



Dr. Bagi Zoltán

# A biotechnológia ipari alkalmazásai, tejipar, alkoholipar, mezőgazdaság, vegyipar, energetika

Segédlet a BSc záróvizsgára való felkészüléshez

Jelen tananyag a Szegedi Tudományegyetemen  
készült az Európai Unió támogatásával.

Projekt azonosító: EFOP-3.4.3-16-2016-00014



# Biotechnológia

Segédlet a BSc államvizsgára való felkészüléshez

Készítette: Dr. Bagi Zoltán

SZTE 2020

Államvizsga tétel címe: A biotechnológia ipari alkalmazásai, tejipar, alkoholipar, mezőgazdaság, vegyipar, energetika

## Tejipar (tejtermékek):

- tej összetétele: víz, tejcukor (**laktóz**), fehérjék (**kazein, laktalbumin, enzimek**), **zsír** (globulusokat alkotnak), **vitaminok (A,D), kalcium**
- felhasználás előtt **pasztőrözés**:
  - „hagyományos”: 70-75°C 15 másodpercig: mikrobák döntő többsége elpusztul, tárolás +5-6°C-on
  - ultrapasztőrözés: 135-140°C 2-3 másodpercig: mikrobákat, spórákat is elpusztítja: tárolás szobahőmérsékleten
- **tejpermeátum**: ultraszűrés eredménye, fehérjét és zsírt nem tartalmaz
- **aludt tej**: lefölözött tej tejsavas erjedésének eredménye
- **tejszín**: állás közben felúszik, 10-30%-a tejszír
- **tejföl**: tejszín tejsavas erjedése eredménye
- **vaj**: zsír micellákat össze kell törni (köpülés), majd tejsavas erjedés
- **laktóz mentes tej**: tejet laktáz enzimmel kezelik
- **kondenzált tej**: víz egy részét elpárologtatják
- **tejpor**: Spray dryer segítségével szárítják a tejet, max. 5% víztartalom
- **túró**: tej tejsavas erjesztésével (*Streptococcus lactus-al*), majd melegítésével jön létre, a melegítés hatására a kazen kicsapódik
- **joghurt**: tej erjesztése pl. *Streptococcus thermophilus* + *Lactobacillus bulgaricus-al*
- **kefir**: tejsav baktériumok mellett élesztő is jelen van (minimális alkohol tartalom lehet)
- **kumis**: kancatej tejsavas és alkoholos erjedésével jön létre

## Tejipar (sajtok):

- **sajtkészítés lépései:** tej oltós alvasztása, alvadék kidolgozása, formázása, préselése, sózás, ízesítés, érlelés
- **Ementáli, Gauda sajt:** többnyire tehéntejből
  - 3 homofermentatív (Streptococcus, Lactobacillus), 1 heterofermentatív (Propionibacter) törzs segítségével
  - hő és NaCl kezelés szükséges
  - Trappista sajt: rövidebb érlelési idő
- **Feta sajt:** 30% juh, 70% kecsketejből
  - pasztörözés nélkül: gyorsan romlik, sós lében, vagy olajban kell tárolni
- **Mozzarella sajt:** bivalyetejből
  - termofil erjedés eredménye
- **Camambert, Brie sajt:**
  - tejsav baktériumok mellett *Penicillium camamberti* fonalas gomba is jelen van, barlangban érlelik
  - gomba aerob: sajt felszínén van, zsírok béta-oxidációjával zamanyagokat állít elő
  - tejsav baktériumok anaerobok, sajt belsejében vannak
- **Roquefort, Gorgonzola sajt :** birkatejből, zsíros tehéntejből
  - tejsav baktériumok mellett az aerob *Penicillium roqueforti* fonalas gomba is jelen van
  - sajt „megszurkálása”, járatok kialakítása: gomba ezekben szaporodik
  - csomagolás szükséges az avasodás megelőzése érdekében

# Alkoholipar:

## Sörgyártás:

### ➤ maláta készítés:

- többnyire árpából, de lehet búza, kukorica, rizs is
- 2-4 nap áztatás
- csíráztatás 2-6 nap, melegen szétterítve, enzimek aktiválódnak (amiláz, glükánáz, proteáz, foszfatázok)
- maláta szárítása forró levegővel 5% víztartalomig: csírázás leáll
- csíráatlanítás, őrlés

### ➤ cefrőzés:

- melegítés 60-65°C-ig
- keményítő elcukrosodik, fehérjék elbomlanak
- szűrés

### ➤ forralás komlóval:

- 40-120 perc, cefrőző enzimek inaktiválódnak, sörlé sterilizálódik
- seprő szűrése

### ➤ erjesztés:

- 3-5 nap, kb. 5%-os alkohol tartalomig
- élesztővel; alsó erjesztésű: élesztő tartály alján; felső erjesztésű: élesztő felül

### ➤ érlelés:

- meleg érlelés 3-5 nap, diacetil lebomlik, majd hideg érlelés (ászokolás) – hidegre kicsapódó lebegő anyagok kiválnak, szűrés

### ➤ palackozás: kovaföldön, mely a fehérjék, polifenolok egy részét kiszűri

- szén-dioxiddal telítés

# Alkoholipar:

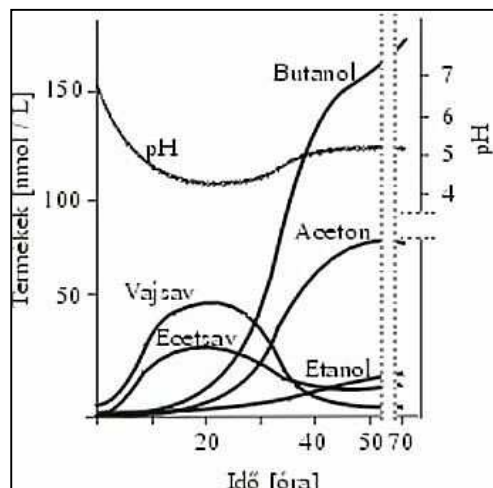
## Whiskey gyártás:

- **maláta készítés:**
  - többnyire árpából, de lehet búza, kukorica, rozs is
  - majd szárítás tőzeggel fűtött szárítóknban
  - „single malt”: csak árpából készül (pl. Glenlivet, Glenfiddich)
  - „blended”: kevert gabonából (pl. Johnnie Walker, Ballantines)
- **cefrézés:**
  - keményítő elcukrosodik, fehérjék elbomlanak
  - szűrés
- **erjesztés:**
  - kb. 5-8%-os alkohol tartalomig
  - élesztővel segítségével
- **desztillálás:**
  - ír whiskey: 3-szor, skót whiskey 2-szer
  - kb. 85 %-os alkoholos termék keletkezik
- **érlelés:**
  - használt tölgyfa hordóknban, melyben sherry-t, bourbon-t, portwine-t tároltak
  - szobahőmérsékleten, minimum 3 évig
- **palackozás:**
  - hígítás vízzel, a végső alkohol tartalom beállítása

## Vegyipar:

### Aceton, butanol gyártás:

- *Clostridium acetobutylicum* segítségével: Gram+, obligát anaerob, spóráképző baktérium
- kevert termékek keletkeznek (**butanol : aceton : etanol = 6 : 3 : 1**)
- intracelluláris redox egyensúly szabályoz, **pH kritikus**
- **pH=6-7**: szerves savak keletkeznek, **pH<4**: a sejt bespórázik, **enyhén savas pH** optimális
- **vas limitáció** esetén oldószerek keletkeznek, mivel az acetogenezis utat a vas hiány gátolja
- **szubsztrát limitáció** esetén a sejtek a fermentáció elején keletkező szerves savakat felhasználják oldószerek előállítására
- 100 kg cukorból 20 kg butanol + 8,5 kg aceton állítható elő
- aceton, butanol tisztítása: **frakcionált desztillációval, hagyományos és membrán extrakcióval, pervaporációval**
- felhasználási lehetőségek: **oldószerként, vegyipari alapanyagként, bioüzemanyagként**

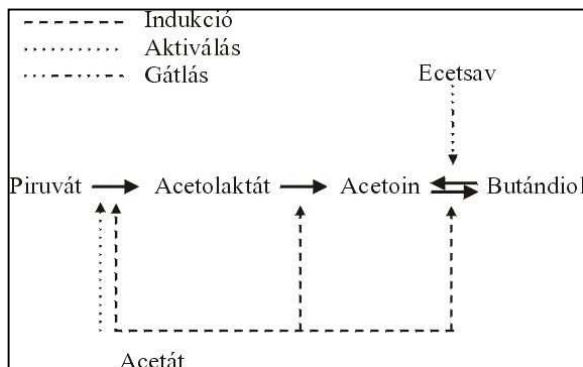


- sejt kevert termékeket állít elő:
  - acetogenezis: szerves oldószerek előállítása (butanol, aceton, etanol, propanol)
  - szolventogenezis: szerves savak előállítása (ecetsav, tejsav, vajsav)
- intracelluláris redox egyensúly szabályoz!

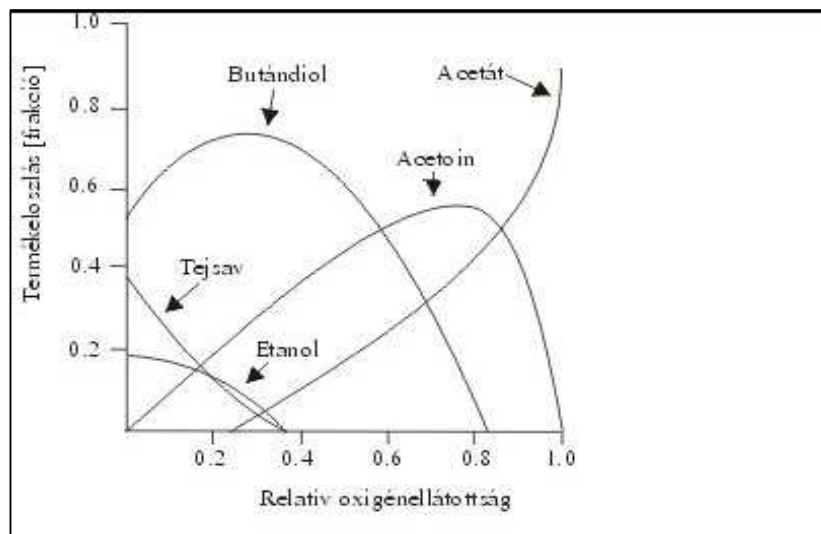
# Vegyipar:

## 2,3-butándiol gyártás:

- *Enterobacter cloacae* segítségével: Gram-, fakultatív anaerob baktérium
- kevert savas fermentáció eredménye (2,3-butándiol mellett acetát, etanol is keletkezik)
- sok rendelkezésre álló ATP esetén biomassza jön létre, a sejtek szaporodnak
- kevés oxigén esetében kevert termékek keletkeznek
- $DOT \leq 0,3\%$  esetében 2,3-butándiol a fő termék, mikroaerofil környezet szükséges
- acetát szint szintén szabályoz: több gátló, indukáló és aktiváló hatás, nehezen kontrollálható
- optimális hőmérséklet 30-37°C, optimális pH: 5,0-5,8 (ez felett acetát képződik)
- tisztítás: extrakcióval, vákum desztillációval
- felhasználása: üzemanyag adalékként, fűtőanyagként, oldószerként, műgumi alapanyagként



acetát szabályozás



oxigén szabályozás



# Energetika:

## Bioetanol gyártás:

- **lépései:** biomassza előállítás, (amennyiben polimer az alapanyag annak lebontása cukorrá), cukor kivonása, fermentáció, desztilláció, tisztítás
- **cukor alapú gyártás:** pl. cukor cirokból, cukornádból, cukorrépából
- **keményítő alapú gyártás:** pl. kukoricából, gabonákból
  - keményítőt először le kell bontani fermentálás előtt: főzés Hense edényben, majd enzimatis előkezelés
- **lignocellulóz alapú gyártás:** energianövényekből
  - fizikai-kémiai és enzimes előkezelés szükséges
- **alkohol fermentáció:**
  - *S. cerevisae* eukarióta gombával, 15-35°C-on: 10-15%-os alkohol tartalmú fermentációs termék keletkezik
- **desztilláció:**
  - rozsdamentes acél tornyokban: 82-87%-os alkohol tartalmú termék keletkezik
- **tisztítás:**
  - acetaldehid mentesítés desztillációval, vízmentesítés adszorpcióval: termék 96-100% bioetanol
- **felhasználása:** vegyipari alapanyag, fermentációs ipari alapanyag, takarmány kiegészítő, üzemanyag, üzemanyag adalék
- **fermentációs maradék felhasználása:** takarmány kiegészítő, biogáz fermentációs alapanyag

## Energetika:

### Biodízel gyártás:

- **alapanyag:** növényi biomassa (repce, napraforgó, szója, pálmaolaj)
- **lépései:** növényi biomassa előállítása, olaj kisajtolása, átészterezés
  - átészterezés: triglicerid + metanol = zsírsav-metilészterek + glicerin
- **felhasználása:** üzemanyagként
- **melléktermékek:** növényi biomassa, dara, olajpogácsa, glicerin
  - felhasználásuk: takarmányozás, biogáz fermentáció, vegyipar, kozmetikai ipar

### Biohidrogén gyártás:

- biohidrogén gyártás **fotoszintetizáló élőlényekkel**
- kulcsenzim: **hidrogenáz:** protonból és elektronból hidrogén előállítása, anaerob körülmények között működik
- ***Chlamidomonas reinhardtii***: kén éheztetés segítségével
  - kén a fotoszintetikus enzimek működéséhez szükséges, kén hiányában lebomlanak: fotoszintézis leáll, a sejtek az oxigént elhasználják, anaerob környezet alakul ki
  - a sejtek a felhalmozott keményítőt elkezdik lebontani, mely elektron forrásul szolgál a hidrogenáz enzimek számára
  - amint a keményítő elfogy a hidrogén termelés leáll, ekkor újra kén kell adni a tápoldatban, hogy a fotoszintézis elinduljon
- ***Thiocapsa roseopersicina*** segítségével: több hidrogenáza is van, lehetnek membránkötöttek és citoplazmatikusak

## Energetika:

### Biohidrogén gyártás:

- biohidrogén gyártás „**sötét**” **fermentáció** segítségével
- először biomasszát kell előállítani, ami elektron forrásul szolgál a hidrogénáz enzimeknek
- példa: hidrogén előállítása **keratinból**, két lépéses fermentációval
  - 1. lépés: keratin tartalmú hulladék bontása **Bacillus licheniformis**-al, mely alkalikus proteázzal rendelkezik: aminosavak, oligopeptidok keletkeznek
  - 2. lépés: **Thermococcus litoralis**-al az aminosavak hidrogénné történő fermentációja (szén-dioxid is keletkezik, ezért a keletkező gázt tisztítani kell)
- felhasználása: **üzemanyag cellában**, energetikai célra

### Biogáz gyártás:

- előállítását mikroba közösség végzi szerves anyagból anaerob körülmények között
  - **polimerbontó mikrobák**: polimerek bontása oligomerekké, monomerekké
  - **acetogén mikrobák**: bomlástermékekből ecetsav, hidrogén, szén-dioxid
  - **metanogén mikrobák**: metán és szén-dioxid előállítása
- fontos fermentációs paraméterek: **szervesanyag tartalom, hőmérséklet, pH, szervessav tartalom, ammónium-ion tartalom, pufferkapacitás, C/N arány**
- **felhasználása**: közvetlenül égetéssel, gázmotorban generátorral kombinálva elektromos áram előállítására, tisztítását követően üzemanyagként, földgáz kiváltására
- tisztítás: **szén-dioxid** és **kén-hidrogén** mentesítés