

## 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: restrikciós endonukleázok, reverz transzkriptáz, DNS-ligáz, DNS polimeráz, ....



## Enzimtechnikai alapfogalmak

Szakaszos reaktorok: a betáplálás és az elvétel időben elkülönül egymástól.

Folytonos reaktorok: a betáplálás és az elvétel egyidejűleg folyik.

Ezek kombinálhatók valamelyik komponens recirkulációjával illetve visszatartásával.

Konverzió:

$$\frac{\text{átalakult mólok száma}}{\text{kiindulási mólok száma}}$$

$$X_s = \frac{n_{s0} - n_s}{n_{s0}}$$

Szakaszos reaktorban a konverzió a reakció előre haladásával növekszik, míg el nem éri az egyensúlyt (=egyensúlyi konverzió)



## Enzimtechnikai alapfogalmak

Hozam: 
$$\frac{\text{szintetizált mólok száma}}{\text{kiindulási mólok száma}} \quad \eta_p = \frac{n_p - n_{p0}}{n_{s0}} \left( \frac{v_s}{v_p} \right)$$

Ahol:  $n_p$  – a termék mólszáma a reakció végén

$n_{p0}$  – a termék mólszáma a reakció elején

$n_{s0}$  – a szubsztrát mólszáma a reakció elején

$v_s$  – a szubsztrát sztöchiometriai együtthatója (hány molekula vesz részt a reakcióban)

$v_p$  – a termék sztöchiometriai együtthatója (hány molekula képződik a reakcióban).



## Enzimtechnikai alapfogalmak

Szelektivitás: 
$$\frac{\text{szintetizált (céltermék) mólok száma}}{\text{konvertált mólok száma}}$$

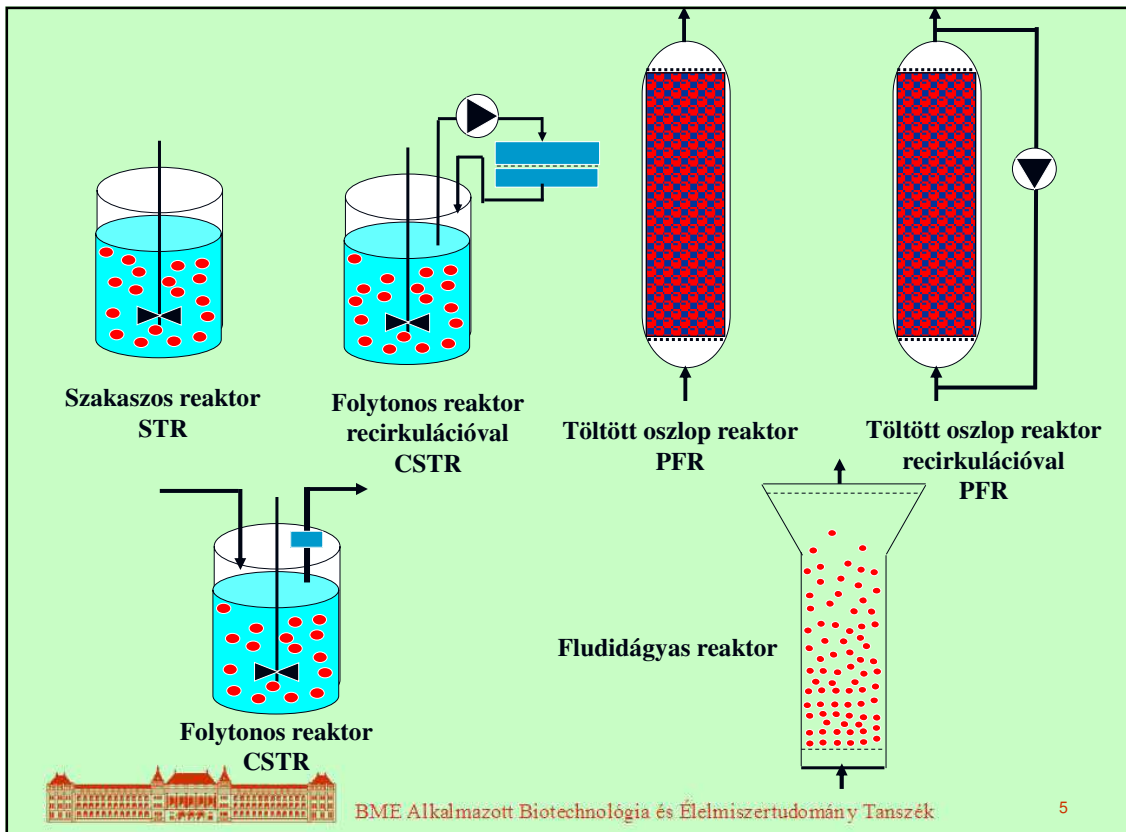
$$\sigma_p = \frac{n_p - n_{p0}}{n_{s0} - n_s} \left( \frac{v_s}{v_p} \right)$$

Ennek értéke akkor közelít az egyhez, ha nem keletkeznek melléktermékek.

A definiált jellemzők közötti összefüggés:

$$\eta_p = \sigma_p \cdot X_s$$





## Ipari technológiák rögzített enzimekkel

Aminoaciláz	D,L-aminosavak reszolválása
Glükóz izomeráz	Glükóz → fruktóz konverzió
Penicillin amidáz	Penicillin oldallánc csere
$\beta$ -galaktozidáz	Tejcukor hidrolízise
Lipáz	Trigliceridek hidrolízise és átészterezése
Termolizin	Aszpartám gyártás



## MEGOSZLÁS IPARÁGAK SZERINT

Élelmiszeripar (ebből keményítőipar)	45% 11%)
Detergens ipar	34%
Textilipar	11%
Bőripar	9%
Papír	1,2%



## IPARI ENZIMEK PIACA

Néhány multi uralja:  
 NOVO Nordisk (DK)  
 DSM-Gist (NL)  
 IBIS  
 Genencor (USA)  
 Rhone Poulenc (F)  
 Solvay Enzym  
 Miles Chemicals (USA)

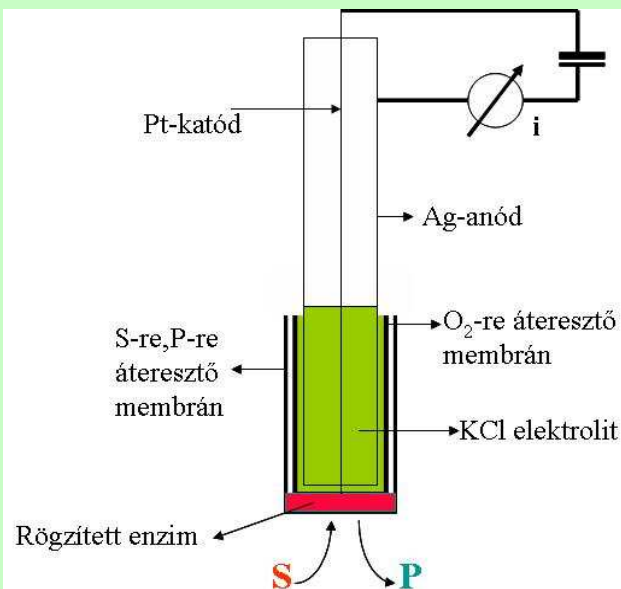
USA 40 %  
 Európa 35 %  
 Japán 24 %

Enzim	Érték (piac %)
Bacillus proteázok	45
Glükamilázok	13
Bacillus amilázok	5
Glükóz izomerázok	6
Rennin (mikrobiális)	10
Amilázok (penész)	4
Pektinázok	3
Proteázok (penész)	2
Egyéb	12

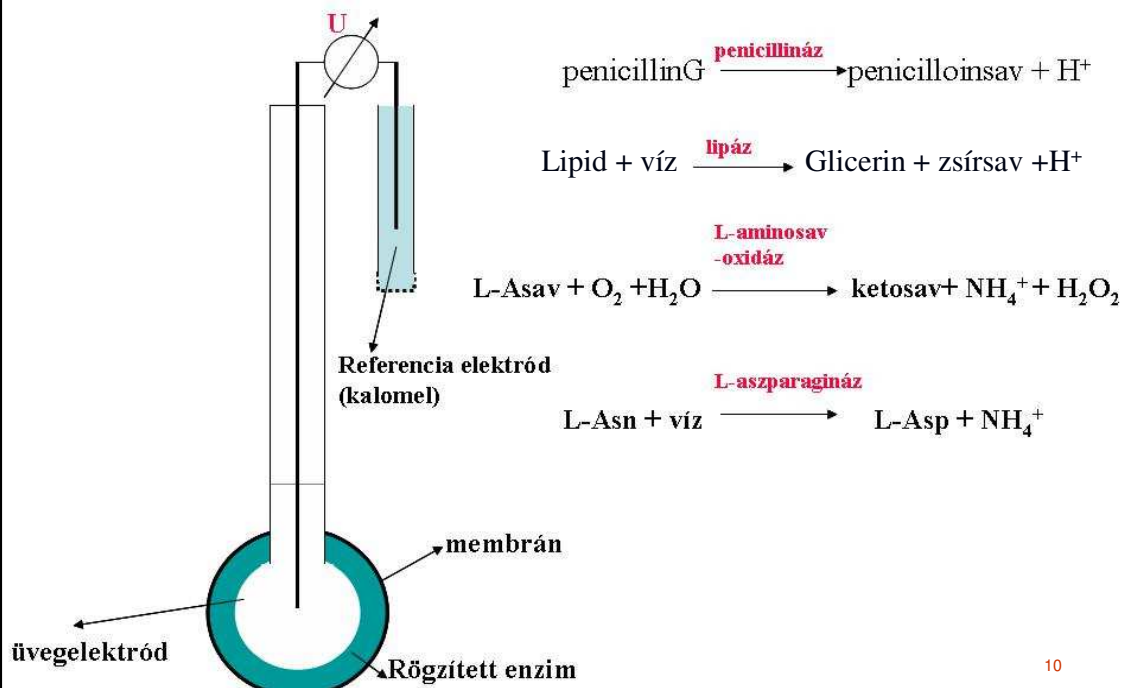


## Enzimelektrodok: amperometria

Ez voltaképpen egy oldott oxigén mérő elektród, amelyre a membránok közé glükóz-oxidázt és katalázt rögzítettek. A két enzim által termelt oxigént méri amperometriásan az elektróda.

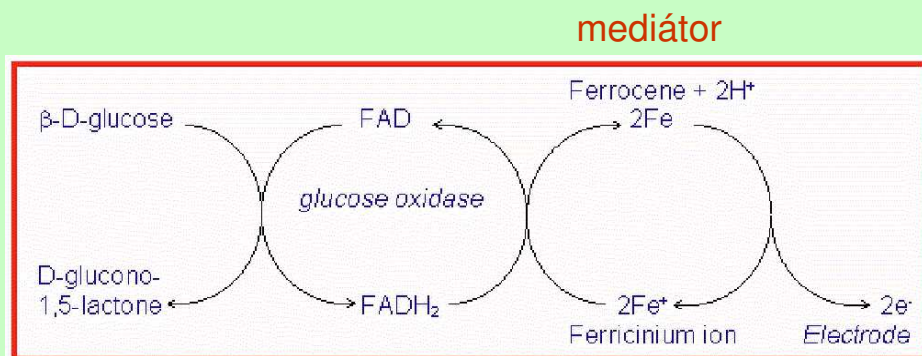


## Enzimelektrodok: potenciometria

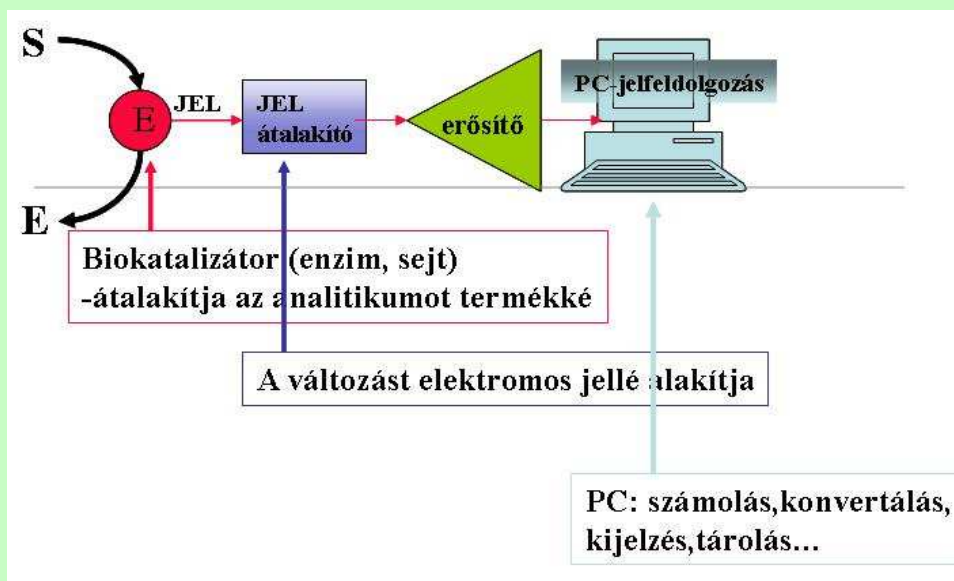


## Enzimelektrodok: elektronátadás

Ha az enzim reakció során elektronátmenet történik (NAD-, FAD-mediált reakciók), az elektronátadás közvetlenül mérhető jellé alakítható:



## BIOSZENZOR



## Enzimek felhasználása **analitikai** céllal

Ez esetben nem az enzim aktivitását mérjük meg, hanem egy vegyület koncentrációját igyekszünk meghatározni.

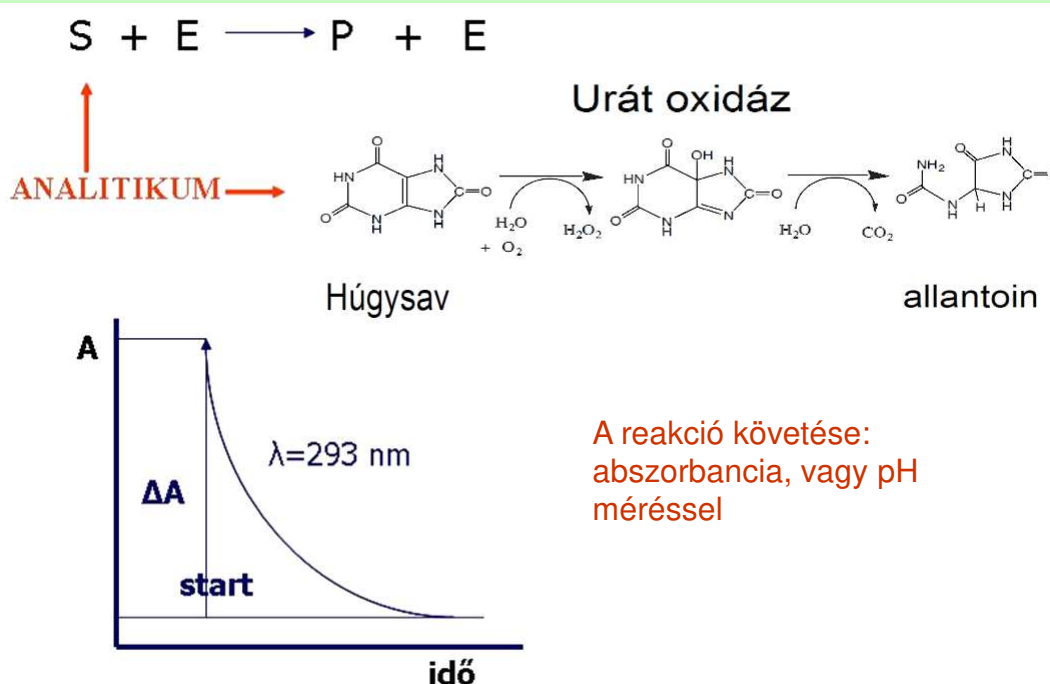
1. S meghatározása
2. I meghatározása
3. Marker (pl. immun assay-kben)

### Enzyme Linked Immunosorbent Assay (ELISA)

Cél lehet: diagnosztika, biokémia

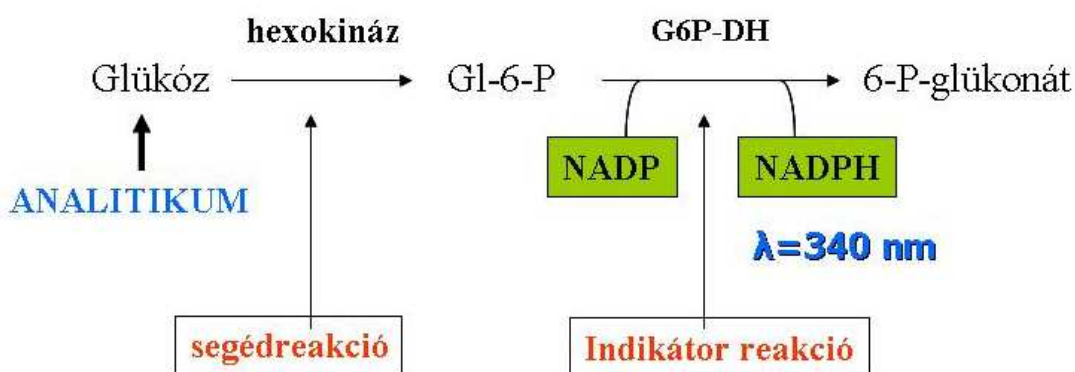


## S-meghatározás, reakció végpontig



## S-meghatározás segédreakcióval

Ha S vagy P nem észlelhetők, egy segédreakcióval mérhetővé tehetjük. Pl.:

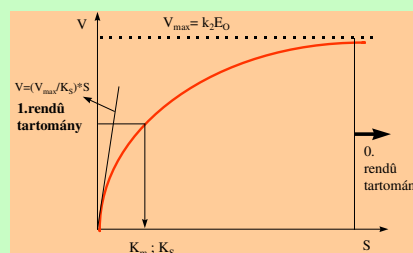
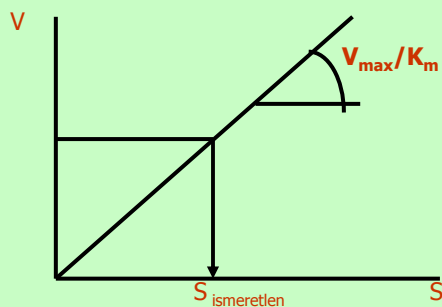


## S mérés kinetikai vizsgálattal

A M-M görbe kezdeti, lineáris szakaszán a reakciósebesség egyenesen arányos S koncentrációjával.

Ha  $S \ll K_m \rightarrow V \sim V_{\max}/K_m \cdot S$

$\swarrow -dS/dt$   
 $\searrow dP/dt$

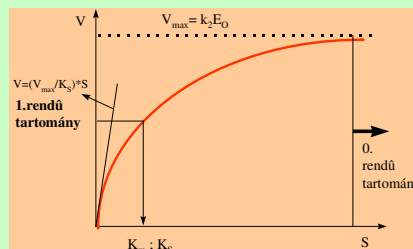




## S mérés kinetikai vizsgálattal

A M-M görbe telítési, vízszintes szakaszán a reakciósebesség egyenlő  $v_{max}$ -al.

Ha  $S \gg K_m \rightarrow V \sim V_{max} = k_2 E_0$



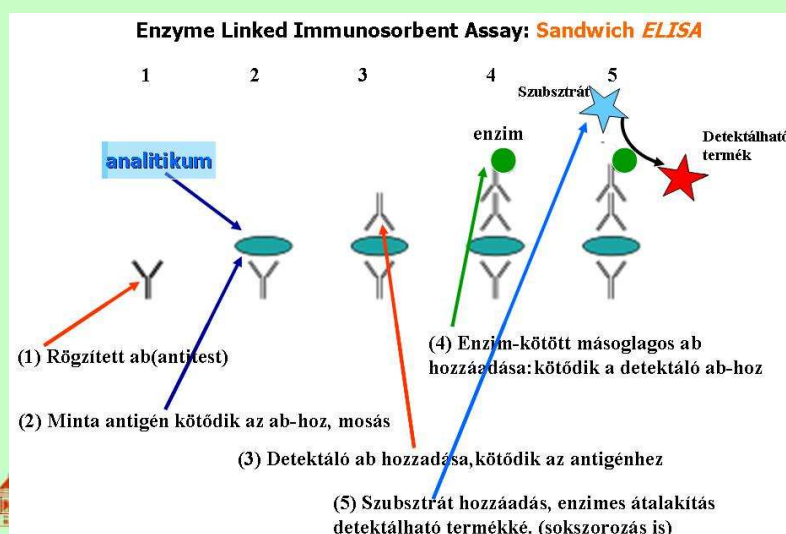
S így nem mérhető, de inhibitorok vagy aktivátorok meghatározhatók:

- Heparin → trombin
- Inszekticidok → acetilkolinészteráz



## Enzyme Linked Immunosorbent Assay (ELISA)

Az immunreakciók önmagukban láthatatlanok, egy észlelhető enzim reakció hozzákapcsolásával teszik mérhetővé.



## Követelmények az analitikai enzimekkel szemben

- Specifitás (ne legyen mellékreakció más S-sel)
- Tisztaság
- Stabilitás
- Kinetikai tulajdonságok
- pH optimum
- Oldhatóság (ne csapódjon ki)
- Ár

