

# 5. Mikrobiális poliszacharidok



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

1

## Mikrobiális poliszacharidok

Az ipari léptékben termelt/használt poliszacharidok túlnyomó része növényi eredetű:

keményítő (többféleképpen módosítják is), cellulóz, pektin, agar-agar, inulin, guar gum

De egyes speciális célokra terjednek a mikrobiális poliszacharidok is:

- gélképzés
- speciális reológia (pszeudoplasztikus, tixotróp, viszkoelasztikus oldatok)
- a növényi poliszacharidok helyettesítése



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

2

2

## Ipari mikrobiális poliszacharidok

Termelő törzs	Poliszacharid
<i>Agrobacterium radiobacter</i>	Szukcinoglikán
<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Szukcinoglikán
<i>Rhizobium meliloti</i>	Szukcinoglikán
<i>Halomonas eurihalina</i>	Leván
<i>Zymomonas mobilis</i>	Leván
<i>Leuconostoc dextranicum</i>	Glükán
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Dextrán
<i>Gluconacetobacter xylinum</i>	Cellulóz
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Alginát
<i>Pseudomonas putida</i>	Alginát
<i>Sphingomonas elodea</i>	Gellán
<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	Gellán
<i>Xanthomonas sp.</i>	Xantán



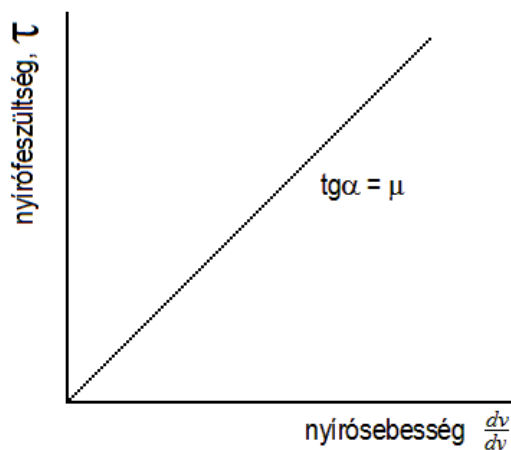
3

3

## Reológiai alapok

$$\text{viszkozitás} = \frac{\text{nyírófeszültség}}{\text{nyírósebesség}}$$

$$\mu = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$



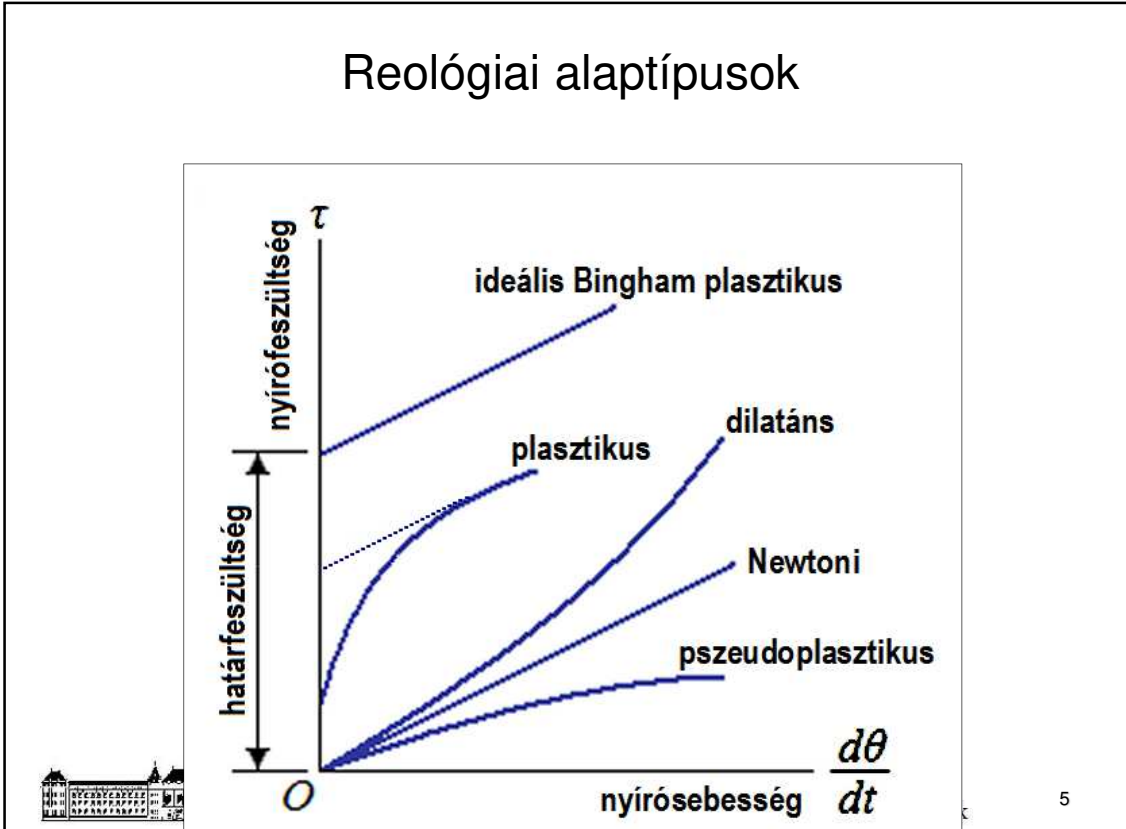
**Newtoni fluidum**



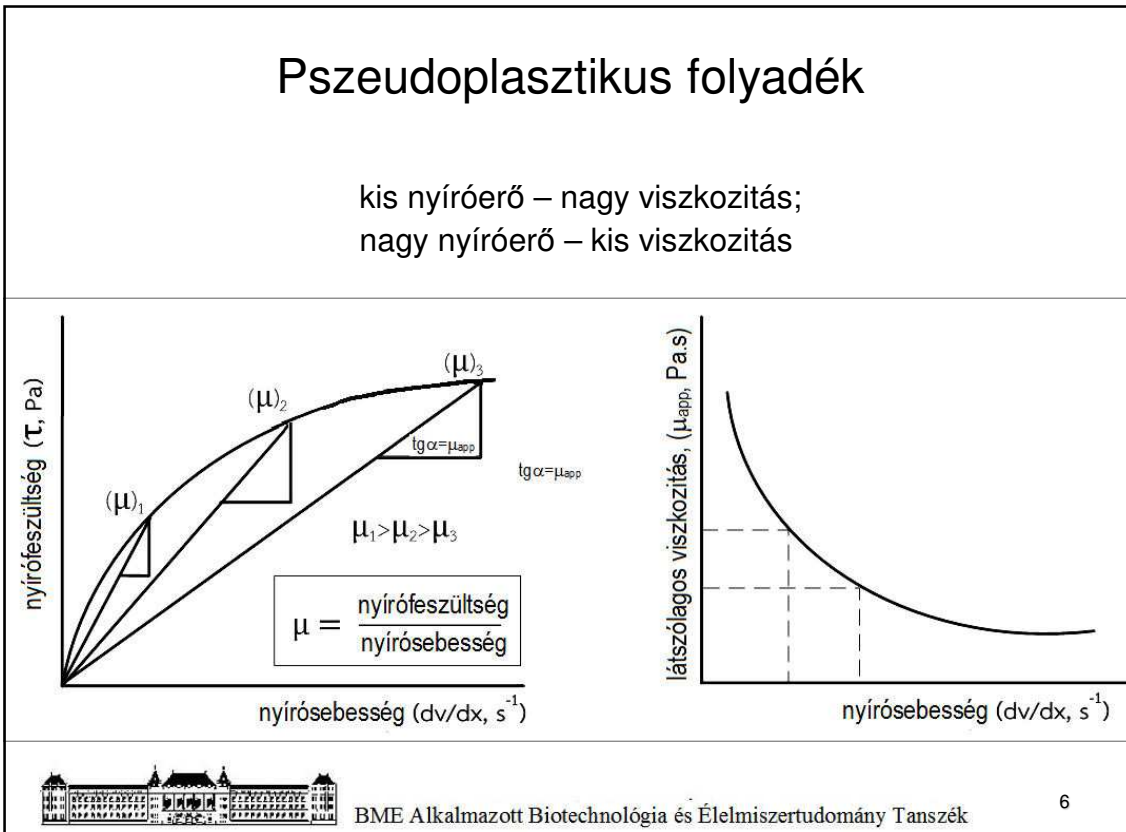
BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

4

4



5



6

## Mikrobiális poliszacharidok

A poliszacharidok biológiai funkciója:

- Védelem kiszáradás ellen
- Rögzítés felületen
- Védelem fagocitózis, fágok ellen
- Tartalék tápanyag (xantán nem)
- Immunológiai determináns

Lokalizáció:

- extracelluláris (oldat, nyálka)
- sejtfalhoz kötve
- sejtmembránhoz kötve



## Exopoliszacharidok szerkezete

Homopolimerek: egyféle monomerből épülnek fel

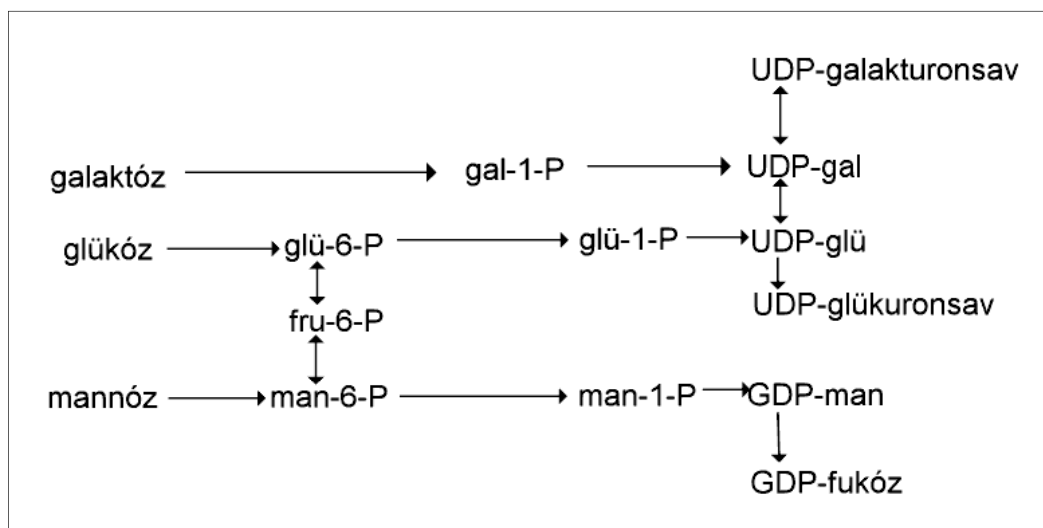
- dextrán (glükóz)
- leván (fruktóz)
- kurdlán (glükóz)
- pullulán (glükóz)
- szkleroglükán (glükóz)

Heteropolimerek: ismétlődő egységei többféle molekulából tevődnek össze

- xantán (glükóz, mannóz, glükuronsav, ecetsav, piruvát)
- gellán (glükóz, glükuronsav, ramnóz)
- alginátok (guluronsav, mannuronsav)



## A mikrobiális poliszacharidok bioszintézise



Templát: UDP, GDP

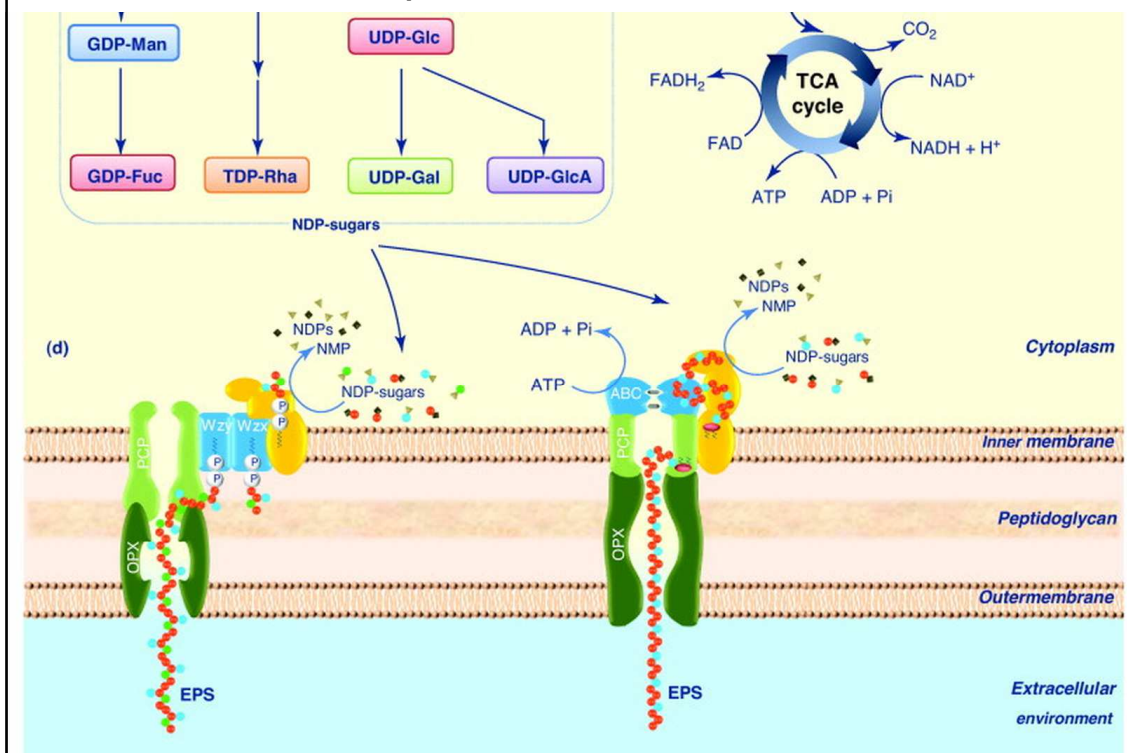


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

9

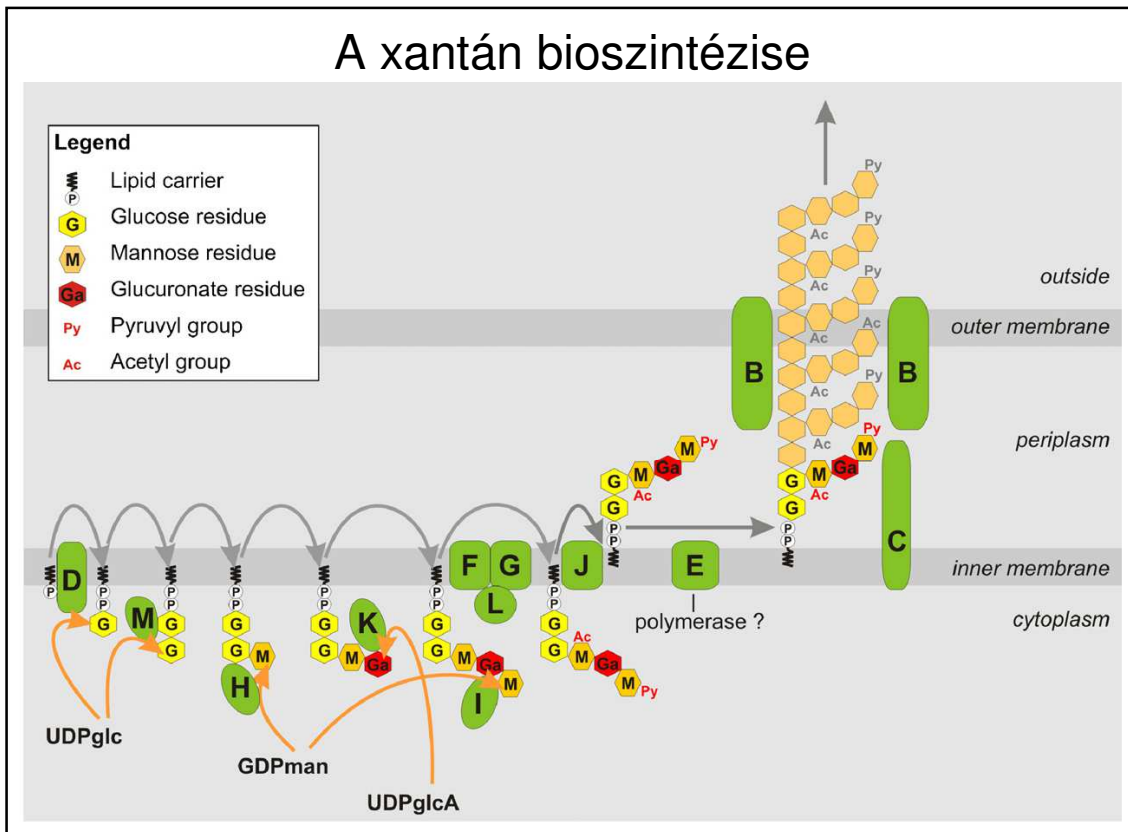
9

## A mikrobiális poliszacharidok bioszintézise



10





13

## Xantán gyártás

Gyártás: ~100.000 t/év (erősen ingadozik)

Törzs: *Xanthomonas campestris* – növénypatogén (káposzta, gyümölcsfák) – a technológiából nem kerülhet ki élő sejt (kimenő levegő szűrése, lé utópasztörözése)

A xantán burok miatt rossz az anyagátadás a környezettel → lassan növekszik, más törzsek könnyen túlnövik



14

## Xantán fermentáció

C-forrás: glükóz (4-5 %),

N-forrás: komplex, szerves anyagok (0,05 - 0,1%)

Magas C/N arány, – N limit

Hőmérséklet: 28-31 °C

pH:  $7 \pm 0,3$  , a képződő savakat közömbösíteni kell, pH = 5 körül a termelés már lelassul.

Fermentációs idő: 40-48 óra

Konverzió: 68-70 %, azaz 25-30 g/l

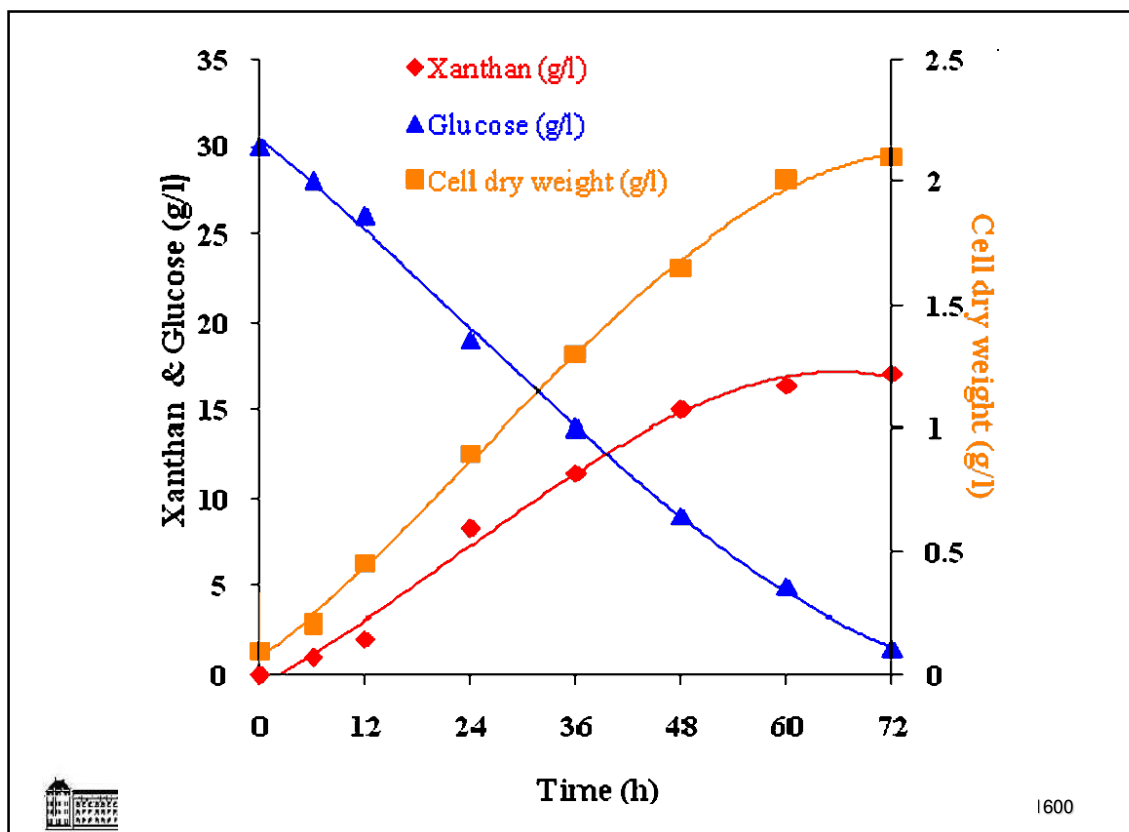
A (látszólagos) viszkozitás 10-30.000 cP (= milliPa.s) -ig emelkedhet



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

15

15

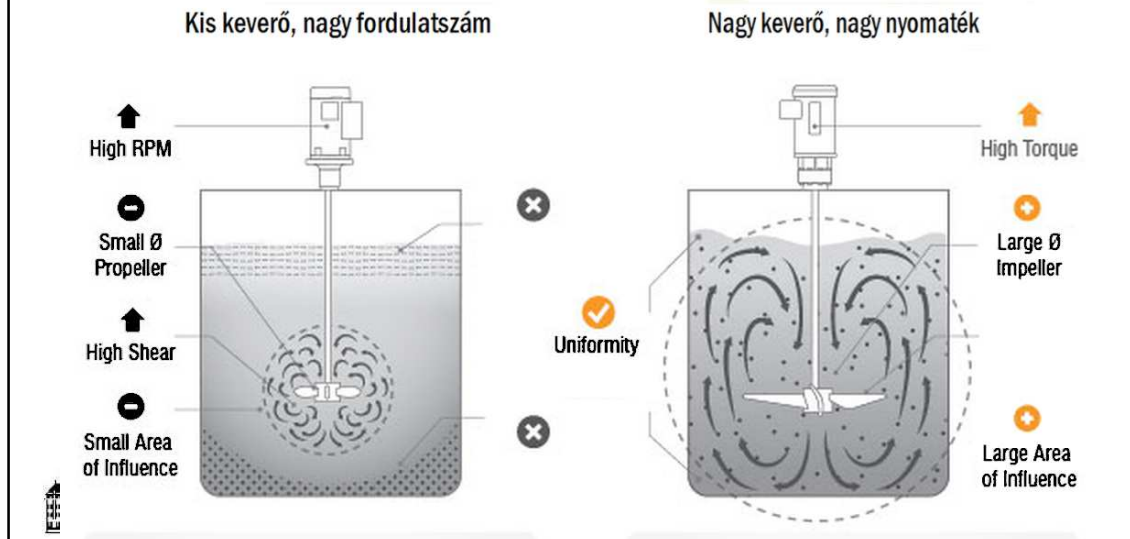


16



## Xantán fermentáció levegőztetése

Levegőztetés: a pseudoplasztikus lé miatt rossz a tömegátadás, speciális, nagy átmérőjű keverők, ne legyenek holt terek.

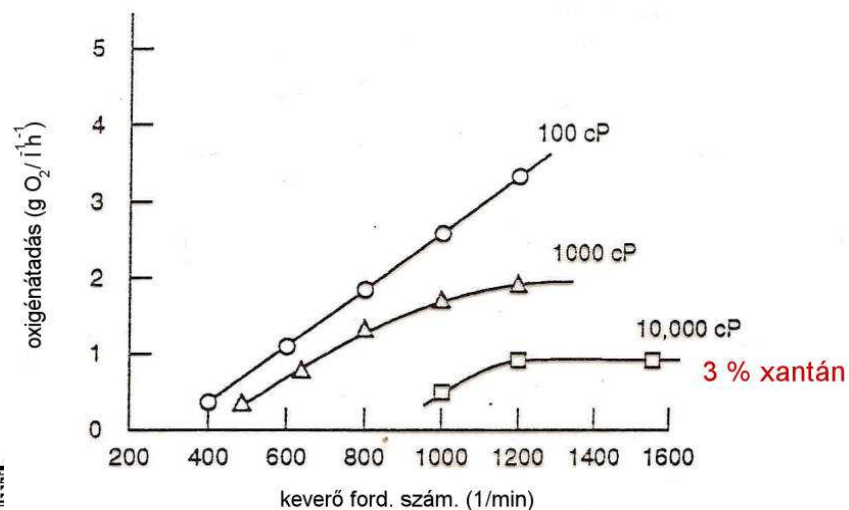


17

## Xantán fermentáció levegőztetése

Levegőztetés: A buborékok nehezen szállnak fel.

A viszkózus lé miatt rossz a tömegátadás, a tenyészet saját magát fojtja meg.



18

## A xantán feldolgozása

Hőkezelés: 80-100 °C-on pasztörözés, a mikrobák előlése

Kicsapás: valamelyik alkohollal (metanol – izopropanol)

Elválasztás: centrifugával

Szárítás: max. 50°C-on, tálcás vagy vákuum szárító

Őrlés



## Xantán felhasználása

60 % Élelmiszeripar:

cukorkamáz, saláta-dresszing, fagylalt, jam, szósz:  
viszkozitás növelő

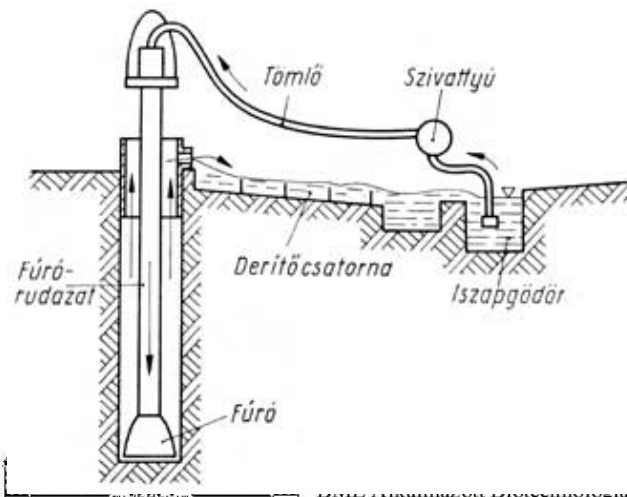
15 % fogpaszta, emulziós festékek (cseppenésmentes festék),  
textilipar

15 % olajipar: fúrásnál másodlagos olajkinyerés (víz helyett),  
fúróöblítő folyadék



## Xantán felhasználása

Fúróöblítő folyadék: olajfúrásnál a fúrófej körül erős nyírás érvényesül – kicsi a viszkozitás, jó a hűtés. A felszálló áramlásban kicsi a nyírás - nagy a viszkozitás, lassítja a kőtörmelék ülepedését.



21

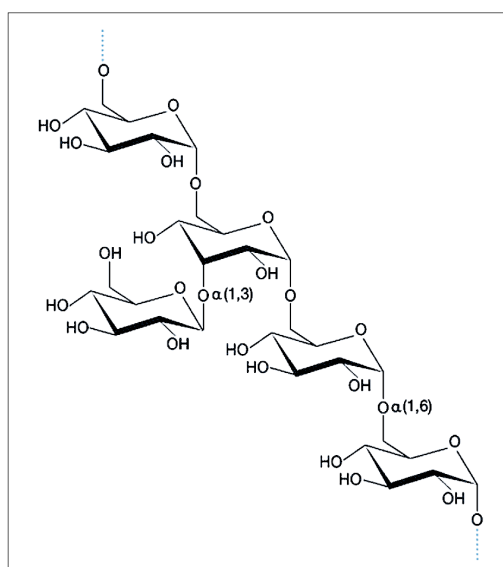
## Dextrán

Szerkezete: elágazó láncú glükóz polimer.

A kötések túlnyomó része  $\alpha(1-6)$ , mellette kb. 5%  $\alpha(1-3)$ .

A lánc elején egyetlen fruktóz van.

Viszkózus, de nem gélesedik.



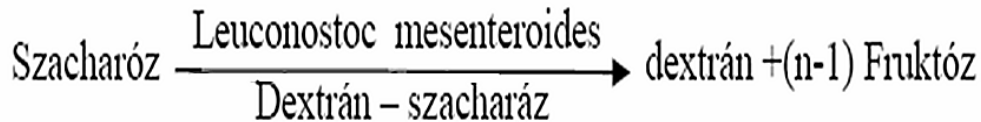
BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

22

22

## Dextrán előállítása

Bioszintézise:



Egylépéses biokonverzió: transzglykozilálás (ld. BIM)

Irreverzibilis reakció: ~100% konverzió

Lehetne az enzimet tiszta formában kinyerni (extracelluláris), de a fermentáléban végrehajtani gazdaságosabb.

Cukorgyárakban: léfertőződés - dugulások



## Dextrán fermentációja

BIOGAL technológia:

- *L. mesenteroides* – tejsavbaktérium, anaerob
- előbb a sejszaporítás, aztán a konverzió
- tápoldat: 10-20% szacharóz + 2% CSL + foszfát
- levegőztetés nem kell, csak keverés
- pH szabályozás: 5,0–5,2 a képződő tejsavat közömbösíteni kell
- 0,5 g/l baktérium ~80 g/l dextránt (átlagos móltömeg: ~500.000) termel
- Kinyerés: kicsapás alkoholokkal, szűrés



## Dextrán felhasználása

Vérplazma pótlásra: csak a 40-70.000 Daltonos frakció felel meg, ezért hidrolízissel aprítani kell:

- sósavas hidrolízis 100 °C-on, vagy
- enzimes hidrolízis: dextranáz (*P. funiculosum*)  
azután:

frakcionált kicsapás alkoholokkal:

kis molekulatömegű, 40 kDa és 60-70 kDa frakciók → vérplazma pótlók

nagy molekulatömegű frakció → vissza a hidrolízisbe

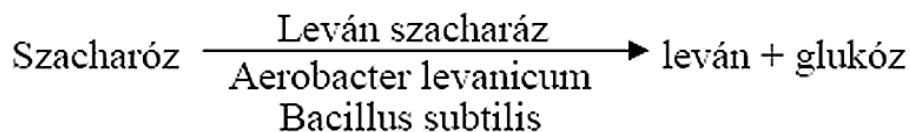
Sephadex gélek (gélkromatográfia): térhálósított dextrán



## Leván

Fruktóz polimer (2-6 fruktozid kötés).

Bioszintézis: analóg a dextránnal: transzglykozilálás

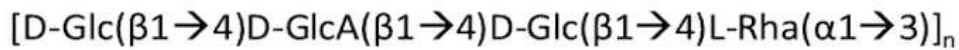


- Sokféle törzs termeli
- Konverzió: ~62%
- Felhasználás: oldata viszkózus, de newtoni
  - élelmiszeripar
  - gyógyszeripar
  - kozmetikai és festékipar (gumiarábikum helyett)



## Gellán

Ismétlődő tetraszacharidokból áll, szerkezete: glükóz-glükuronsav-glükóz-ramnóz, ecetsav és glicerinsav csoportokkal.



Tulajdonságai a xantánra hasonlítanak.

Agar helyett táptalaj gélesítésére is használható.

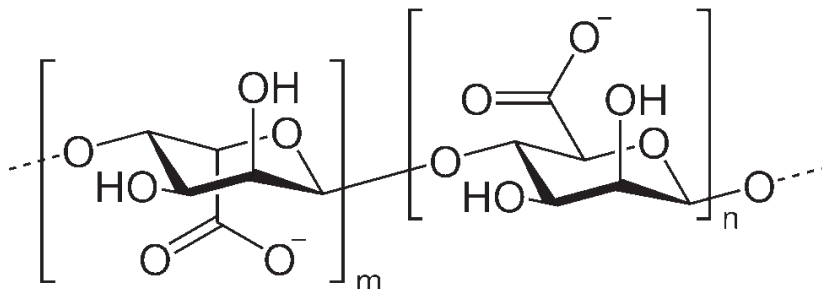
Élelmiszeriparban kemény és átlátszó géleket, bevonatokat lehet vele készíteni.



## „Helyettesítő” mikrobiális poliszacharidok Alginát

Barnamoszatok sejt falában fordul elő (*Laminaria* fajok, *Macrocystis pirifera*), innen nyerték ki, de ma fermentálják is (*Azotobacter vinelandii*, *Ps. aeruginosa*).

Mannuronsav  $\beta(1-4)$  és  $\alpha$ -guluronsav polimer, homopolimer blokkok váltják egymást  $\rightarrow$  erősen anionos jellegű (vö. pektin)



## Alginát

Viszkózus, gumiszerű anyag, vízben nem oldódik, de sok vizet köt meg.

Kationkötő, kationcserélő,  $\text{Ca}^{2+}$  ionokkal gélt képez (sejtek bezárása)  
Felhasználása:

- élelmiszerekben sűrítőanyagként, stabilizálószerként, zselésítő anyagként, valamint emulgeálószerként használják E400 néven.
- a gyógyszeriparban széles körben alkalmazzák
- égési sérülések esetén elősegíti a sérült rész gyógyulását
- fémmérgezés esetén fémionok megkötésére használják



## Mikrobiális cellulóz

Szerkezetileg azonos a növényi cellulózzal,  $\beta$ -(1,4)-glükopiranoz de nem kapcsolódik hozzá hemicellulóz, pektin és lignin.

Nagy tisztaságú, kristályos szerkezetű, erősebb gélt képez és nagyobb a vízkötő kapacitása, mint a növényinek.

Élelmiszeripari és orvosi alkalmazása igen széleskörű.

Az *A. xylinum* törzsszel termelik.



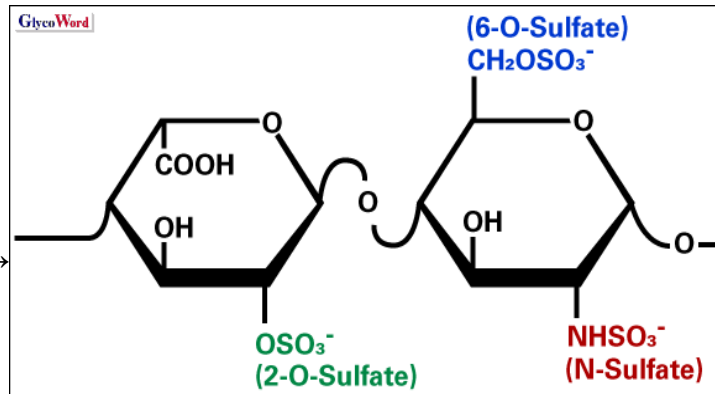
## Heparin

Többféleképpen szulfonált mukopoliszacharid, Ca-só formájában hozzák forgalomba.

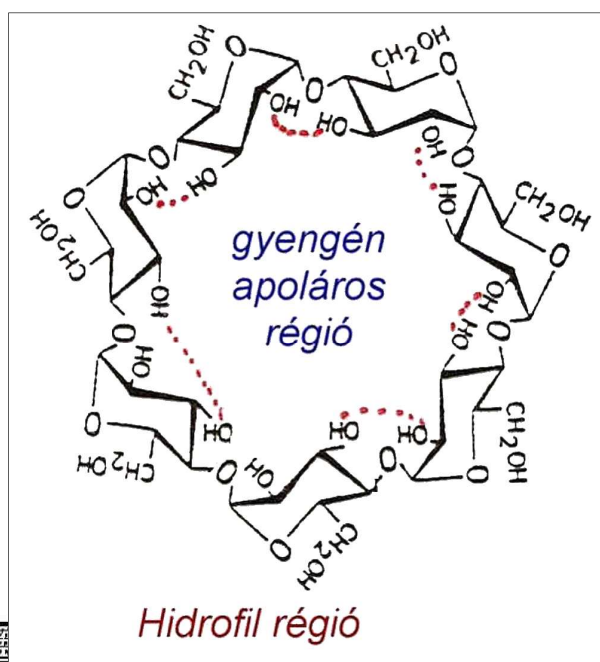
Antikoaguláns =  
Véralvadásgátló

Az állati (emberi) szervezet termeli eredetileg szerv-extrakcióval gyártották.

Helyette: *E. coli*-val termelnek kondroitin szulfátot, majd ebből emlős sejtekkel hozzák létre a heparint.

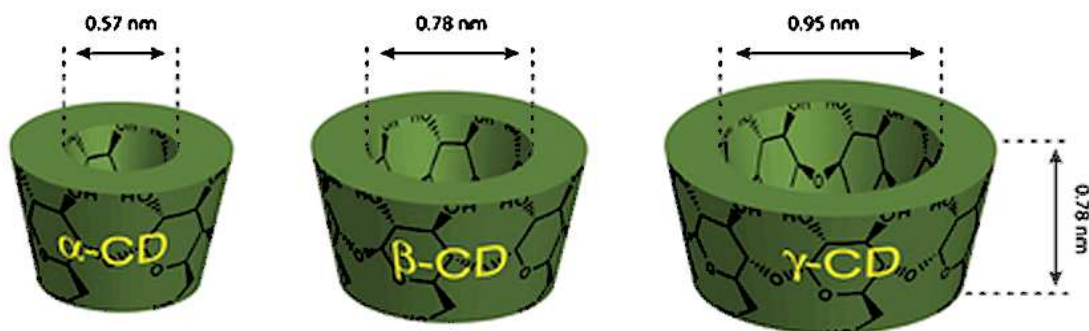


## Ciklodextrinek (CD, Schardinger dextrinek)





## A ciklodextrinek méretei



$\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -ciklodextrinek: 6,7,8 glükóz egység

A gyűrű belső része enyhén apoláris, megfelelő partnerrel zárvány-molekulát képez.



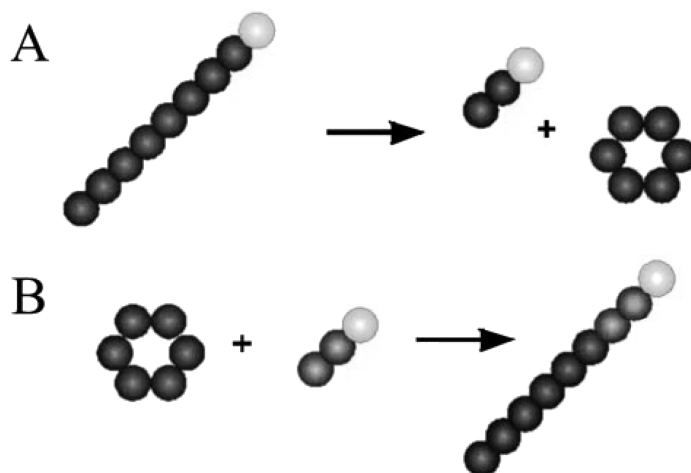
BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

33

33

## A ciklodextrinek bioszintézise

Egylépéses biokonverzió ciklodextrin-glikozil-transzferázzal (CGTáz)



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

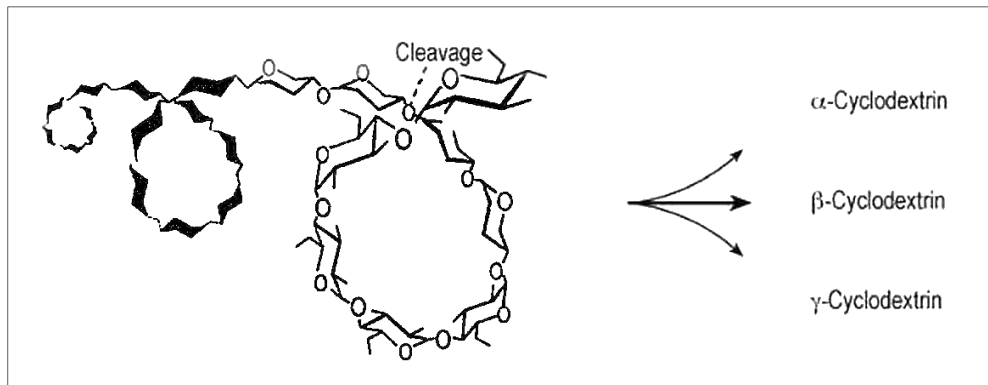
34

34

## A ciklodextrinek bioszintézise

Szubsztrát: lineáris dextrinek (elfolyósított keményítő), többféle termék keletkezik párhuzamosan. A reakció egyensúlyi, a termékek egymásba átalakulnak.

Termékinhibíció: a keletkező CD gátolja az enzimet.

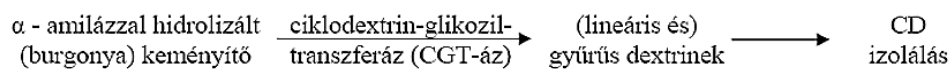


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

35

35

## A ciklodextrinek bioszintézise



Egylépéses biokonverzió: ciklodextrin-glikozil-transzferázzal (CGTáz)

Több törzs is termeli, pl.:

1. *Bacillus macerans*
2. Alkalofil bakt. № 38-2
3. *Klebsiella pneumoniae* (patogén) klónozták *B. subtilis*-be.
4. *Bacillus circulans*

A gyártáshoz általában izolált, oldott enzimet használnak.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

36

36

## A ciklodextrinek előállítása

Mindig többféle CD keveréke keletkezik + lineáris melléktermékek. A cél viszont tiszta termék.

Az  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -CD arány szabályozása:

- a mikrobától is függ: 1.,3. kezdetben  $\alpha$  -t termel  
2. kezdetben  $\beta$  -t termel
- oldószer adagolás: zárványkomplex keletkezik, ez eltolja az egyensúlyt
- Mercian eljárás, szelektív adszorpció



## Oldószeres gyártások

Megfelelő méretű apoláris molekulával csak az egyik CD képez zárvány vegyületet, ez többnyire ki is csapódik. Az enzim az egyensúly helyreállítására ezt a frakciót termeli, a többit is átalakítja.

$\alpha$ -CD	1-dekanol	ciklohexán	etanol
$\beta$ -CD	triklór-etilén	toluol	
$\gamma$ -CD	brómbenzol	$\alpha$ -naftol	ciklohexadekán-8-alkén-1-on

Az adduktból az oldószer vákuum/vízgőzdesztillációval űzhető ki. A hozam gyenge, 50% alatti.



## Irányított gyártások: $\beta$ -CD előállítás

Hidrolízis: 33%-os keményítő, folyósítás  $\alpha$ -amilázzal, 80°C-on, 1h,  
pH=7.2, Ca<sup>2+</sup> kell

Enzim inaktiválás: 100-120 °C-on 30 percig

Biokonverzió: CGT-áz enzim, 50 °C, 100-105 h, keverés

Komplexáló vegyület: toluol

A komplex szűrése, vákuum/vízgőz desztilláció (toluol eltávolítása),  
kristályosítás.



## Irányított gyártások: $\alpha$ -CD előállítás

Komplexáló vegyület: dekanol (vízgőzzel eltávolítható)

Csak  $\alpha$ -CD képződik: jól oldódik (140 mg/ml),

→ nehéz kristályosítani

Hozam: ~50%



## $\gamma$ -CD előállítás

A  $\beta$ -CD gyártás mellékterméke

Konverzió CGT-ázzal

Komplexáló szer: metil-etilketon -  $\alpha$ -naftol keverék

Vízben oldhatatlan komplex, mely metanolban feloldódik

loncsere, aktív szenes tisztítás

Hozam: ~2%



## Mercian eljárás (J)

*Bacillus circulans* enzim, vizes oldatban:

pH=6, T=55 °C, 8,3 % elfolyósított keményítő

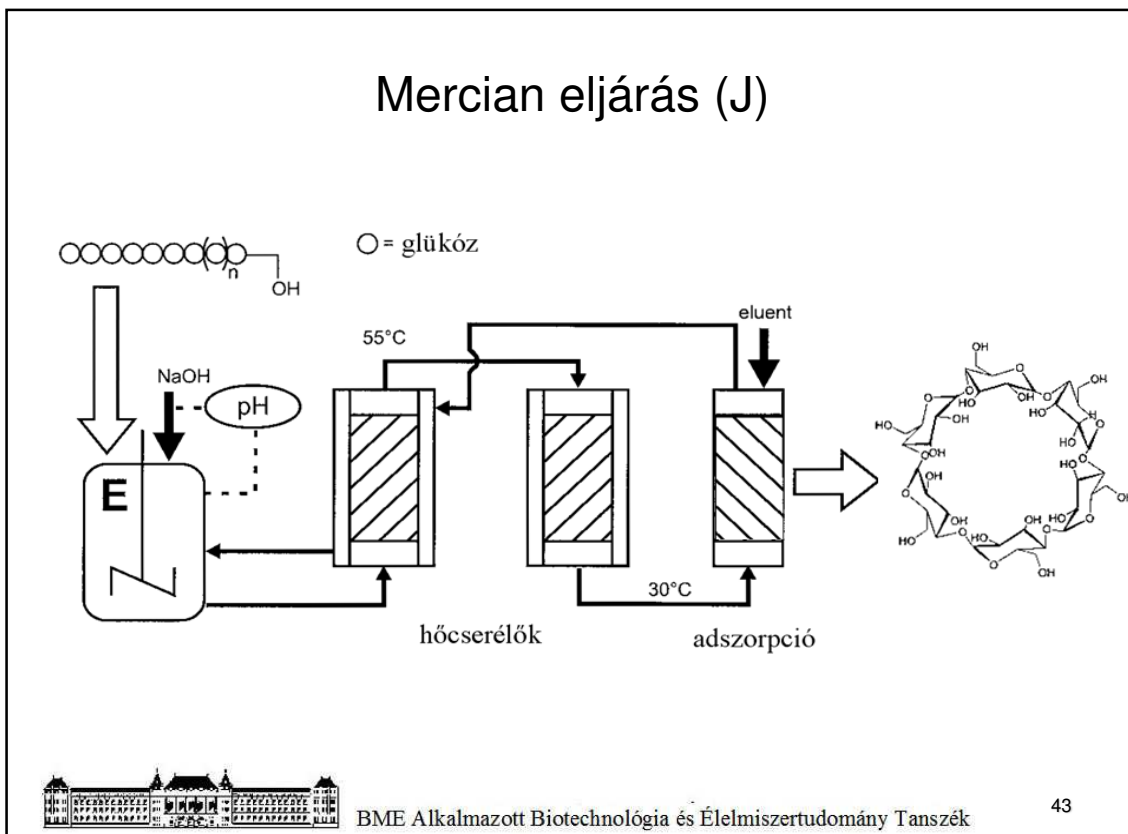
$\alpha$ ,  $\beta$  és  $\gamma$  keverék képződik, hozam:  $\alpha$  - 22,3%,  $\beta$  - 10,8%,  $\gamma$  - 5,1%

Elválasztás szelektív adszorpcióval (folyamatos recirkuláció, hűtés 30 °C-ra, majd vissza 55 °C-ra)

$\alpha$  megkötés: kitozán hordozón sztearinsav ligand, szelektivitás: >95%

$\beta$  megkötés: ciklohexán-propánamid-n-kapronsav ligandon





43

### A ciklodextrinek alkalmazásai: molekuláris csomagolás

*limonene*
*cyclodextrin (CD)*
*CD/limonene-IC*

Az inklúziós komplexek képződése

Az apoláris molekulák beilleszkedése az apoláris gyűrűbe energia-csökkenéssel jár.

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

44

## Ciklodextrinek alkalmazása

Élelmiszerekben és kozmetikumokban: aromák, illóolajok, illatanyagok bezárása. Szagmentes hagyma és fokhagymaolaj.

Biotechnológia: apoláris anyagok bevitele vizes közegbe (fermentlébe)

- Zsírsavak bevitele *Mycobacterium* számára
- Hidrokortizon bevitele prednizolon gyártáshoz
- Lanatozid C komplexálása digoxin előállításához



## Ciklodextrinek alkalmazása

Gyógyszerek formulázása:

- Oldhatóság nő (felszívódás): vízben nem oldható vegyületek is adhatók injekciókban
- A hozzáférhetőség nő
- Stabilizál: kevésbé párolog, véd az oxidálás ellen, a hőstabilitás nő
- Irritáló hatás csökken (indometacin)



