

## IPARI ENZIMEK



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

## ENZIMEK ALKALMAZÁSAI

**Ipar:** amilázok, proteázok, izomerázok, penicillin aciláz, konverziók (pl. az eddigi előadásokban felsoroltak)  
Piac: ~2000 MUSD/év

**Analitika, diagnosztikumok:** glükóz-oxidáz, alkohol dehidrogenáz, koleszterin oxidáz, ... stb

**Medicina:** proteázok, lipáz, aszparagináz, sztreptokináz, heparináz, ... stb  
Piac: ~3000 MUSD/év

**Kutatás/génmanipuláció:** restriktációs endonukleázok, reverz transzkriptáz, DNS-ligáz, DNS polimeráz, ...

Mi itt az ipari enzimekkel foglalkozunk.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

4

## IPARI ENZIMEK

### Történelem, mérföldkövek

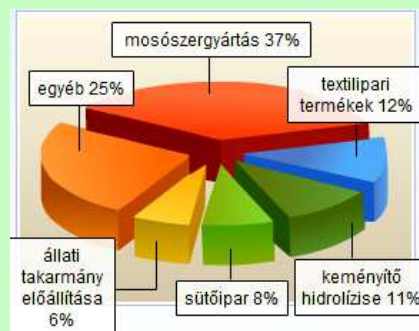
- Ósrégi: borjűgyomor – tejelvasztó enzim, rennin
- maláta – keményítőtöbontó enzimek, amilázok
- 1836 Schwann: pepszin a gyomornedvből (triviális név)
- 1876 Kühne: enzim elnevezés (de még nem tudták pontosan, hogy mi az)
- 1890 TAKAMINE (USA) „takadiasztáz” preparátum *Asp. oryzae*, emésztés-segítő, proteáz + amiláz
- 1894 E. Fischer: sztereo-specifitás,  $\alpha$  és  $\beta$  glükózidázok
- 1913 Michaelis-Menten: enzimkinetika  $v_{max}$ ,  $K_M$
- 1926 Sumner: kristályos enzim, ureáz karbamból
- 1966 teljes térszerkezet, lizozim



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

2

## MEGOSZLÁS IPARÁGAK SZERINT



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

5

## IPARI ENZIMEK

### Történelem, mérföldkövek

- 1969 Enzimek és sejtek immobilizálása
- 1969 DL-Met részolválása, Tanabe, J
- 1973 6-amino-penicillánsav előállítás
- 1974 xilóz izomeráz – High Fructose Corn Syrup
- 1977 laktáz – low lactose milk
- 1975 Kliganov: enzimreakció szerves fázisban – lipáz
- 1999 Enzyme Data Bank: ~4000 emzim, [www.expsasy.ch](http://www.expsasy.ch)



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

3

## IPARI ENZIMEK PIACA

Néhány multi uralja:

Novozymes (DK)  
DuPont/Danisco (USA)  
Roche (CH)

USA 40 %  
Európa 35 %  
Japán 24 %

Enzyme	Sales (% of total)
<i>Bacillus proteázok</i>	45
<i>Glükamilázok</i>	13
<i>Bacillus amilázok</i>	5
<i>Glükóz izomerázok</i>	6
<i>Rennin (mikrobiális)</i>	10
<i>Amilázok (penész)</i>	4
<i>Pektinázok</i>	3
<i>Proteázok (penész)</i>	2
<i>Egyéb</i>	12



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

6

## IPARI ENZIMEK FORRÁSAI

### Állati szövetek:

emésztőcsatorna emésztőenzimeik: tripszin, rennin  
májból: glutamát dehidrogenáz

### Növényi eredetű:

Papain, bromelin  
 $\alpha$  és  $\beta$ -amilázok: malátában

### Mikroorganizmusok:

Sok extracelluláris hidroláz  
Egyenértékű vagy jobb enzimet termelnek.

Ma a termelt enzimek 60%-a nem természetes, vagy  
- génmanipulációval átvitték egy másik mikroorganizmusba  
- protein engineering-gel megváltoztatták a szerkezetét.



## IPARI ENZIMEK TERMELÉSE

### Feldolgozás jellemző műveletei:

Extracelluláris – intracelluláris enzimek (sejtfeltárás)

(a cél az extracelluláris, pl. génmanipulációval egy szignálpeptidet kapcsolni a fehérje elejére)

Kicsapás - kiszűrés, oldószeres kicsapás (IEP)

Ultraszűrés – koncentráció, diaszűrés

Kromatográfia – ioncsere, adszorpció, néha affin- és gél-

Szárítás – fluid ágyas, porlasztva szárító, dobszárító

Granulálás – extruderrel, sima felületű gyöngyök, por nélkül

A két utolsó lépés drága, és árthat az enzimeknek, ezért sokszor inkább elődatban hozzák forgalomba (stabilizálás)



## IPARI ENZIMEK TERMELÉSE

Anyagcsere: egyetlen fehérjét kell termelni nagy mennyiségben.

Szabályozások: néhány konstitutív enzimtől eltekintve ezek induktív enzimek → indukálni kell → általában a szubsztráttal

Amilázok - keményítővel

Invertáz - szacharózzal

$\beta$ -galaktozidáz - laktózzal

Glükóz-izomeráz - xilózzal (xilán, korpa)

Katabolit represszió: a bőséges cukor (glükóz, fruktóz, stb) lefékezi a primer anyagcserét. Kivéde:

- más, nehezen hozzáférhető szénforrás (laktóz, glicerin, ...)
- glükóz adagolással limitben tartani
- szabályozási mutánsok keresése



## IPARI ENZIMEK

Az ipari léptékben termelt enzimek szinte mind hidrolázok. Ezen belül a szubsztrátok szerint célszerű csoportosítani az egyes készítményeket.

- Szénhidrátbontó enzimek (ezeket itt nem tárgyaljuk, mert párhuzamosan a keményítőipar kapcsán tananyag)
- Proteázok (pH optimumuk szerint lúgos, semleges és savas proteázok)
- Lipázok



## IPARI ENZIMEK TERMELÉSE

### Tenyésztés általános jellemzői:

Felületi: még előfordul – tálca, forgó dob

Szubmerz: általános

Szakaszos: tisztán ritkán fordul elő

Rátáplálásos: a leggyakoribb

Folytonos: ahol csak lehet

Oxigén ellátás: nincs általános szabály

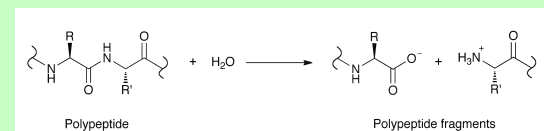
van, ahol az oxigén limit a jó (pl. glükóz izomeráz, ...)

van, ahol nagy OUR szükséges (pl. proteáz, ...)

van ahol +8% CO<sub>2</sub> bevezetése előnyös



## Proteázok



A proteázok az ipari enzimek egyik legfontosabb csoportja (6200 t tiszta enzimfehérje/év)

Peptid kötéseket bont (létrehoz) (hidrolízis, szintézis)

Fehérje lebontás: élelmiszer, tejelválasztás, mosóenzimek, infúzió, vérrögoldás (fibrin oldás)

Peptid szintézis: aszpartám előállítás



## Proteázok

### Hidrolízis-ekvivalens (h):

(mól elbontott peptidkötés)/(kg fehérje (szubsztrát))

### Hidrolízis fok (DH = degree of hydrolysis), bontási százalék:

$$DH = \frac{h}{h_{\text{tot}}} \cdot 100\%$$

(mól elbontott peptidkötés)/(mól összes peptidkötés)

$h_{\text{tot}} = 1$  kg fehérjében található összes peptidkötés (mól).  
Ez ~8 mól/kg, mert ha az aminosavak átlagos molekula-tömege 125 g/mol, akkor 1 kg fehérjében 8 peptid kötés van.



## Alkalikus proteázok a bőriparban

### Bőrkihészítés:

- Tartósítás
- **Áztatás** – proteázokkal leemésztik a nem-rost fehérjéket
- **Szörtelenítés** – az enzimek nem a szőrt (keratint) bontják, hanem a szőrtüszőt
- Zsírtalanítás
- Pácolás
- Cserzés



## Proteázok

### Csoportosítás:

- Exo- és endoproteázok
- termelő szervezetek alapján (baktérium, gomba)
- pH optimum alapján (alkalikus, neutrális, savas)
- kulcs-aminosav szerint (Ser, Cys, Asp proteázok)



## Törzsek

### Screening

pH = 10-es fehérje agaron szélesztéssel

### Törzsjavítás (génmanipuláció, protein engineering)

Célja: az adott törzs több enzimet termeljen

- 1.) erős promotert teszünk az adott gén elé
- 2.) multikópiás plazmid: az adott gén több példányban legyen jelen.
- 3.) protein engineering: pl.:a stabilitás érdekében a 222 Met-t (amitől egy fehérje általában instabil) Ser-re cserélték - jobb aktivitást tapasztaltak, de a stabilitás nem lett jobb.



## Alkalikus proteázok

### Termelő mikroorganizmusok:

*Streptomyces* nemzetség, *Aspergillus* nemzetség, *B. amyloliquefaciens* (szubtilizint termel – szerin-proteáz, reverzibilis a hidrolízis)

### A mosószer proteázoknál feltétel a kompatibilitás:

- detergensekkel
- lúgokkal
- kelátképzőkkel
- Perborátokkal
- Hőstabilitás



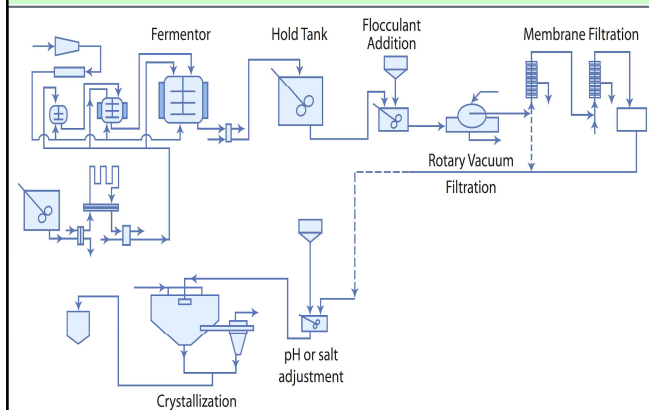
## Fermentációs technológia

- Fed batch fermentáció
- Az  $\text{NH}_4$  és aminosav koncentrációt alacsonyan kell tartani
- intenzív  $\text{O}_2$  bevitel kell
- 48-72 h

1971-ben termék-krízis: a por állagú enzim a gyár levegőjében szállva a dolgozóknál erős allergiát okozott.  
Megoldás: mikrokapszulázás, extruderés granulálás – sima felületű szemcsék, nem porzik.



### Alkálikus proteáz gyártási technológia



### Neutrális proteázok húsiparban

A húsiparban: érlelés, fehérje rostok fokozatos lebontása (rágós → puha)

- Spontán, saját enzimekkel +4 fokon 2-3 hét
- Felgyorsításához proteázt injektálnak
- Hidegen ez is lassan megy, de a sütés/főzés során felgyorsul a folyamat



### Neutrális proteázok

Termelő mikroorganizmusok:

*Bacillus subtilis*, *S. griseus*, *Aspergillus oryzae*

Érzékeny:

- hőre
- stabilizátorokra (CaCl<sub>2</sub>, NaCl)
- alkalikus proteáz gyorsan lebontja

Felhasználás:

- Élelmiszeriparban
- Bőrparban



### Savas proteázok

Asp és Glu proteázok

Pepszin típusú: pH<sub>opt</sub> = 2-4, *Aspergillus*-ok termelik  
Rennin típusúak: pH<sub>opt</sub> = 5-7, *Mucor*-ok termelik

Felhasználás:

- emésztést elősegítő enzimek (pepszin pótlása)
- szója hidrolízis, szója szósz előállítása
- tej alvasztása



### Neutrális proteázok a sütőiparban

A sütőiparban: elbontják a siker fehérjét, ezzel

- Enyhe bontásnál a tészta lazább lesz, nagyobbak a buborékok
- Erősebb bontásnál a tészta nem rugalmas lesz, hanem kemény, roppanós (keksz, ropi)
- Több szabad aminos csoport keletkezik – Maillard reakció – barna szín,
- gluténmentesítés, eltűnik az allergén



### Oltóenzim, rennin, rennet, chymosin, gasztriktin

Savas proteáz

A sajtgyártás kulcsenzime, alvasztó enzim, Asp van az aktív centrumban (= aszparaginsav proteáz)

A 3-4 hetes borjú gyomrában található pre-pro-chymosin formában.

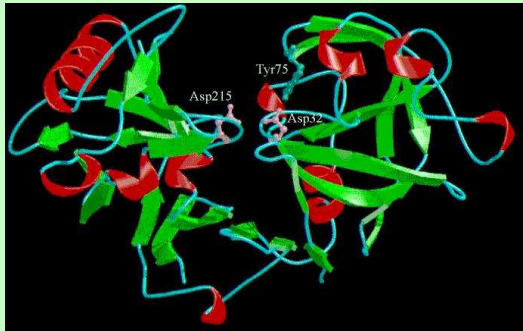
Két izoenzime van, egy aminosav (244) különbség:

- *chymosin A*: Asp (~40%, nagyobb az aktivitás)
- *chymosin B*: Gly (~60%)

Genetikailag meghatározott, vagy A vagy B van termelődik.



## Chymosin-B



## Rekombináns rennin

## 3. Rekombináns DNS technikával

*E. coli*

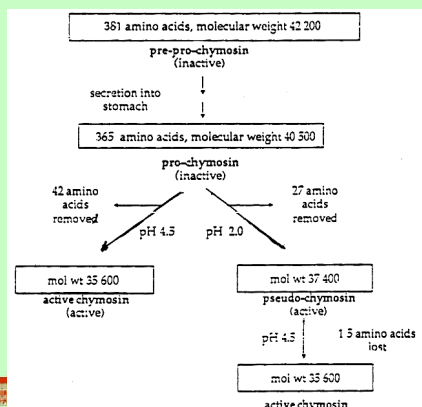
- 1980 elején az állati chymosin gént klónozták, REN-NET<sup>®</sup> néven szabadalmaztatták és engedélyeztették
- az enzim oldhatatlan, zárványtest (inclusion body) formában van
- az összfehérje 15-20%-a rennin

*B. subtilis*: ártalmatlan mikroba, de ez is intracelluláris

*Saccharomyces cerevisiae*: gyenge termékképzés



## Az aktív RENNIN kialakulása



## Rekombináns rennin

*Aspergillus niger var. awamori* törzssel

Egyszerű inokulálás, spórákkal, hosszabb, egy hetes fermentáció.

Extracelluláris, könnyű feldolgozni, de: a komplex tápoldat miatt marad szennyezettebb. Elég porlasztva szárítani, ha tiszta enzim kell, akkor oszlopokon tisztítják.

Christian Hansen, (CHY-MAX); Genencor (CHYMOGEN)



## Rennin

Megnövekedett igény, nincs elég borjú gyomor.

A hiányzó mennyiség pótlására:

1. állati (pl. csirke) pepszinek (Izrael, Csehország)
  2. savas penész proteázok - *Rhizomucor mihei*, *R. pusillus*, *Cryphonectria (Endothia) parasitica*  
*E. parasitica* enzim: kereskedelmi készítmény, 1967, Supraren (USA, Franciaország)
    - pH = 4 - 5,5
    - hőstabilitása (viszonylag) nagy (itt hátrány)
    - extracelluláris enzim, kicsapódhat
- Protein engineering-gel próbálták javítani.



## Rekombináns rennin

*Kluyveromyces lactis*-sal: élelmiszeripari mikroba, tejsavóból izolált élesztő, a tejcukrot bontja (vö.: SCP gyártás),

A tejiparban használatos  $\beta$ -galaktozidáz ezzel termeli a Gist-Brocades.

Extracelluláris enzimermelés: az élesztő  $\alpha$ -faktor leadert, mint szignál szekvenciát beépítették az N-terminálisra ezáltal a prochymosint extracellulárisan termeli. (1988 F, NL)

A törzs kevés más extracelluláris fehérjét termel, ezért könnyű a rennint izolálni.

Prochymosin  $\rightarrow$  chymosin (MAXIREN<sup>®</sup>)

Jól ismert törzs, egyszerű a scale up.



MAXIREN<sup>R</sup>

A termék nem tartalmazhat élő sejtet, ezeket benzooesavval alacsony pH-án előlik, és szűrik (ultraszűrés után sterilizálás → élelmiszeripari enzim)  
Közben a prochymosin → chymosin átalakulás végbemegy  
A terméket benzooesavval tartósítják.

Régebben plazmidon elhelyezkedő génről termeltették a prochymosint, azután a prochymosin gént beépítették a kromoszómába.

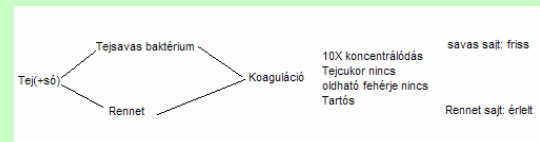


## A RENNIN hatása

A sajtgyártás kulcslépése a tejfehérje megalvasztása.

A sajt az első termék, melynél enzimet és mikrobát (tejsavbaktériumot) is használnak évezredek óta.

Évente  $25 \cdot 10^6$  liter rennetet forgalmaznak, 140 M USD értékben, olcsó enzim.

MAXIREN<sup>R</sup>

- tisztább, mint a borjú rennin, nincs kísérő enzim (pepszin + egyéb)
- a renninnel kémiaailag és biológiailag teljesen azonos
- ez a kereskedelmi termék az egész világon.
- termelése olcsó
- állandó tisztaságú, mentes állati szervesmaradványoktól (pl. nincs BSE veszély)
- korlátlanul termelhető



## A tej fehérjéi

Fehérjék	%	Foszfát csoportok molekulánként	
<b>Kazein</b>			
α s1-kazein	32	8	Hőstabil P miatt, Ca kötő micella képz.
α s2-kazein	8	10-13	
β-kazein	32	5	
κ-kazein	8	1-2	
	80		
<b>Savó fehérjék</b>			
β-laktoglobulin	12	0	Ezek ultraszűréssel eltávolíthatók
β-laktalbumin	4	0	
Immunglobulin	3	0	
Szérum albumin	1	0	
	20		

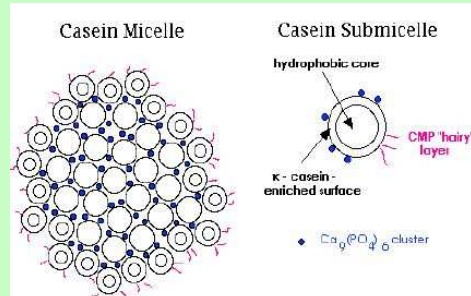
MAXIREN<sup>R</sup>

- 1988-tól ipari termelés Seclinben (F), az üzem ISO 9002 minősítéssel rendelkezik rekombináns élesztő tenyésztésére, kóser minősítés, vegetáriánus minősítés.
- engedélyeztetése nehéz volt, csak
- DNS stabilitás, patogenitás, mutagenitás, toxikusság, etetési teszt, allergia, sajtgyártási teszt, organoleptikus vizsgálatok után fogadták el.
- EC, EU előírásait be kell tartani (termelésre és termékre egyaránt)

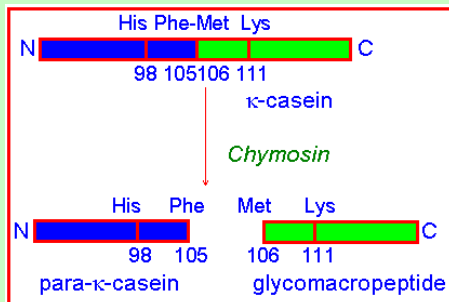


## Kazein micellák

0,1% Ca jelenlétében a kazeinok micellát képeznek.



## A rennin hatása



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

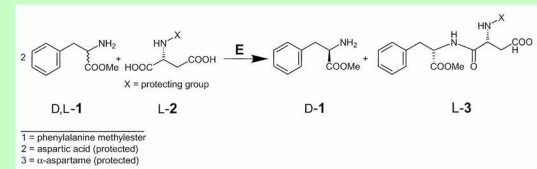
37

## Fémproteázok

termolizin Zn proteáz, az aszpartám gyártás enzime  
Aszpartám: mesterséges édesítőszer.

Felhasználása élelmiszereknél: italok, tej, jam, cukorkák...

A fenilalanin metil észterének és aszparaginsavnak az összekapcsolásával keletkezik:



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

40

## A rennin hatása

1. fázis: A rennin fenilalanin-metionin között végez hasítást, kettévágja a κ-kazeint és ezzel destabilizálja a micella szerkezetét.

2. fázis: koaguláció, mely a magasabb hőmérsékleten és  $Ca^{2+}$  ionok hatására fokozódik

Szétválasztás: túró (fehérje: a 8%-ból 7, zsír, Ca, foszfát) + savó (tejcukor ~7,5% és ~1% fehérje, ásványi sók)



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

38

## Termolizin

Forrása: *Bacillus proteolyticus*

Mérete: 316 aminosav, 34.333 Da

Japán hőforrásból izolálták → jó a hőstabilitása

A kofaktora  $Zn^{2+}$  ion, a stabilitását 4  $Ca^{2+}$  biztosítja.

Optimális körülmények: pH = 7-8 T = 70 °C

Izolált enzimeként, oldott vagy immobilizált formában alkalmazzzák.

Szakaszos eljárás, keverős reaktorban

Enantiomer tisztaság: 99,99 %



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

41

## Sajtérelés

Bizonyos sajtokat érlelnek (4 hét-2 év), az idővel a víztartalom csökken.  
Közben kémiai, biokémiai, mikrobiológiai változások zajlanak le.

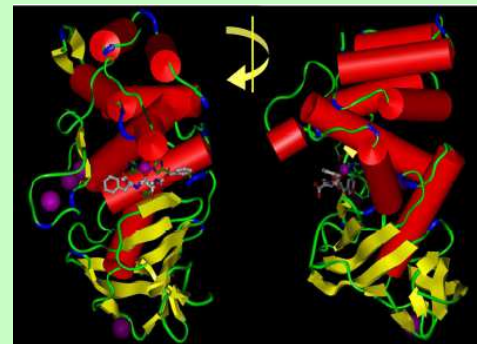
- ha tejcukor maradt a sajtban és ezen a mikrobák elszaporodnak → kellemetlen íz
- sok szabad zsírsav keserű (szappanszerű) ízt ad
- a fehérje bomlás folyamatos, aminosavak, biogén aminok, ammónia



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

39

## Termolizin

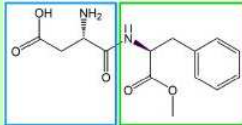


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

42

## Aszpartám gyártás

Ahhoz, hogy csak a fenilalanin aminocsoportja reagáljon az aszparaginsav  $\alpha$ -karboxil csoportjával, a rajtuk lévő egyéb funkciókat blokkolni kell, egyébként random di- és oligopeptidek képződnek.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

43

## Enzimes eljárás (HSM)

Az enzimes eljárás előnyei:

- Nem keletkezik  $\beta$ -aszpartám (ami keserű)
- Sztereoselektív a reakció, csak L-aszpartám keletkezik, így alapanyagként DL-Phe (racém, olcsóbb) is használható.
- Nincs racemizáció a szintézis alatt
- A reakció vizes közegben, enyhe körülmények között végrehajtható.
- A keletkező védett aszpartám adduktot képez a feleslegben lévő D-PheOMe-rel, ami kicsapódik.
- A termék kicsapódása miatt az egyensúlyinál jobb konverziót lehet elérni (5%  $\rightarrow$  90%).

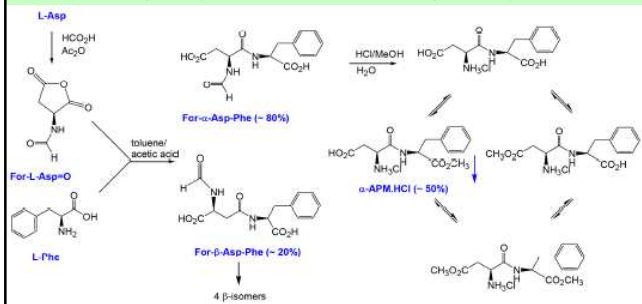
BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

46

## Aszpartám gyártások

Kémiai eljárás (formilezés, NutraSweet, Ajinomoto):



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

44

## Az enzimes aszpartám gyártás lépései

Szubsztrátok:

L-aszparaginsav + DL-fenilalanin-OMe (racém, olcsóbb)

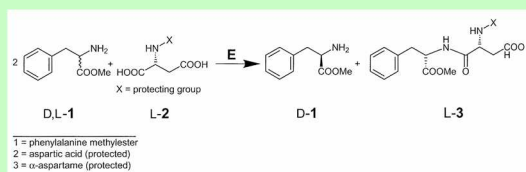
- A keletkező védett aszpartám adduktot képez a feleslegben lévő D-PheOMe-rel, ami kicsapódik.
- Szűrés
- Sósavval visszaoldják.
- A BOC csoportot lehidrogénezik, a D-PheOMe-t racemizálják és visszavizik a folyamat elejére.

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

47

## Enzimes eljárás (HSM = Holland Sweeteners Company)

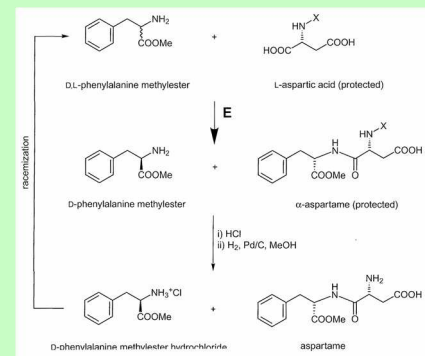


A Phe metilésztere a karbonsavat blokkolja, az Asp aminos csoportját pedig egy benzoi-oxi-karbonil (BOC) csoporttal védik (ez végül hidrogénezéssel eltávolítható).

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

45

## Aszpartám gyártás



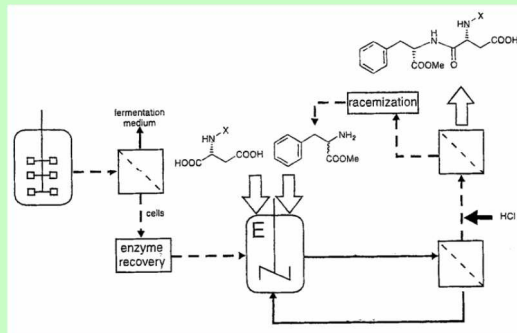
BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

48



## Az aszpartám gyártás folyamatábrája



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

49

## Lipázok

Termelő mikroorganizmusok:

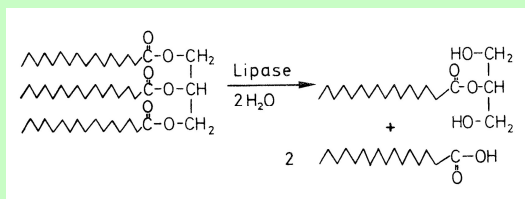
- > *Aspergillus* nemzetség,
- > *Mucor* nemzetség,
- > *Rhizopus* nemzetség,
- > *Candida* nemzetség

Általában sejthez kötött enzimek, de  $Mg^{2+}$  ionok hatására leválnakInduktor: olaj, zsírok (szubsztrát),  
Represszor: glükóz (katabolit represszió), glicerín (termék inhibíció)

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

52

## Lipázok

Alapreakció: a zsírok észterkötéseit hidrolizálják, termékek: szabad zsírsavak, mono- és digliceridek, glicerín.  
Egyensúlyi reakció, visszafelé is megy.

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

50

## Lipázok felhasználása

1. Emésztést elősegíti (pankréasz lipáz pótlása)
2. Sajtérelésben ízjavító (tejszír irányított bontása)
3. Szappan ipar, kíméletes elszappanosítás (*Candida* lipáz)
4. Átészterezés, észterképzés  $\rightarrow$  dinamikus egyensúly  $\rightarrow$  a karbonsav csoportok folyamatosan cserélődnek  $\rightarrow$

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

53

## Lipázok

Vannak régióspecifikusak, amelyek csak a szélső zsírsavakat hidrolizálják, a középsőt nem, de vannak erre érzéketlenek is. A szénlánc hossza csak a sebességet befolyásolja.

Szerves oldószerekben is jól működnek, igen kis víztartalom mellett.

Sőt a hőállóságuk is jobb ebben a közegben  $\rightarrow 70^\circ\text{C}$ .

Adszorpcióval könnyen immobilizálhatóak szerves és szervesen hordozók felületén (hidrofil-hidrofób jelleg a használt oldószer szerint).

BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

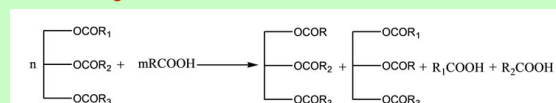
51

## Zsírok átészterezése

1. Trigliceridek között



2. Triglicerid és zsírsav között



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

54

## Kakaóvaj-pótló anyag előállítása

Pálmagaj-olaj átészterezése kakaóvajszerű zsíradékká (csokoládé gyártás)

Triglyceride	Palm oil mid-fraction (% dry weight)	Enzymically produced fat (% dry weight)	Cocoa butter (% dry weight)
SiSiSt	5	3	1
POP	58	16	16
POSt	13	39	41
SiOSt	2	28.5	27
SiLnSt	9	8	8
SiCO	4	4	6
Others	2	1.5	1

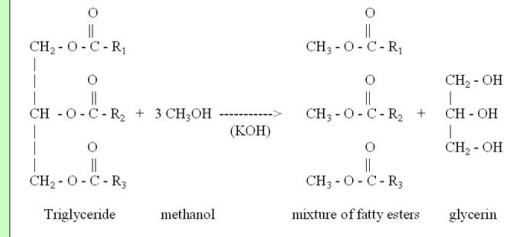


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

55

## Növényolaj átészterezése biodízellé

A biodízel gyártása során a növényi olajat átészterezik metilészterré. Ezt KOH-val végzik, de dolgoznak az enzimikus technológián. Ehhez *nem-régióspecifikus* lipáz szükséges.

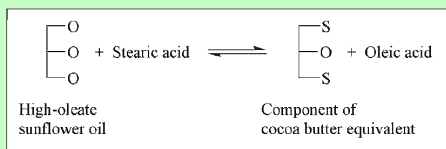


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

58

## Kakaóvaj-pótló anyag előállítása

Napraforgóolaj átészterezése kakaóvajszerű zsíradékká (csokoládé gyártás) régió-szelektív lipázokkal.



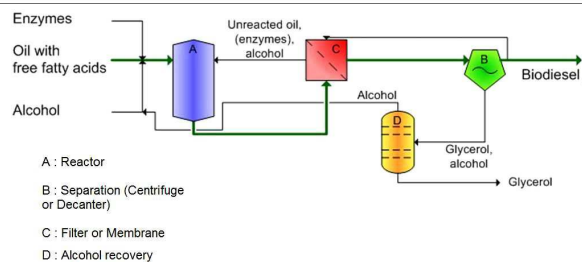
A termékből a szabad savakat eltávolítják molekuláris desztillációval, azután hűtéssel frakcionált kristályosítás: a sztearinsav észterek válnak ki először, az olajsavasok folyékonyak maradnak.



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

56

## Növényolaj átészterezése biodízellé



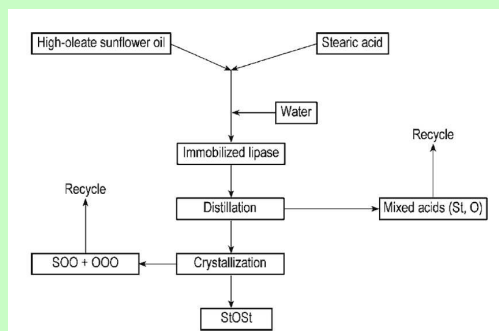
Sok (~12%) glicerint keletkezik



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

59

## Kakaóvaj-pótló anyag előállítása



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

57