

## EGYÉB HATÁSOK AZ ENZIMAKTIVITÁSRA

- Ionerősség
- pH
- **HŐMÉRSEKLET**
- Nyírás
- Nyomás (hidrosztatikai)
- Felületi feszültség
- Kémiai szerek (alkohol, urea,  $H_2O_2$ ...)
- Fény, hang, ionizáló sugárzások

Reverzibilis

változások

Irreverzibilis



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

1

## Reaktív oldalláncok

A fehérjék aktivitás-változását az aminosav oldalláncok változásai idézik elő.

Savas:  $-COOH$ : Asp, Glu      Bázikus:  $-NH_2$ : Lys, Arg

Láncvégi szabad  $-COOH$  és  $-NH_2$

savamid:  $-CO-NH_2$ : Asn, Gln

Poláris:  $-OH$ : Ser, Thr       $-SH$ : Cys,       $-S-CH_3$ : Met

Imidazol: His      Guanidin: Arg

H-hidak:  $C=O \dots\dots H-O-$        $C=O \dots\dots H-NH-$



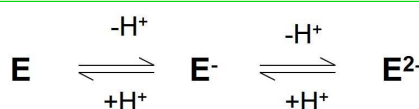
BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

2

## A pH hatása

Fehérjék: + és - töltésű oldalláncok ← a töltés a disszociáción keresztül függ a pH-tól → változik az aktív centrum

Áttöltődés:



Egyensúlyok:

$$E \rightleftharpoons E^- + H^+ \quad K_1 = \frac{H^+ \cdot E^-}{E} \quad E^- = \frac{K_1 \cdot E}{H^+}$$

$$E^- \rightleftharpoons E^{2-} + H^+ \quad K_2 = \frac{H^+ \cdot E^{2-}}{E^-} \quad E^{2-} = \frac{K_2 \cdot E^-}{H^+}$$

Csak az  $E^-$  aktív!

Aktív enzimehányad:

$$Y^- = \frac{E^-}{E_0}$$

$$v_{\max} = k_2 E^- = k_2 E_0 Y^-$$



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

## A pH hatása

$$E_0 = E + E^- + E^{2-}$$

$$Y = \frac{E^-}{E_0} = \frac{E^-}{E + E^- + E^{2-}}$$

$$Y = \frac{\frac{K_1 \cdot E}{H^+}}{E + \frac{K_1 \cdot E}{H^+} + \frac{K_2 \cdot E^-}{H^+}}$$

$$Y = \frac{\frac{K_1 \cdot E}{H^+}}{E + \frac{K_1 \cdot E}{H^+} + \frac{K_2 \cdot K_1 \cdot E}{H^+}}$$

$$Y = \frac{\frac{K_1}{H^+}}{1 + \frac{K_1}{H^+} + \frac{K_2 \cdot K_1}{H^+}}$$

$$Y = \frac{K_1}{H^+ + K_1 + \frac{K_1 K_2}{H^+}}$$

$$Y = \frac{1}{\frac{H^+}{K_1} + 1 + \frac{K_2}{H^+}}$$

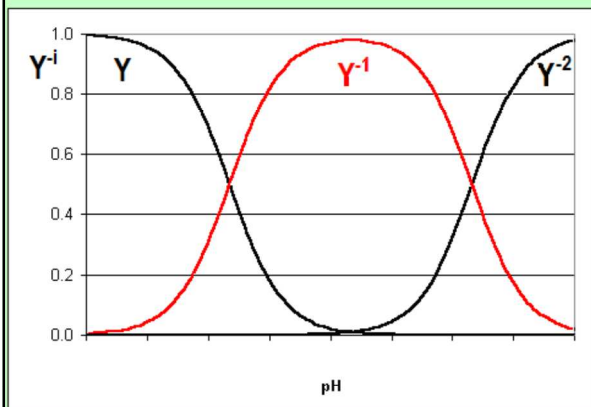
$$Y^- = \frac{1}{1 + H^+/K_1 + K_2/H^+}$$

Michaelis-féle pH függvény:



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

## A pH hatása



$$Y^- = \frac{1}{1 + H^+ / K_1 + K_2 / H^+}$$

$$H^+_{\text{optimum}} = \sqrt{K_1 K_2}$$

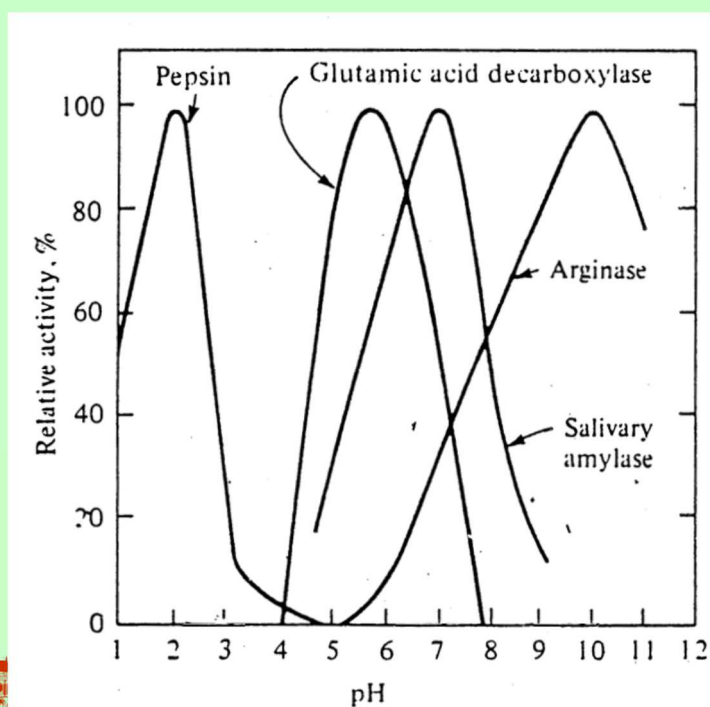
$$(\text{pH})_{\text{optimum}} = \frac{1}{2} (\text{p}K_1 + \text{p}K_2)$$

$$V_{\text{max}} = k_2 E_0 Y^- = k_2 E_0 \frac{1}{1 + H^+ / K_1 + K_2 / H^+}$$



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

## A pH hatása




6

## Hőmérséklet hatása

Kettős hatás

- reakciósebesség nő
- csökken: denaturálódás
  - irreverzibilis
  - reverzibilis

Időtől is függ!

$$\frac{dE_a}{dt} = -kE_a \longrightarrow E_a(t) = E_{a0} e^{-kt}$$


BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék

## Hőmérséklet hatása

$$E_a \xrightleftharpoons{K_d} E_i \quad \frac{E_i}{E_a} = K_d = \exp\left(\frac{-\Delta G_d}{RT}\right) = \exp\left(\frac{-\Delta H_d}{RT}\right) \exp\left(\frac{\Delta S_d}{R}\right)$$

$$E_0 = E_a + E_i \longrightarrow E_a = \frac{E_0}{1 + K_d}$$

$S_d = \sim 900 \text{ KJ/mol.K}$   
 $H_d = 280-310 \text{ KJ/mol}$

Nagy: kis hőfokváltozásra érzékenyen reagál  
 (egy H-híd: 12,5-29,3 kJ/mol)


Mivel:

$$V_{\max} = k_2(T) E_a = k_2(T) \frac{E_0}{1 + K_d} = \frac{\alpha T e^{-E/RT}}{1 + e^{\Delta S^*/R} \cdot e^{-\Delta H_d/RT}}$$

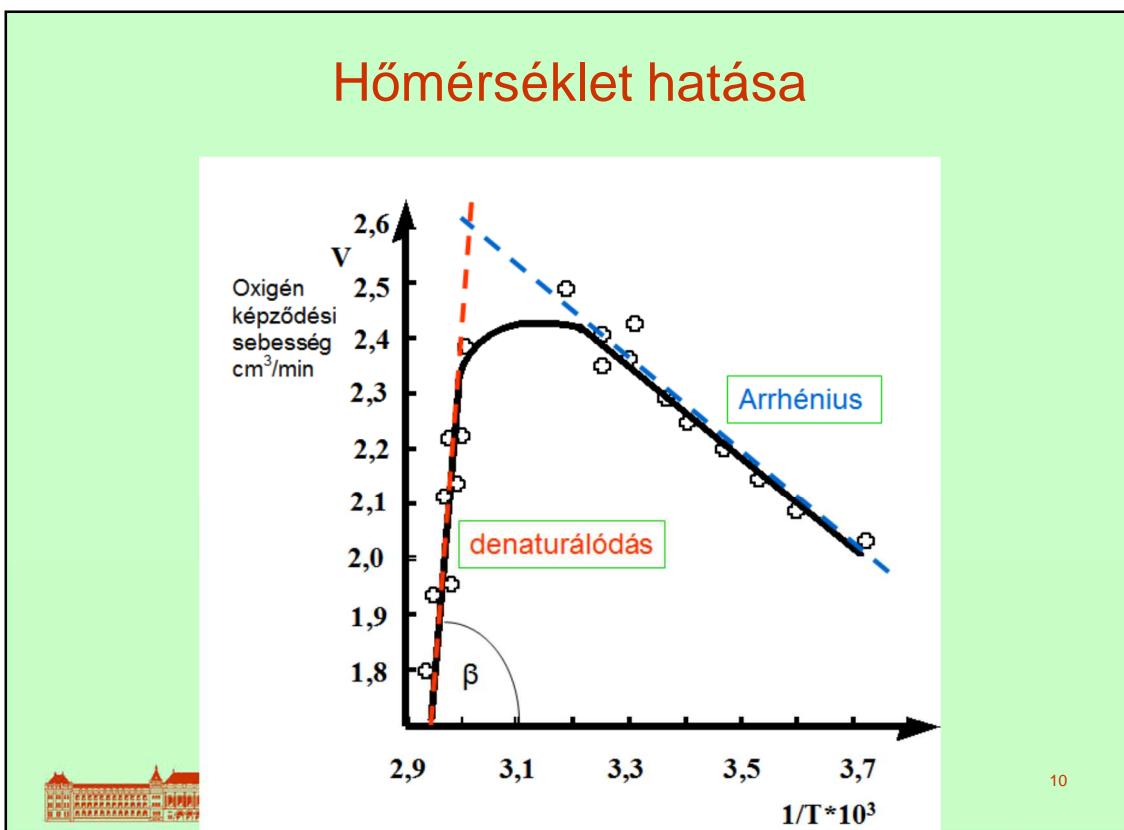
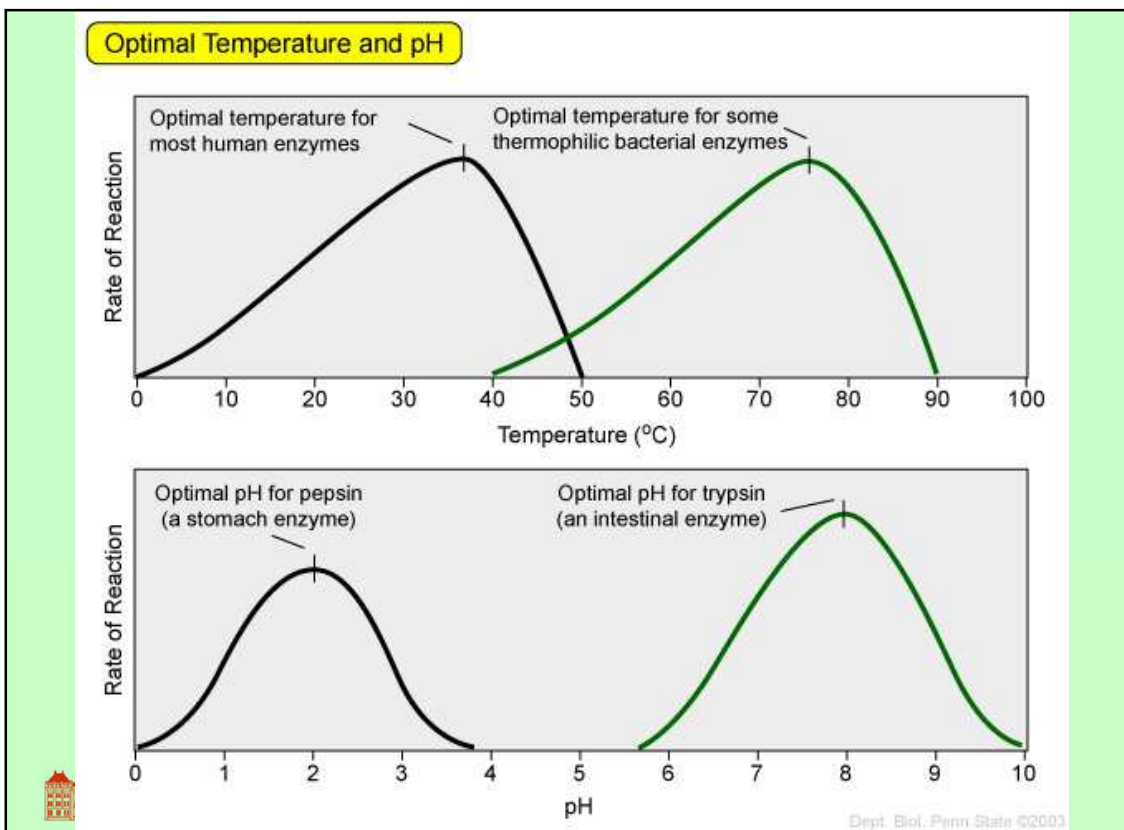
és  $k_2(T) = \beta \left(\frac{k_B T}{h}\right) e^{\Delta S^*/R} \cdot e^{-E/RT}$

$\alpha = \text{kombináció } (\beta, k_B, h, E_0, \Delta S^*)$

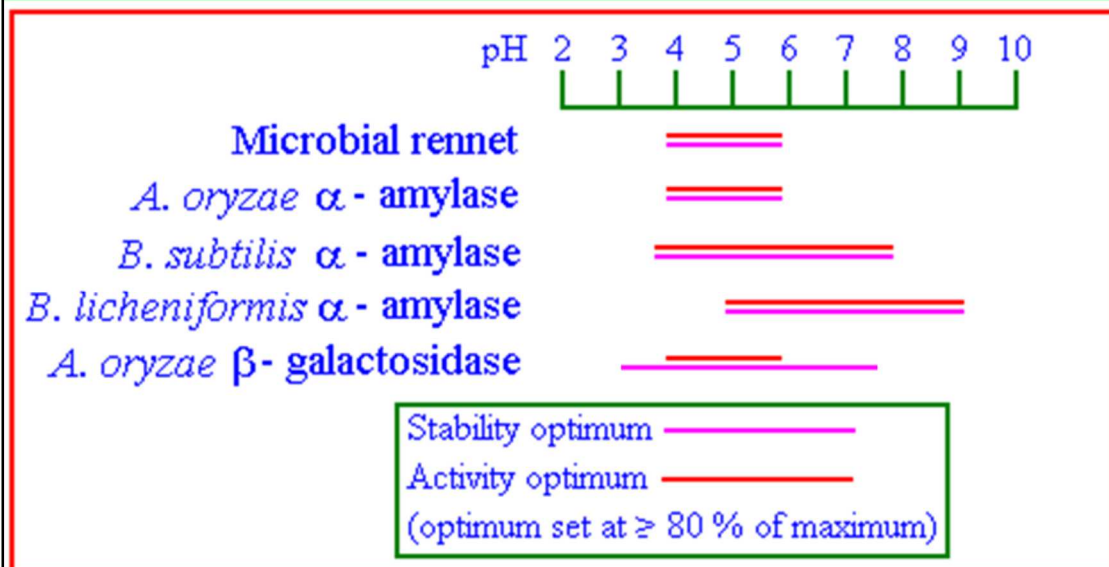
$K_m \text{ is függ } T\text{-től!}$



BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudomány Tanszék



## Az optimális pH kapcsolata a stabilitással



## Az optimális hőmérséklet kapcsolata a stabilitással

