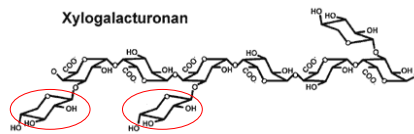


HG



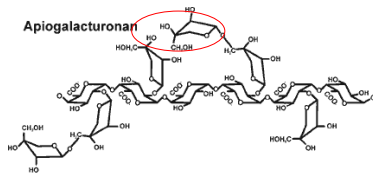
2. Szubtituált galakturánok

- Xilogalakturán
 - β -D-xilóz, C3 atomon
 - Csak reproduktív szövetekben (mag, gyümölcs, pollen)



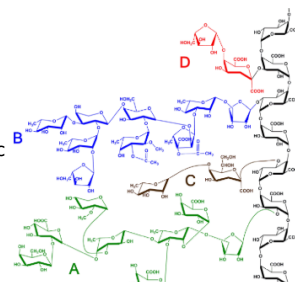
2. Szubtituált galakturánok

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



2. Szubtituált galakturánok

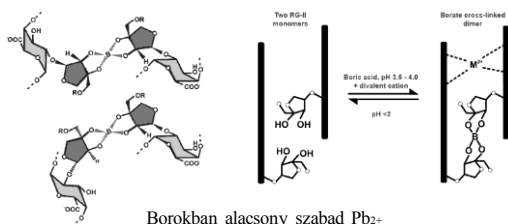
- RamnogalakturánII
 - Szerkezete a legállandóbb
 - 7 tagú HG lánc+
 - 4 (A,B,C,D) odallánc
 - Borát-diol-észter dimer formában fordul elő a sejtfalban



Dimer forma

Borát ion királis Kétféle konfiguráció

Reverzibilis keresztkötés pH függő, fémmionnal stabilizálódik

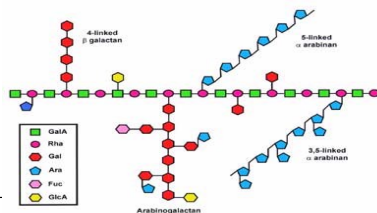


Borokban alacsony szabad Pb^{2+}



3. Ramnogalakturán I

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



Pektin térszerkezete

13

Pektin térszerkezete

- Pontos térszerkezet nem ismert
- Több féle keresztmetszés (kovalens, ionos)
 - Pektinen belül (pl. borát-észter-dimer RGII)
 - Ionos kötés (anionis 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

- 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.
- Pektin sav** (Pectic acid): vízoldható galakturán polimer, ami elhanyagolható mennyiségű metil észter csoportot tartalmaz. Sóit pektátoknak nevezik.
- Pektinikus sav** (Pectinic acid): a galakturán lánc karboxil csoportjai legfeljebb 75%-ban metiláltak. Sóit pektinátoknak nevezik.
- Pektin** (Pectin vagy polymethyl galacturonate): az a polimer, amiben a galakturán lánc karboxil csoportjainak legalább 75%-a metilált.

15

Pektin előállítása

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

16

... és felhasználása

- EU és FAO
 - Az é a szer szer galé
- Zselés
- INS (I E440)

17

Felhasználás

Egyéb felhasználás:

- Koleszterin szint csökkentő
- Toxikus kationok felszívódása ellen
- Vérzés csillapítás (vérárvadási 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



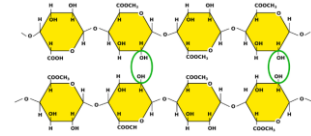
19



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

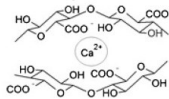
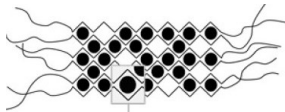


20



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

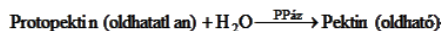
1. Protopektinázok
 - Protopektin → pektin
2. Észterázok
 - Metoxi-észter csoport eltávolítása
3. Depolimerázok
 - Alfa-(1,4) glikozidos kötések hasítása
 - Hidrolázok
 - Liázok



22



1. Protopektinázok



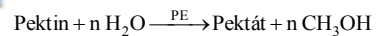
- **PPáz A**
 - galakturán láncot ismeri fel
 - élesztők termelik
- **PPáz B**
 - külső poliszacharid láncokat is
 - Bacillus törzsek



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

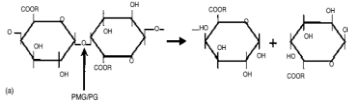


24



3. Depolimerázok/Hidrolázok

- Hasítás: egy H₂O belép, két OH csoport alakul ki



- Endo és exo poligalakturán hidrolázok

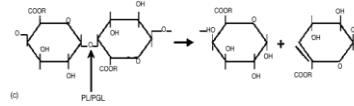


25



3. Depolimerázok/Liázok

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



- Endo és exo poligalakturán liázok



26

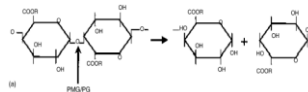


Pektinázok – depolimerázok

Hidrolázok – hidrolízis: poligalakturanáz (PGáz)

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

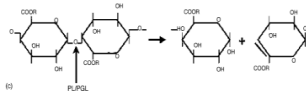
Pektinen aktív: endo- és exo-polimetilgalakturanáz (PMGáz)



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

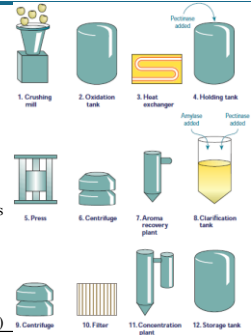


29



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 „kódrészecskék” kicsapása
9. Centrifugálás
10. Ultraszűrés
11. Sűrítés (a térfogat ötödére csökken)

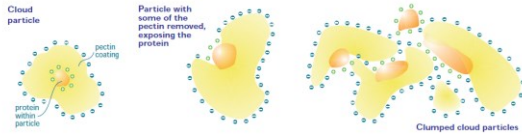


30



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

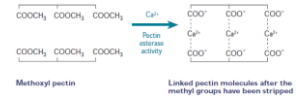


31



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 hócslán, 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)



33