

FERMENTÁCIÓS RENDSZEREK LEVEGŐELLÁTÁSA

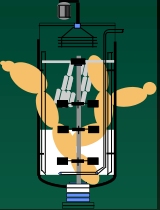
Az oxigén szerepe , légzés, oxigén igény

ANYAGÁTADÁSI MŰVELETEK

A levegőztetés művelete

Léptéknövelés

Aerob bioreaktorok



FERMENTÁCIÓS RENDSZEREK LEVEGŐELLÁTÁSA

Az oxigén szerepe , légzés

RESPIRÁCIÓNAK nevezzük azokat az energiatermelés céljából végbemenő anyagcsere folyamatokat, amelyekben valamely szerves vagy szervetlen vegyületet az organizmus szervetlen vegyület segítségével oxidál.

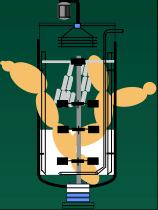
Ha az oxidáló ágens nem oxigén, e folyamatokat

ANAEROB RESPIRÁCIÓNAK

nevezzük, ha viszont oxigén, akkor

AEROB RESPIRÁCIÓRÓL

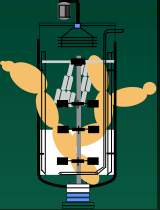
(LÉGZÉS-ről) beszélünk



Az oxigén szerepe , légzés

BIM2
2002

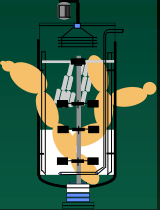
Energiaforrás (redukáló=oxi- dálódó vegyület)	Oxidáns (<u>terminális elekt- ron akceptor</u>)	Respiráció termékei	Példa
H ₂	O ₂	H ₂ O	Hidrogén baktériumok
*H ₂	SO ₄ ²⁻	H ₂ O+S ²⁻	<i>Desulfovibrio</i>
NH ₃	O ₂	NO ²⁻ + H ₂ O	Nitrifikáló baktériumok
NO ²⁻	O ₂	NO ³⁻ +H ₂ O	Nitrifikáló baktériumok
*Szerves ve- gyület	NO ³⁻	N ₂ +CO ₂	Denitrifikáló baktérium
Fe ²⁺	O ₂	Fe ³⁺	<i>Ferrobacillus</i>
S ²⁻	O ₂	SO ₂ + H ₂ O	<i>Thiobacillus</i>
Szerves vegyület	O ₂	CO ₂ +H ₂ O	A legtöbb mikroorganizmus, növényi és állati szervezet



Az oxigén szerepe , légzés

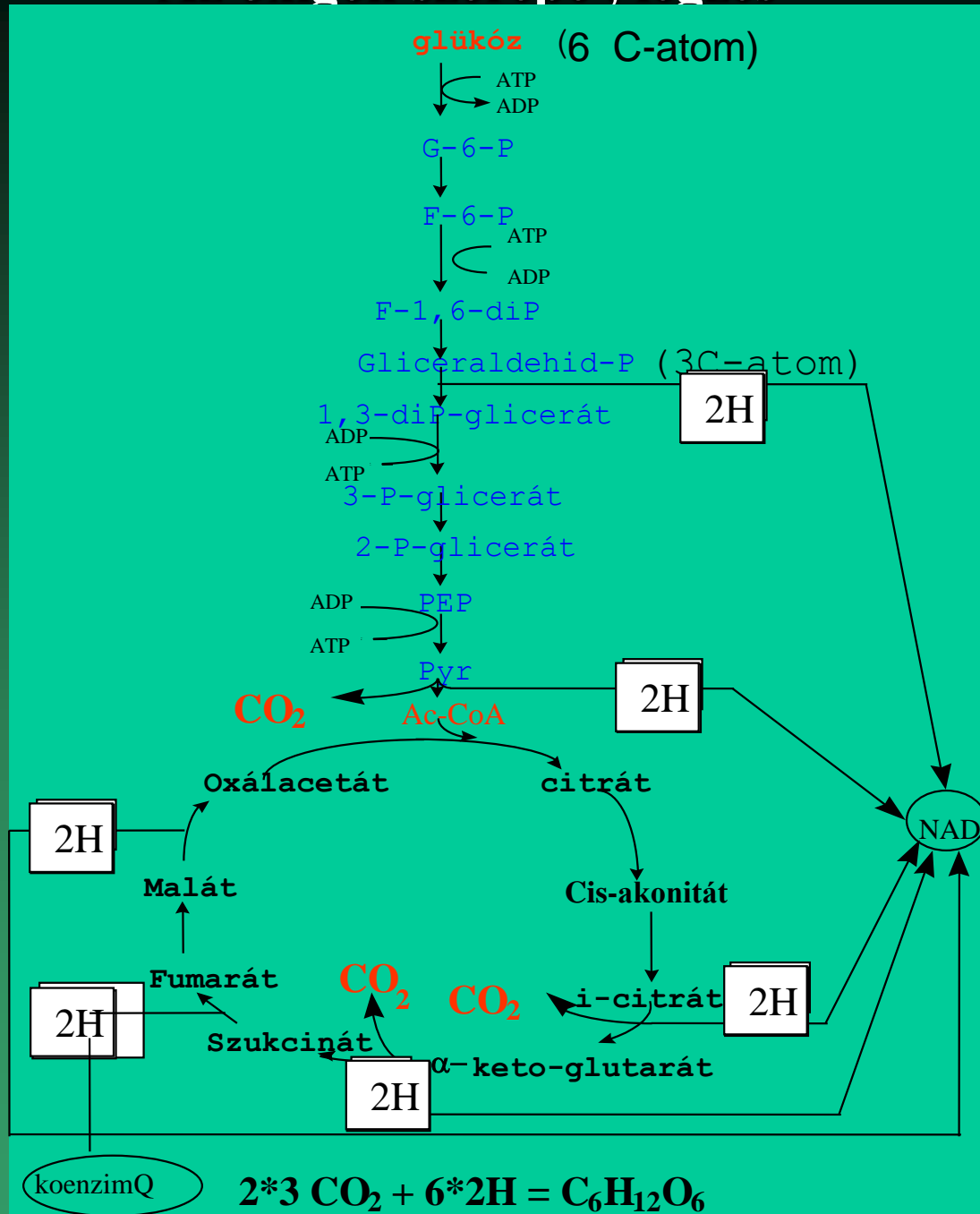
BIM2
2002





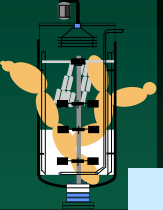
Az oxigén szerepe , légzés

BIM2
2002



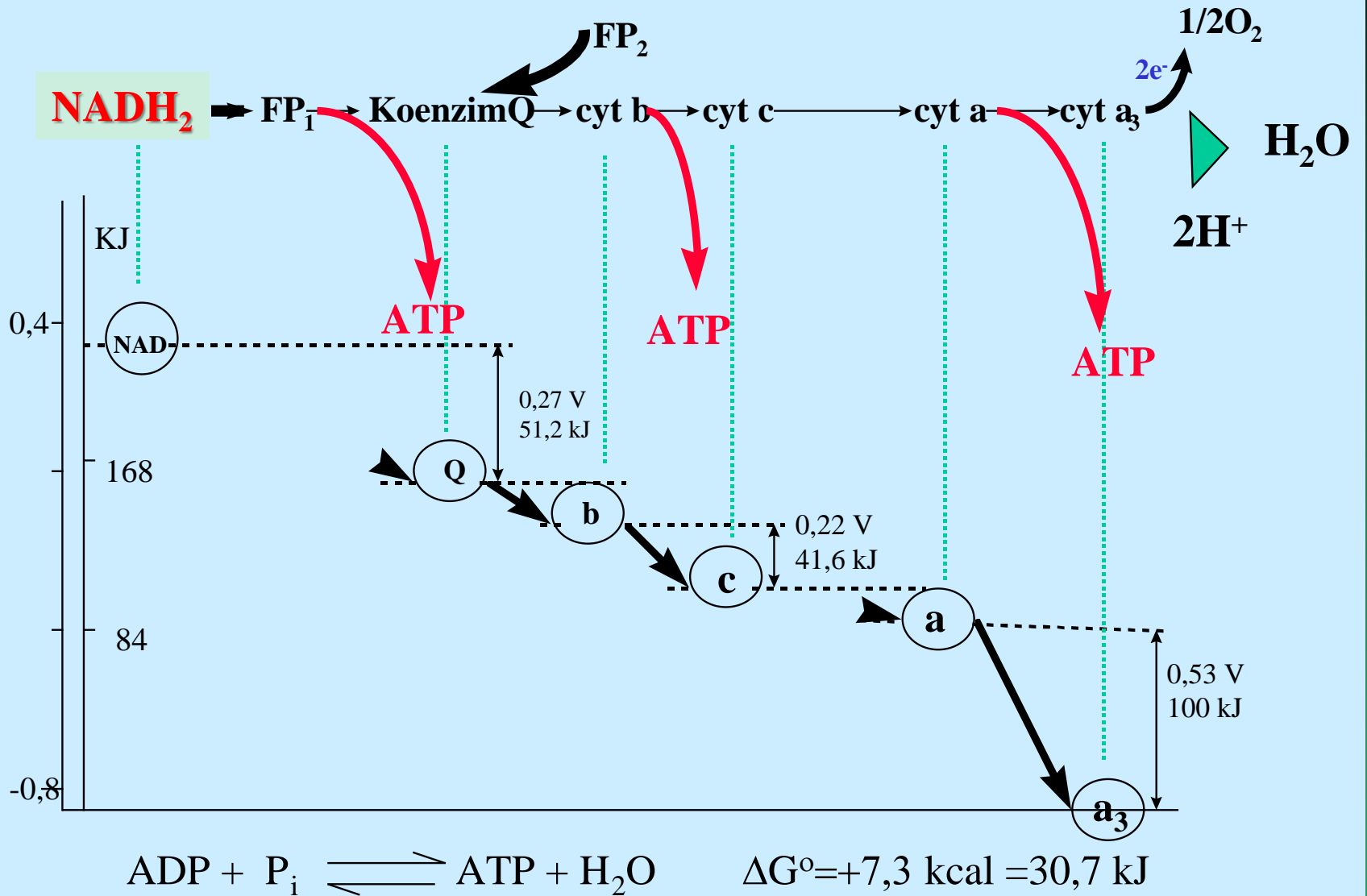
koenzimQ

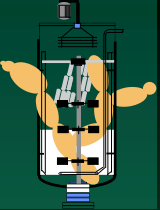




Az oxigén szerepe , légzés

BIM2
2002

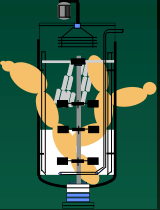




Az oxigén szerepe , légzés

BIM2
2002

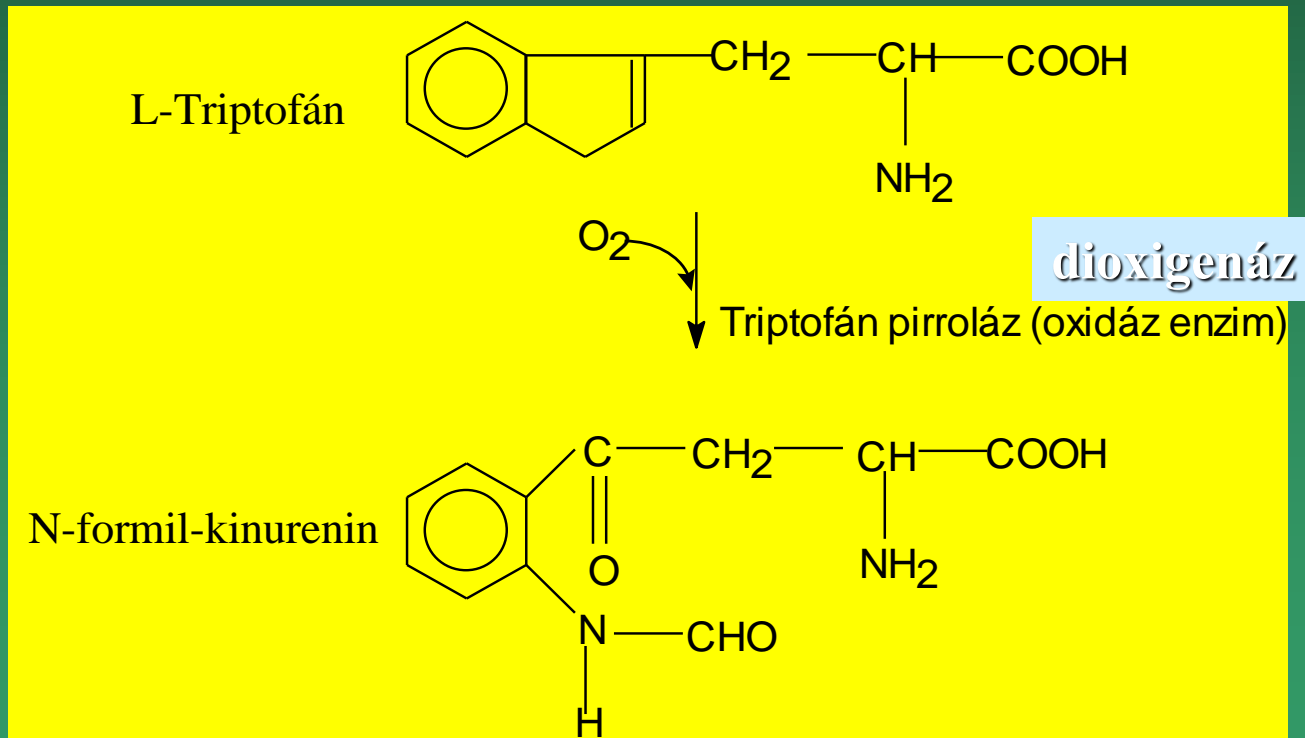


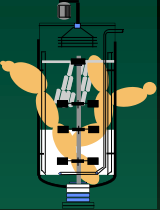


Saccharomyces cerevisiae glükóz C-energia forráson levegő jelenléte nélkül is növekedni képes (alkoholos erjedés közben). Ezt az anaerob anyagcserét különböztessük meg az anaerob respirációtól!

KIVÉTELEK:

1. Vannak olyan biokémiai folyamatok, amelyek során direkt oxigénbeépülés történik, pl.: Trp lebontás 1. lépése (indol gyűrű felnyitás) =>NO ENERGY PRODUCTION



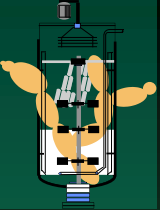


2. Funkcionálnak olyan alternatív légzési láncok, amelyekben nem képződik ATP, de oxigént fogyaszt.

Aspergillus niger citromsav fermentáció:

Citromsav szabályozó funkciója: ha sok=cukor STOP <- ezt „verjük át”

MIKROORGANIZMUSOK OXIGÉN IGÉNYE



A mikrobák oxigénigényét két módon lehet megadni:

1. légzési sebesség =

$$\frac{dc}{dt}$$

$$[\text{mmol O}_2 / \text{dm}^3 \cdot \text{h}],$$
$$[\text{kg O}_2 / \text{m}^3 \cdot \text{h}]$$

Mikrobák csak oldott oxigént tudnak használni!

2. fajlagos légzési sebesség

$$Q = \frac{1}{x} \frac{dc}{dt}$$

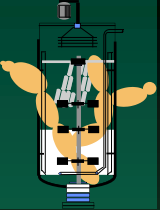
$$[\text{h}^{-1}]$$

Az oxigén is lehet limitáló szubsztrát

$$\frac{dx}{dt} = \mu_{\max} \frac{c}{K_{\text{O}_2} + c} x$$

$$Y_{\text{O}} = \frac{\Delta x}{\Delta c}$$





Az oxigén szerepe , légzés

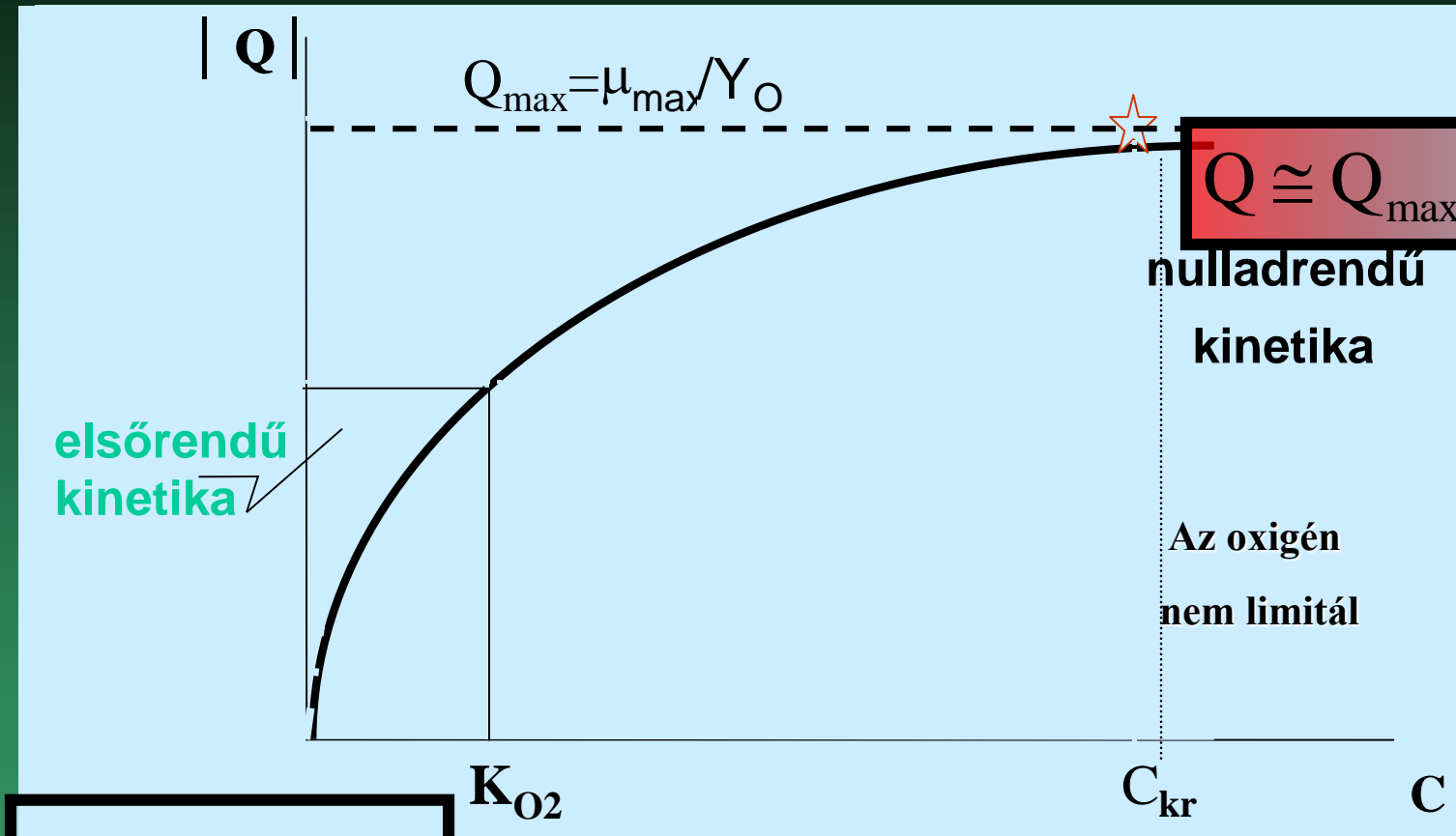
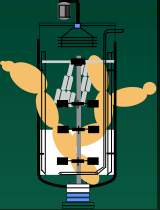
BIM2
2002

$$\frac{dc}{dt} = -\frac{1}{Y_O} \frac{dx}{dc} = -\frac{1}{Y_O} \mu_{\max} \frac{c}{K_{O_2} + c} x \quad / : x$$

$$Q = \frac{1}{x} \frac{dc}{dt} = -\frac{1}{Y_O} \mu_{\max} \frac{c}{K_{O_2} + c}$$

$$Q \approx Q_{\max}$$

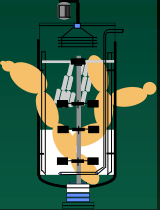
$$\frac{1}{Y_O} = \frac{1}{Y_{OG}^{\max}} + \frac{m_O}{\mu}$$



$$Q \cong Q_{\max} \frac{c}{K_{O_2}}$$

KRITIKUS OXIGÉN KONCENTRÁCIÓ

0,1-1 mg/dm³



μ_{\max} - Fajlagos növekedési sebesség

Y_0 - eredő oxigén hozam

m_O - az oxigénre vonatkozó fajlagos fenntartási koefficiens

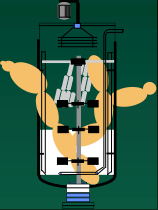
[gO₂/g sejt.h]

Y_{OG}^{\max} -maximális oxigénre vonatkozó hozam

Q_{\max} - maximális fajlagos oxigén igény vagy fajlagos légzési sebesség

K_{O_2} - oxigénre vonatkozó telítési állandó

C_{kr} - kritikus oxigén koncentráció.



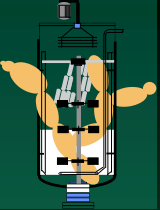
Az oxigén szerepe , légzés

BIM2

2002

Függenek a tenyésztési param.

MIKROBA	tenyésztési mód	C-forrás	Y_o [C-mol/mol O ₂]	m_o [molO ₂ /C-mol.h]
<i>Methylococcus</i> sp.	folytonos 42°C szakaszos 18°C	metanol n-alkán	0,39 0,71	0,08 0,03
<i>Candida</i> <i>lipolitica</i>	21 °C 27 °C 30 °C	n-alkán n-alkán n-alkán	0,71 0,70 0,69	0,06 0,11 0,14
<i>Candida utilis</i> <i>E.coli</i> <i>E.coli</i> <i>Candida utilis</i> <i>Penicillium</i> <i>chrysogenum</i> <i>Klebsiella</i> <i>aerogenes</i>	folytonos 30°C szakaszos 20°C folytonos 37°C folytonos 30°C folytonos 25°C folytonos 30°C	etanol glicerin ecetsav glükóz glükóz glükóz	1,04 1,92 1,20 2,04 1,64 1,79	0,01 0,003 0,31 0,02 0,02 0,03

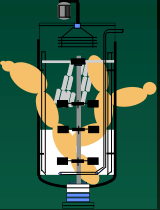


Az oxigén szerepe , légzés

BIM2
2002

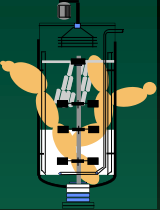
MIKROBA	Szubsztrát	Y_o [g.g ⁻¹]
<i>Aerobacter aerogenes</i>	maltóz	1,5
	fruktóz	1,46
	glükóz	1,11
<i>Candida utilis</i>	glükóz	1,32
	acetát	0,70
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	etanol	0,42
<i>Methylomonas</i> sp.	metanol	0,53
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	glükóz	0,97
<i>Penicillium chrysogenum</i>	glükóz	1,35

<1,8 ld.
sztőhio



M i k r o b a	Hőfok	C_{Kr}		Q_{max}
		[mmol/dm ³]	[mg/dm ³]	[mmol/g.h]
<i>Aspergillus oryzae</i>	30	0,02	0,64	-
<i>E.coli</i>	37	0,008	0,256	5-8
<i>Penicillium</i> <i>chrysogenum</i>	24	0,022	0,704	20-30
<i>Saccharomyces</i> <i>cerevisiae</i>	30	0,004	0,128	10-15

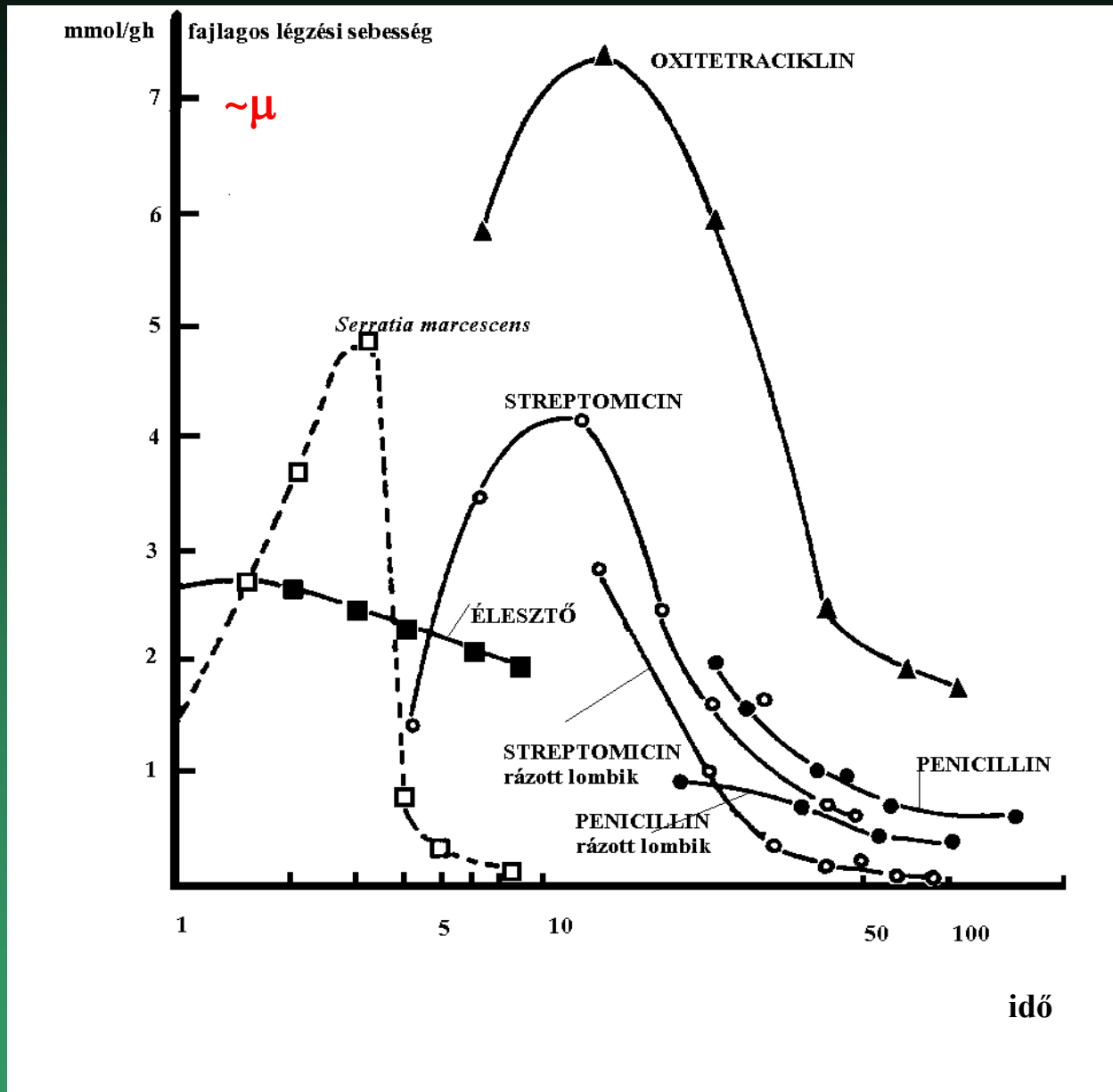
<0,1mg/g



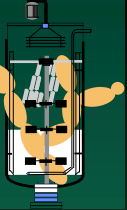
Az oxigén szerepe , légzés

BIM2
2002

Batch ferm.:



Mindig max. görbe



1g/L pékélesztő CDW-jű fermentlé:

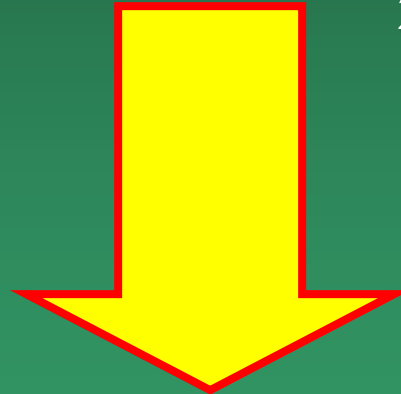
	Glükóz	Oxigén
Koncentráció a fermentlében	1% $\approx 10^4$ mg/dm ³	7 mg/dm ³
Kritikus koncentráció	50 mg/dm ³	0,7 mg/dm ³ (~10%)
Fajlagos felhasználási sebesség	580 mg/g.h	208 mg/g.h

Elfogy:

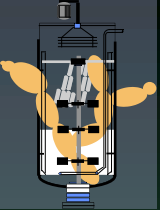
24h

2perc

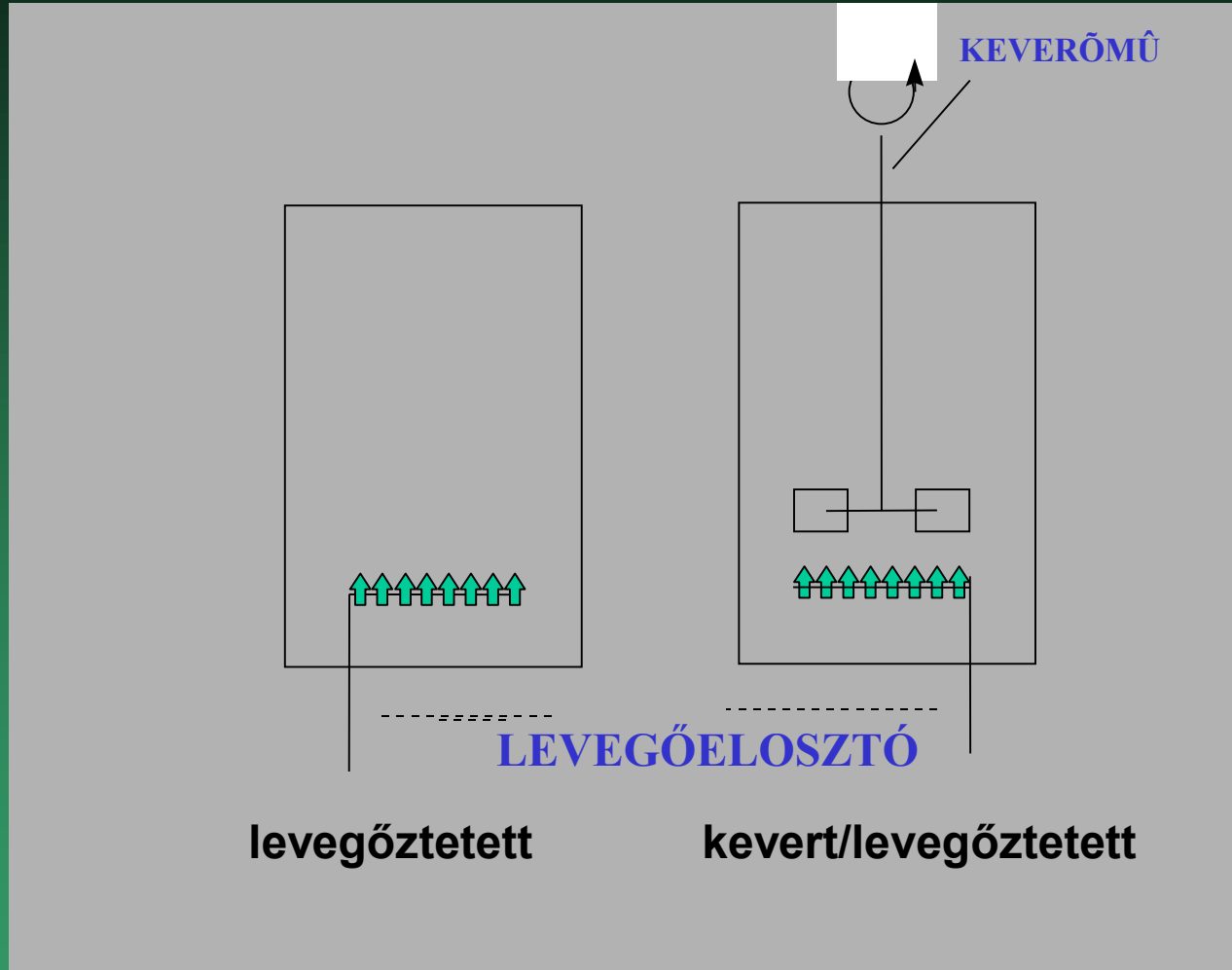
Media <> O₂ reservoir



LEVEGŐZTETÉS

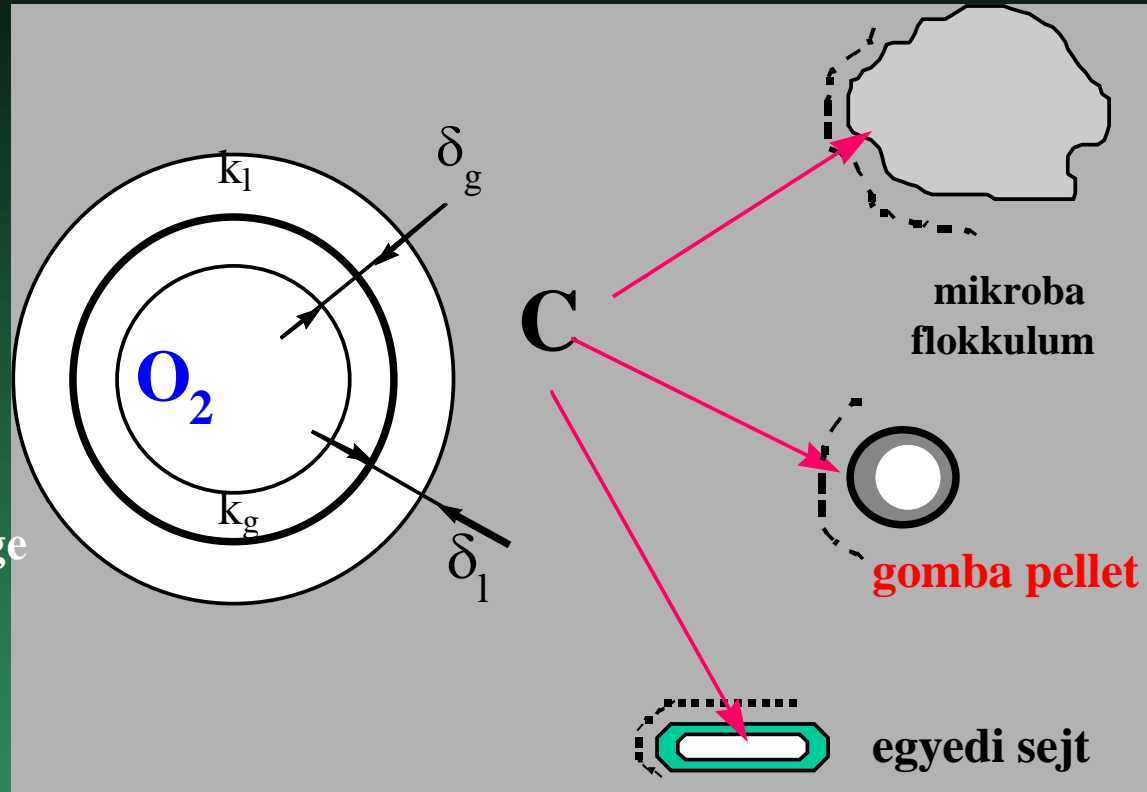


A levegőztetés technikai megvalósítása



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_1 vastagságú – a gázbuborékot burkoló – stagnáló folyadékfilmen át. Ellenállása $1/k_l$, vezetőképessége k_l anyagátadási együttható.
3. Folyadék főtömege szintén ellenállást képvisel. Konvekció, de...

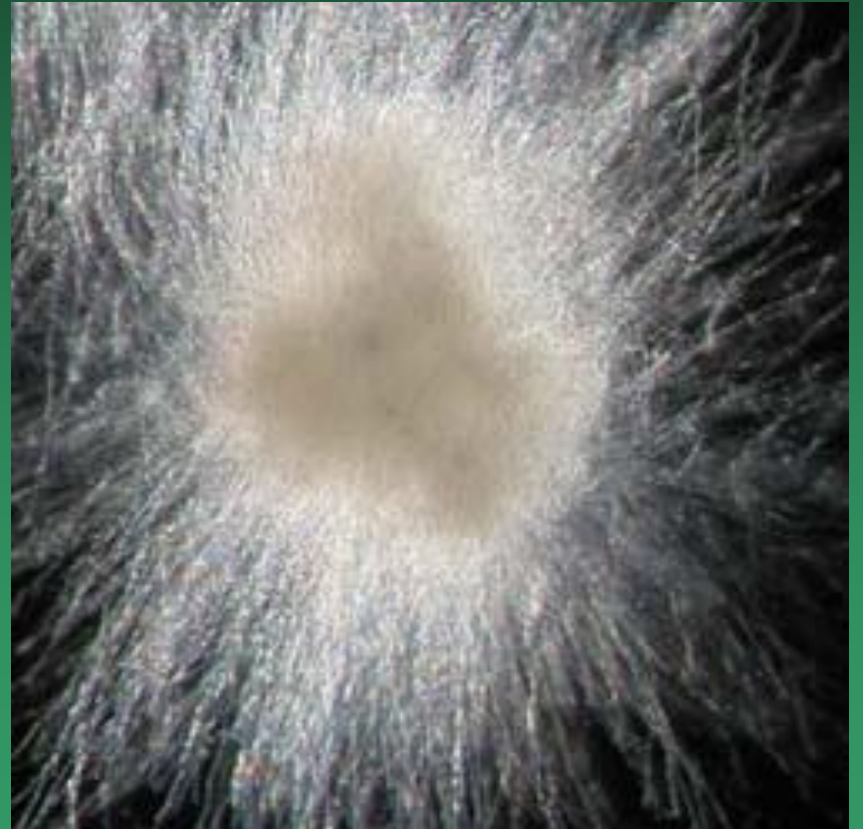


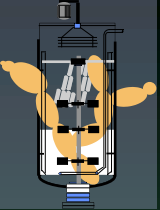
4. Mikrobákat körülvevő folyadékfilm.

Oxigén felvétel mechanizmusa, egy folyadék filmen keresztül történő diffúzióval kezdődik, majd

5. folytatódik a mikroba vagy mikrobátömeg (flokkulum) vagy mikroba telep (pellet) belsejébe történő diffúzióval oxigén transzporttal.

6. Ellenállásként tekinthetjük az oxigén hasznosulás "reakció ellenállását" is: a mikroba légzése is időben bizonyos sebességgel jellemezhető folyamat, amely c függő!.





Melyik a sebességmeghatározó lépés?

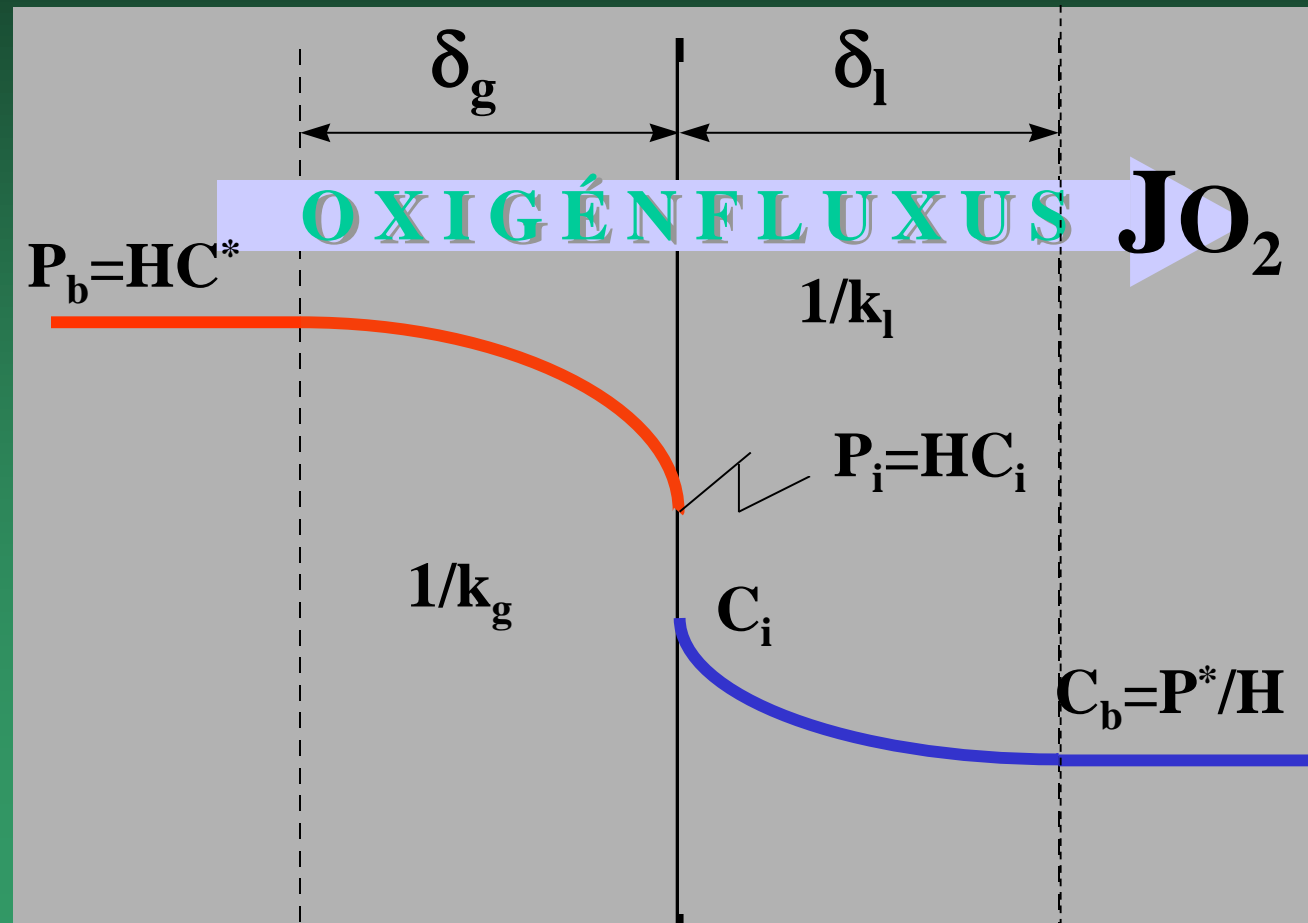
KÉTFILM ELMÉLET

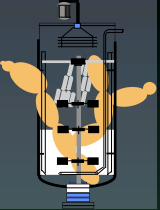
$$k_g = \frac{D_{O_2}^{\text{gáz}}}{\delta_g} \quad \text{és} \quad k_1 = \frac{D_{O_2}^{\text{folyadék}}}{\delta_1}$$

$J_{O_2}=?$

C^* -hipotetikus ox.cc olyan oldat cc-je, ami (fölött) egyensúlyt tart P_b -vel

P_i =interface nyomás



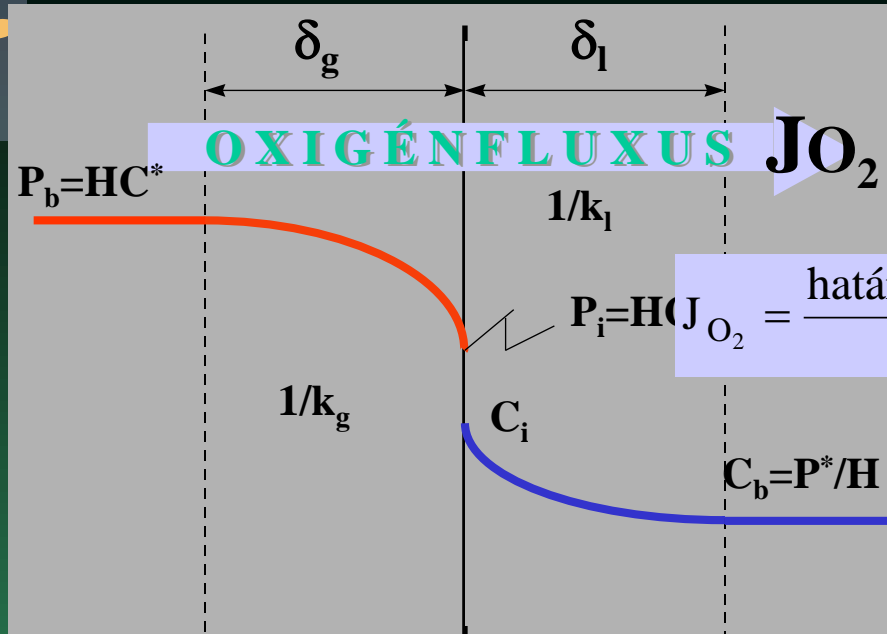


H Henry- állandó

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.



$$J_{O_2} = \frac{\text{határfelületen átadott } O_2 \text{ (mol vagy g)}}{\text{felület.idő}} = \frac{\text{hajtóerő}}{\text{ellenállás}}$$

~Ohm

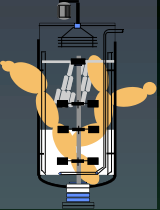
GÁZBUBORÉK → HATÁRFELÜLET HATÁRFELÜLET → FOLYADÉK

$$J_{O_2} = \frac{p_b - p_i}{\frac{1}{k_g}} = \frac{C_i - C_b}{\frac{1}{k_l}}$$

vagy

$$J_{O_2} = Hk_g \left(C^* - C_i \right) = \frac{\frac{p_i}{H} - \frac{p^*}{H}}{\frac{1}{k_l}}$$

Nem mérhetőek!



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

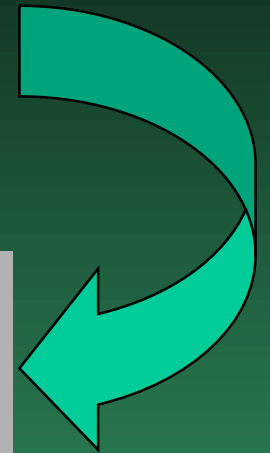
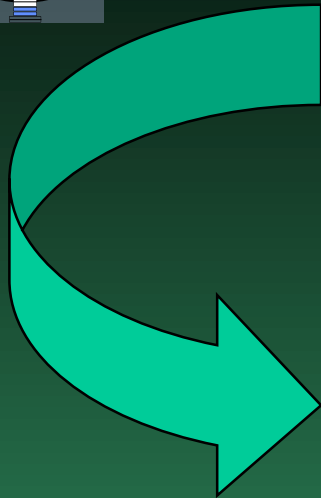
$$J_{O_2} = Hk_g (C^* - C_i) = k_1 (C_i - C_b)$$

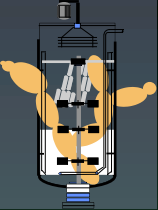
$$p_i = \frac{\frac{p^*}{k_g} + \frac{H}{k_1} p_b}{\frac{H}{k_1} + \frac{1}{k_g}}$$

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

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

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





levegőztetés2

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

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

Eredő ellenállások
~Ohm

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

$H \sim 10^4$

$$K_L \cong k_1$$

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

EREDŐ FOLYADÉKOLDALI
OXIGÉNÁTADÁSI
KOEFFICIENS

$$k_g \gg k_1$$

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

EREDŐ GÁZOLDALI
OXIGÉNÁTADÁSI
KOEFFICIENS **JAV!**

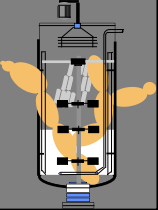
TELJES ANYAGÁTADÁS

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

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

*felület

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

**Fenti KÉTFILMELMÉLET**
Nernst 1904:

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

DE valójában

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

n=0,8-0,9

BEHATOLÁSI MODELL Higbie 1935 liquid penetration modell

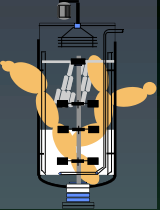
$$k = 2 \sqrt{\frac{D}{\pi t_{\text{érintkezési}}}}$$

A rendszer hidr.din.
viselkedése determinálja**FELÜLETMEGÚJULÁSI MODELL** Danckwerts 1951

surface renewal

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

s FELÜLETMEGÚJULÁSI
FREKVENCIA



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

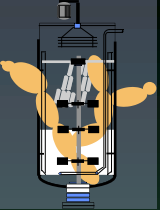
K_L - az eredő folyadékoldali tömegátadási tényező [$\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$]

a - térfogategységre jutó anyagátadási felület [$\text{cm}^2 \cdot \text{cm}^{-3} = \text{cm}^{-1}$]

$K_L a$ - eredő folyadékoldali (térfogati)oxigénabszorpciós együttható [s^{-1}]
(h^{-1}).

C^* - telítési oxigén koncentráció (mg/dm^3) ~oldhatóság

C - az aktuális oldott oxigén koncentráció (mg/dm^3)

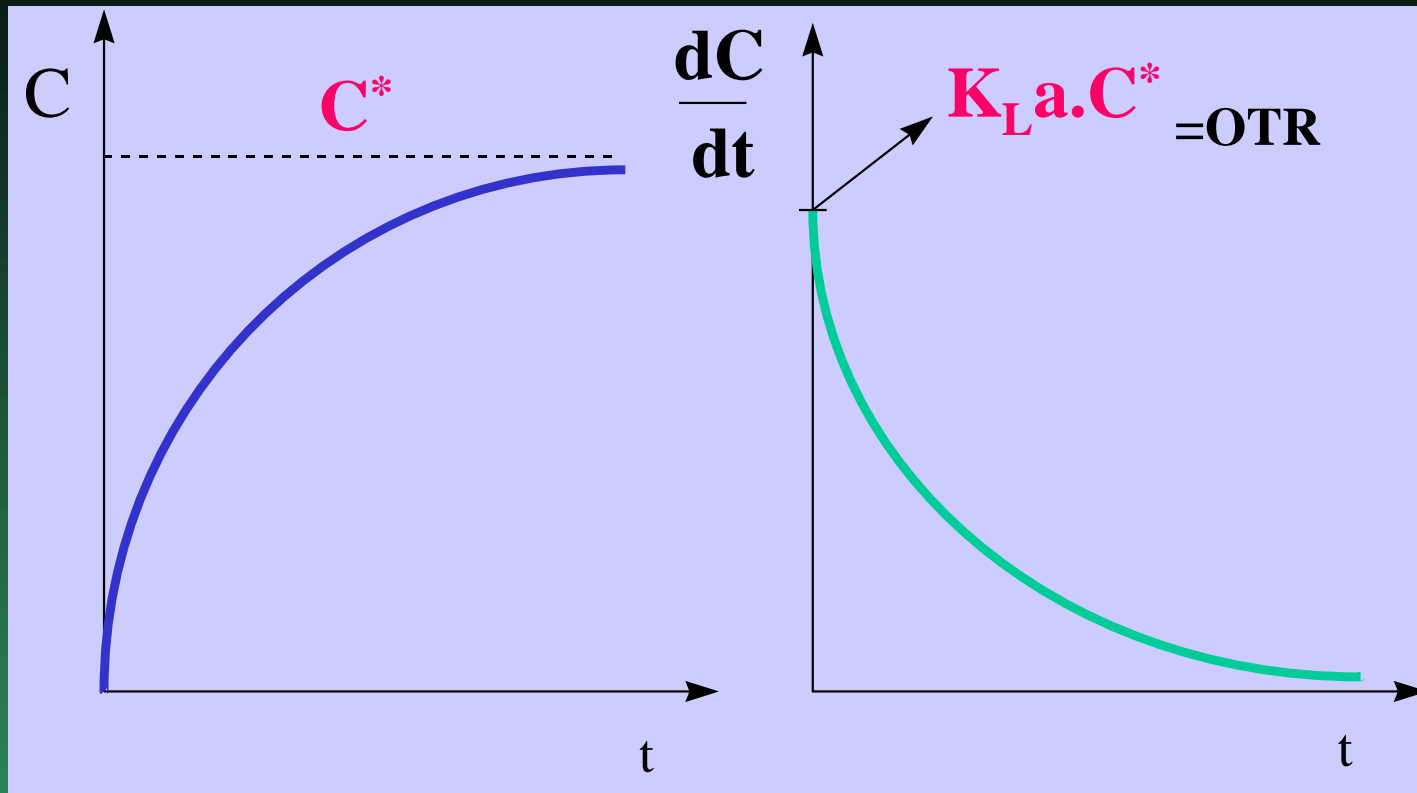
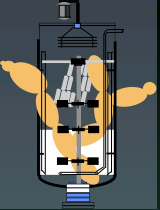


$$\frac{dC}{dt} = K_L a (C^* - C)$$

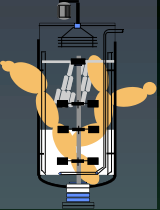
OLDJUK MEG!

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

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



Nézzük a fermentációs rendszert! Mikroobák is jelen vannak és lélegeznek



OLDÓDÁSI SEBESSÉG

FOGYASZTÁSI SEBESSÉG

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

mindíg

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

ÁLLANDÓSULT ÁLLAPOT

BIZONYÍTÁS

$$K_L a (C^* - C) > xQ$$

...HA...

$$K_L a (C^* - C) < xQ$$

