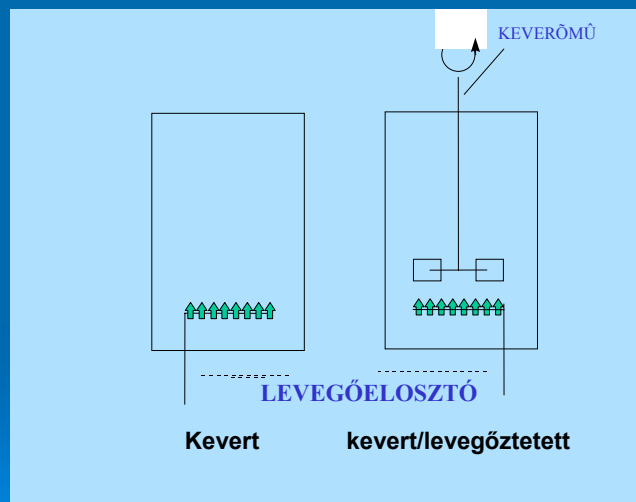


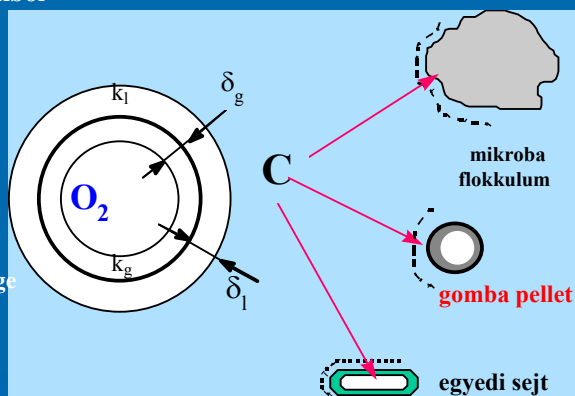


A levegőztetés technikai megvalósítása

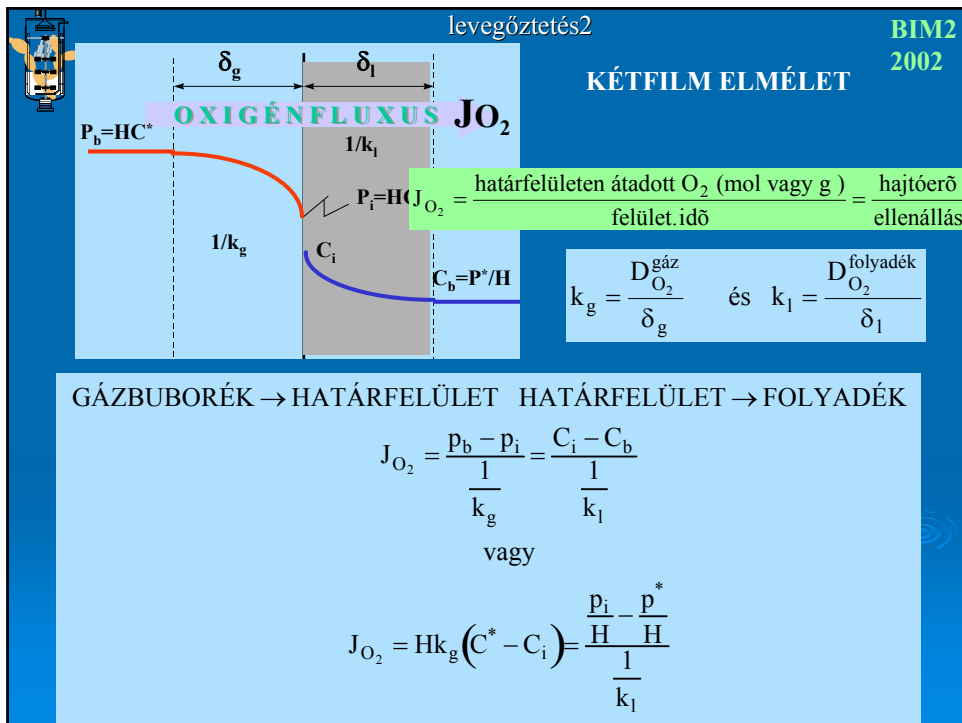


Oxigén átadás buborékból

1. A gázbuborék főtömegéből diffúzió a gáz/folyadék határfelületre. $1/k_g$ ellenállás k_g "vezetőképesség,, (anyagátadási tényező)
2. diffúzió a δ_l vastagságú – a gázbuborékot burkoló – stagnáló folyadékfilmen át. Ellenállása $1/k_l$, vezetőképessége k_l anyagátadási együttható.
3. Folyadék főtömege szintén ellenállást képvisel. Konvekció, de...
4. Mikrobákat körülvevő folyadékfilm.



5. folytatódik a mikroba vagy mikrobatömeg (flokkulum) vagy mikroba telep (pellet) belsejébe történő diffúziós oxigén transzporttal.
6. Ellenállásként tekinthetjük az oxigén hasznosulás "reakció ellenállását" is: a mikroba légzése is időben bizonyos sebességgel jellemezhető folyamat.



levegőztetés2 BIM2
2002

H Henry- állandó

p_b gázbuborékban mérhető oxigén parciális nyomás és C^* a vele (hipotetikusan) egyensúlyt tartó folyadékban lenne az oldott oxigén koncentráció.

C_b a folyadék főtömegében mérhető oldott oxigén koncentráció és p^* lenne a vele egyensúlyban lévő gáz hipotetikus oxigén parciális nyomása.

C_i , p_i a határfelületi oldott oxigén szint ill. parciális oxigén nyomás.

levegőztetés2

BIM2
2002

$$J_{O_2} = k_g (p_b - p_i) = \frac{k_1}{H} (p_i - p^*)$$

$$J_{O_2} = Hk_g (C^* - C_i) = k_1 (C_i - C_b)$$

$$p_i = \frac{\frac{p^*}{k_g} + \frac{H}{k_1} p_b}{\frac{H}{k_1} + \frac{1}{k_g}}$$

$$C_i = \frac{Hk_g C^* + k_1 C_b}{k_1 + Hk_g}$$

$$J_{O_2} = \frac{C^* - C_b}{\frac{1}{Hk_g} + \frac{1}{k_1}}$$

$$J_{O_2} = \frac{p_b - p^*}{\frac{H}{k_1} + \frac{1}{k_g}}$$

levegőztetés2

BIM2
2002

$$J_{O_2} = \frac{C^* - C_b}{K_L}$$

$$J_{O_2} = \frac{p_b - p^*}{K_g}$$

$$\frac{1}{K_L} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{Hk_g}$$

EREDŐ FOLYADÉKOLDALI
OXIGÉNABSORPCIÓS
KOEFFICIENS

$k_g \gg k_1$

$$\frac{k_g}{k_1} \cong \frac{D_{O_2}^{\text{gáz}}}{D_{O_2}^{\text{folyadék}}} \approx 10^4$$

$$\frac{1}{K_g} = \frac{H}{k_1} + \frac{1}{k_g}$$

EREDŐ GÁZOLDALI
OXIGÉNABSORPCIÓS
KOEFFICIENS

TELJES ANYAGÁTADÁS

$$J_{O_2} = K_L (C^* - C_b)$$

$$J_{O_2} = K_g (p_b - p^*)$$

$$\frac{dC}{dt} = K_L a (C^* - C)$$



KÉTFILMELMÉLET Nernst 1904

$$k = \frac{D}{\delta}$$

valójában

$$k \propto \frac{D^N}{\delta}$$

N=0,8-0,9

BEHATOLÁSI MODELL Higbie 1935 liquid penetration modell

$$k = 2 \sqrt{\frac{D}{\pi t_{\text{érintkezési}}}}$$

FELÜLETMEGÚJULÁSI MODELL Danckwerts 1951

surface renewal

$$k = \sqrt{D \cdot s}$$

s FELÜLETMEGÚJULÁSI
FREKVENCIA

$$\frac{dC}{dt} = K_L a (C^* - C)$$

 K_L - az eredő folyadékoldali tömegátadási tényező [cm.s⁻¹] a - térfogategységre jutó anyagátadási felület [cm².cm⁻³= cm⁻¹] $K_L a$ - eredő folyadékoldali (térfogati)oxigénabszorpciók együttható[s⁻¹]
(h⁻¹). C^* - telítési oxigén koncentráció (mg/dm³) C - az aktuális oldott oxigén koncentráció (mg/dm³)

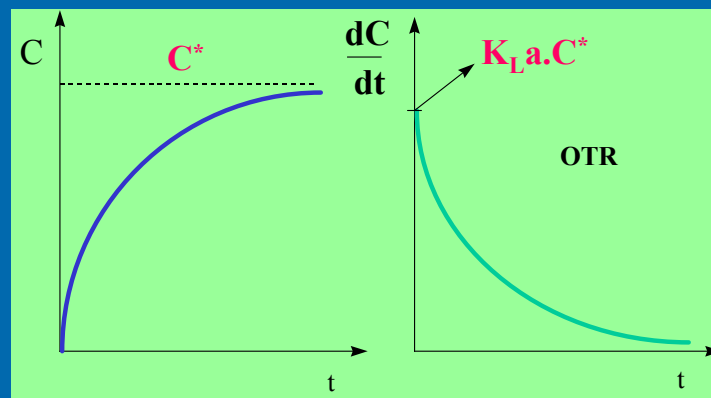


$$\frac{dC}{dt} = K_L a (C^* - C)$$

OLDJUK MEG!

$$\int_0^C \frac{dC}{C^* - C} = \int_0^C -d \ln(C^* - C) = \int_0^t K_L a \cdot dt$$

$$C = C^* (1 - e^{-K_L a \cdot t})$$



Nézzük a fermentációs rendszert! Mikroobák is jelen vannak és lélegeznek

levegőztetés2 BIM2
2002

OLDÓDÁSI SEBESSÉG FOGYASZTÁSI SEBESSÉG

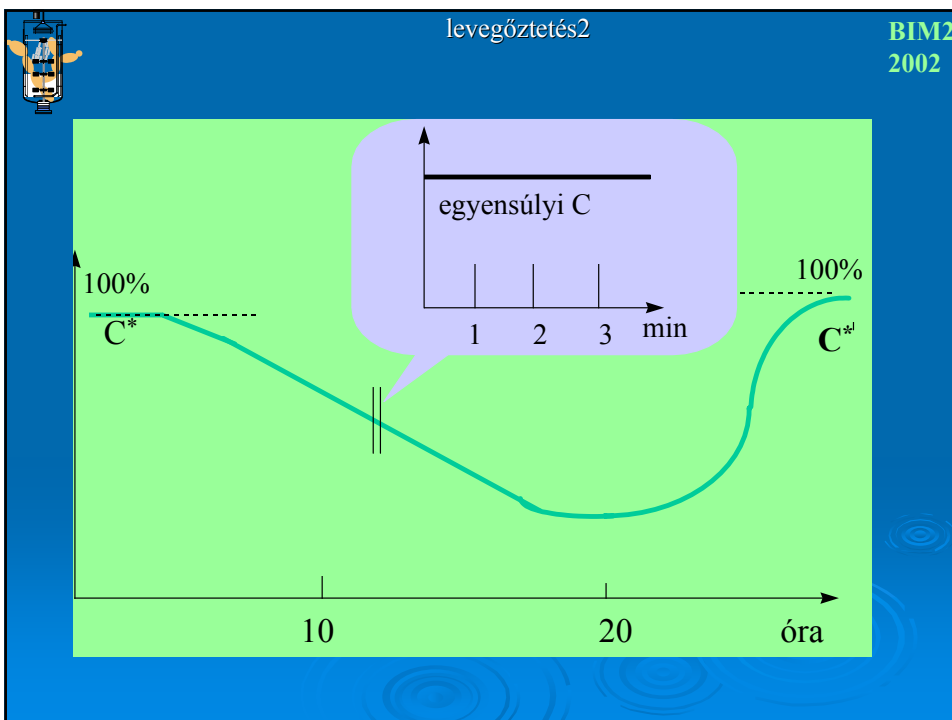
$$\frac{dC}{dt} = K_L a (C^* - C) - xQ$$

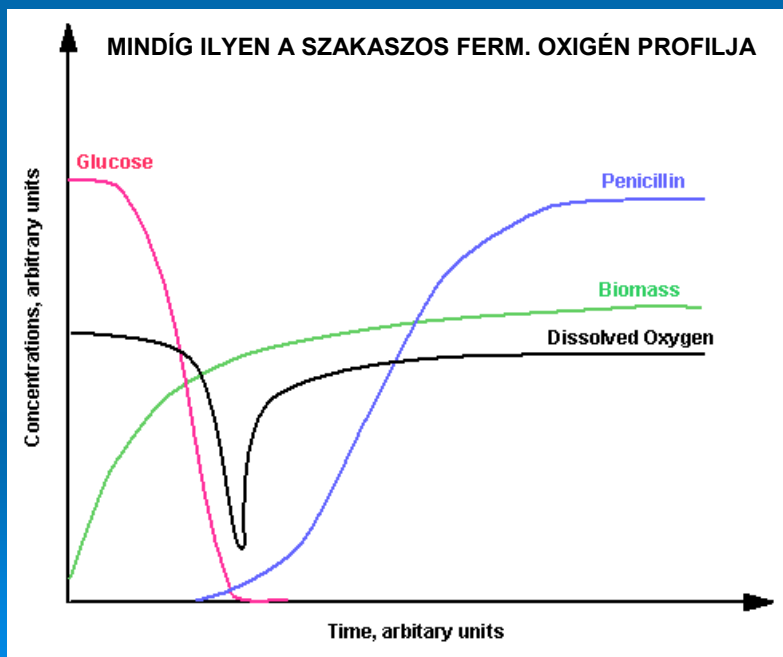
mindíg $\frac{dC}{dt} = 0$ és $K_L a (C^* - C) = xQ$

ÁLLANDÓSULT ÁLLAPOT

BIZONYÍTÁS

$K_L a (C^* - C) > xQ$...HA... $K_L a (C^* - C) < xQ$





$$\frac{dC}{dt} = K_L a (C^* - C) - xQ$$

Mitől függ és hogyan a telítési oxigén koncentráció, C^* ?

Mitől függ és hogyan a K_L ?

Mitől függ és hogyan az a ?

Mitől függ és hogyan a $K_L a$?

**Mitől függ és hogyan a telítési oxigén koncentráció, C* ?**

A telítési oxigén koncentráció függése a tenyésztési körülményektől

1. PARCIÁLIS NYOMÁS - Henry törvény :

$$C^* = \frac{1}{H} p_{O_2}$$

H - Henry-állandó [bar/móltört; bar.dm³/mol; bar.dm³/mg]p_{O₂}- oxigén parciális nyomása(amely a C* koncentrációjú oldattal egyensúlyt tartó
légtérben lenne mérhető) [bar].C* - telítési oxigén koncentráció, oldhatóság [mol/dm³; mg/dm³]

2. HŐMÉRSÉKLET : C1-C1

$$\frac{d \ln H}{d\left(\frac{1}{T}\right)} = \frac{\Delta G}{R}$$

T - a hőmérséklet (°K)

 ΔG - az oxigén abszorpció hője (negatív)Különböző gázok Henry-állandó értékei különböző
hőmérsékleteken

Hőmérséklet		Henry- állandó *10 ⁻⁴ [bar/móltör	
°C	N ₂	CO ₂	O ₂
0	5,29	0,073	2,55
10	6,68	0,104	3,27
20	8,04	0,142	4,01
30	9,24	0,186	4,75
40	10,40	0,233	5,35
50	11,30	0,283	5,88
60	12,0	0,341	6,29



Wilhelm közelítése 1 bar nyomásra:

$$R \ln X = A + \frac{B}{T} + C \ln T + DT$$

X oxigén vagy a CO₂ moltipjtje

	T(TARTOMÁNY)	A	B	C	D
OXIGÉN	274-348 °K	-286,94	15450,6	36,5593	0,0187662
SZÉN-DIOXID	273-353 °K	-317,66	17371,2	43,0607	-0,00219107



Cl-Cl egyenlet közelítő megoldása

$$C^* \cong \frac{A}{B + t}$$

4-33 °C tartományban

C* - (mg/dm³)

A = 468 B = 31,6 t - (°C).

hatványsor közelítés C* becslésére

$$C^* \cong 14,16 - 0,3943 \cdot t + 0,007714 \cdot t^2 - 0,0000646 \cdot t^3$$

C* - (mg/dm³) t - hőmérséklet (°C)

**az oxigén
oldhatósága csökken
a hőmérséklet
növekedésével. !!!!!**



3. TÁPOLDAT ÖSSZETÉTELÉTŐL VALÓ FÜGGÉS

tiszta vízben elektrolitok hatása

*Setchenov,
van Krevelen
Hoftijzer,
Dankwerts*

$$\lg \frac{C_0^*}{C^*} = \sum_i H_i I_i$$

C_0^* - tiszta vízben
 C^* - adott elektrolit oldatban
 H_i - ionspecifikus kisózási állandók
 I_i - az i-edik ionfajtára vonatkozó
ionerősség

$$I_i = 0,5c_i z_i^2$$

c_i - az i-edik ion molaritása (gion/dm³)
 z_i - az i-edik ion töltése.



Ionspecifikus állandók CO₂ és O₂ oldatára (25 °C)

Kationok H_i (lg-ion ⁻¹)			Anionok H_i (lg-ion ⁻¹)		
	O ₂	CO ₂		O ₂	CO ₂
H ⁺	-0,774	-0,311	Cl ⁻	0,844	0,340
Na ⁺	-0,550	-0,129	Br ⁻	0,820	0,324
K ⁺	-0,596	-0,198	J ⁻	0,821	0,311
NH ₄ ⁺	-0,720	-0,264	OH ⁻	0,941	
Mg ²⁺	-0,314	-0,079	NO ₃ ⁻	0,802	0,291
Ca ²⁺	-0,303	-0,071	SO ₃ ²⁻	0,453	0,213
Mn ²⁺	-0,311		CO ₃ ²⁻	0,485	
			PO ₄ ³⁻	0,320	0,147



Szerves anyagok hatása az oxigén oldhatóságára

$$\lg \frac{C_o^*}{C_{szerv}^*} = kC_{szerv}$$

k ún. Setchenov-állandó és
 C_{szerv} szervesanyag koncentrációja a tápoldatban.

LINEÁRIS KÖZELÍTÉS

$$C_{szerv}^* = C_o^*(1 - mC_{szerv})$$

glükózza, laktózza, szaharózza

$$m = 0,0012 \text{ dm}^3/\text{g}$$

150-200 g/dm³ cukor koncentrációig.

↓
helyett található az irodalomban szaharózza 0,0009-es érték is
(vagy $K = 4,36 \cdot 10 \text{ dm}^3/\text{g}$)



MIVEL NÖVELHETŐ C^* ÉRTÉKE?

