

## BALANCE DE MATERIA: BIOMASA DE KLEBSIELLA AEROGENES

Doran. Pauline. (1995). Principios de ingeniería de los bioprocesos. Sitio web. Obtenido de: <https://es.slideshare.net/yormanzambrano/principios-de-ingeniera-de-los-bioprocesos-doran-pauline>

### Ejercicio 4.7

Se produce Klebsiella Aerogenes a partir de glicerol en un cultivo aerobio utilizando amoniac como fuente de nitrógeno. La biomasa contiene 8% de cenizas y se produce 0.40 g de biomasa por cada g de glicerol consumido, no formándose ningún producto metabólico. ¿Cuáles son las necesidades de oxígeno para este cultivo en términos de masa?

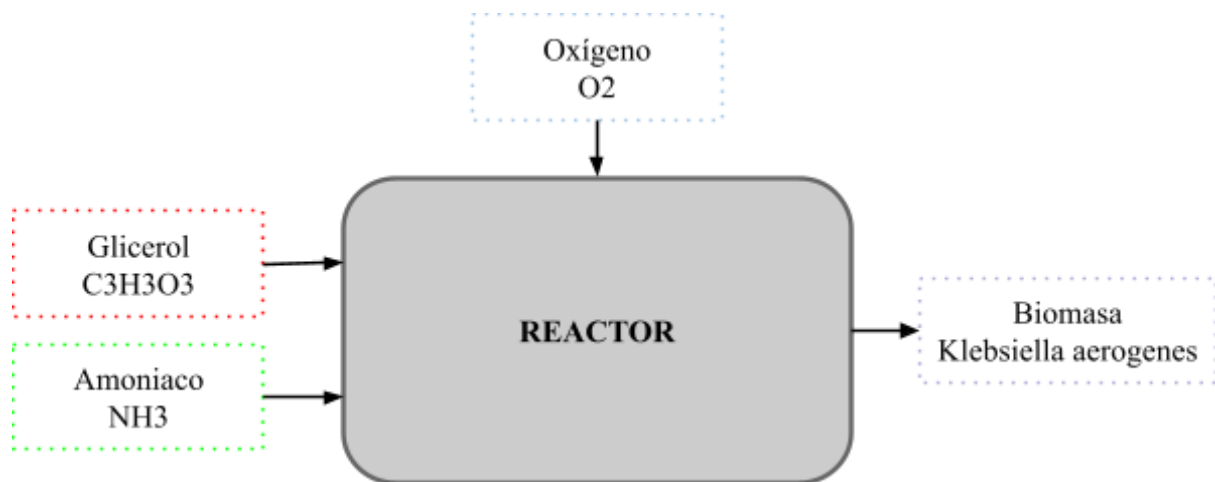


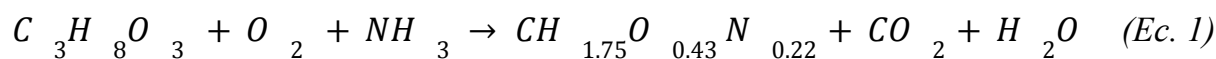
Tabla 4.3 Composición elemental y grado de reducción para algunos organismos

(De J.A. Roles, 1980. *Application of macroscopic principles to microbial metabolism*, Biotechnol. Bioeng. 22, 2457-2514)

Organismo	Fórmula elemental	Grado de reducción $\gamma$ (en relación al $\text{NH}_3$ )
<i>Escherichia coli</i>	$\text{CH}_{1.77}\text{O}_{0.49}\text{N}_{0.24}$	4.07
<i>Klebsiella aerogenes</i>	$\text{CH}_{1.75}\text{O}_{0.43}\text{N}_{0.22}$	4.23
<i>Kl. aerogenes</i>	$\text{CH}_{1.73}\text{O}_{0.43}\text{N}_{0.24}$	4.15
<i>Kl. aerogenes</i>	$\text{CH}_{1.75}\text{O}_{0.47}\text{N}_{0.17}$	4.30
<i>Kl. aerogenes</i>	$\text{CH}_{1.75}\text{O}_{0.43}\text{N}_{0.24}$	4.15
<i>Pseudomonas C<sub>12</sub>B</i>	$\text{CH}_{2.00}\text{O}_{0.52}\text{N}_{0.23}$	4.27
<i>Aerobacter aerogenes</i>	$\text{CH}_{1.83}\text{O}_{0.55}\text{N}_{0.25}$	3.98
<i>Paracoccus denitrificans</i>	$\text{CH}_{1.81}\text{O}_{0.51}\text{N}_{0.20}$	4.19
<i>P. denitrificans</i>	$\text{CH}_{1.51}\text{O}_{0.46}\text{N}_{0.19}$	3.96
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	$\text{CH}_{1.64}\text{O}_{0.52}\text{N}_{0.16}$	4.12
<i>S. cerevisiae</i>	$\text{CH}_{1.83}\text{O}_{0.56}\text{N}_{0.17}$	4.20
<i>S. cerevisiae</i>	$\text{CH}_{1.81}\text{O}_{0.51}\text{N}_{0.17}$	4.28
<i>Candida utilis</i>	$\text{CH}_{1.83}\text{O}_{0.54}\text{N}_{0.10}$	4.45
<i>C. utilis</i>	$\text{CH}_{1.87}\text{O}_{0.56}\text{N}_{0.20}$	4.15
<i>C. utilis</i>	$\text{CH}_{1.83}\text{O}_{0.46}\text{N}_{0.19}$	4.34
<i>C. utilis</i>	$\text{CH}_{1.87}\text{O}_{0.56}\text{N}_{0.20}$	4.15
Media	$\text{CH}_{1.79}\text{O}_{0.50}\text{N}_{0.20}$	4.19

(desviación estándar = 3%)

Ecuación que describe el proceso:



Peso de la biomasa:

$$\text{C} = 12 \text{ g/mol} * 1 \text{ mol} = 12 \text{ g}$$

$$\text{H} = 1 \text{ g/mol} * 1.75 \text{ mol} = 1.75 \text{ g}$$

$$\text{O} = 16 \text{ g/mol} * 0.43 \text{ mol} = 6.88 \text{ g}$$

$$\text{N} = 14 \text{ g/mol} * 0.22 \text{ mol} = 3.08 \text{ g}$$

$$\text{Peso molecular} = 12 \text{ g} + 1.75 \text{ g} + 6.88 \text{ g} + 3.08 \text{ g} = 23.71 \text{ g de biomasa}$$

Se nos brinda el dato de Ceniza 8%, este se añade a los 23.71 g de biomasa.

Biomasa+ceniza

$$\begin{aligned} \text{Biomasa} &\rightarrow 23.71 \text{ g} \\ \text{Ceniza} &= (23.71 \text{ g})(0.08) = 1.89 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biomasa+ceniza} &\rightarrow 23.71 \text{ g} + 1.89 \text{ g} = 25.6 \text{ g} \\ \text{Biomasa Total} &= 25.6 \text{ g} \end{aligned}$$

Se necesita realizar balance en la ecuación estequiométrica, por ello tenemos los g de glicerol por g biomasa producida  $\rightarrow 0.40 \text{ g biomasa/g glicerol}$

Biomasa  $\rightarrow$  CHON

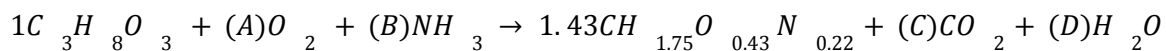
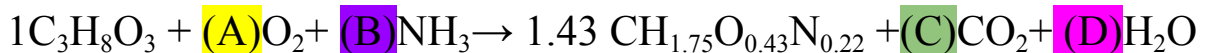
Glicerol  $\rightarrow$  C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>

$$\frac{0.4 \text{ g CHON}}{\text{g C}_3\text{H}_8\text{O}_3} * \frac{92.1 \text{ g C}_3\text{H}_8\text{O}_3}{1 \text{ gmol C}_3\text{H}_8\text{O}_3} * \frac{1 \text{ gmol CHON}}{25.6 \text{ g CHON}} = 1.43 \frac{\text{gmol CHON}}{\text{gmol C}_3\text{H}_8\text{O}_3}$$

Esta relación (1.43 gmol CHON/ gmol C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>) nos va a permitir balancear la ecuación



Ya tenemos dos coeficientes estequiométricos a ambos lados de la ecuación, pero faltan por determinar:



Es necesario realizar el balance de la ecuación, por lo que es necesario realizar un balance por componentes:

- Balance de carbonos:

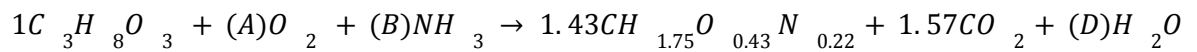
$$3 = 1.43 + (\text{C})$$

Para resolver esta incógnita despejamos:

$$3 - 1.43 = (\text{C})$$

$$1.57 = (\text{C})$$

Ya teniendo el valor de C, se tendría:



- Balance de hidrógenos:

$$8 + 3 * (B) = 1,75 * 1,43 + 2 * (D)$$

En este caso tenemos dos incógnitas, por lo que se dejan todas de un mismo lado:

$$8 + 2.50 = 2 * (D) - 3 * (B)$$

$$5.50 = 2 * (D) - 3(B) \text{ (Ec. 1)}$$

- Balance de oxígenos:

$$3 + 2 * (A) = 0.43 * 1.43 + 2 * 1.57 + (D)$$

$$3 + 2 * (A) = 0.61 + 3.14 + (D)$$

Dejando las incógnitas a un lado:

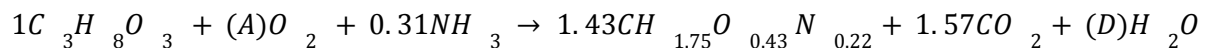
$$2 * (A) - (D) = 0.75 \text{ (Ec. 2)}$$

- Balance de nitrógenos:

$$(B) = 0.22 * 1.43$$

$$(B) = 0.31$$

Ya teniendo el valor de B, se tendría:



Como ya identificamos el valor de B Podemos hallar el valor de D con la (EC.1) debido a que se transformaría a una ecuación con una incógnita

$$5.50 = 2 * (D) - 3(B) \text{ (Ec. 1)}$$

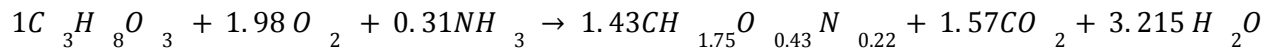
$$5.50 = 2 * (D) - 3(0.31)$$

$$D = \frac{5.50+3(0.31)}{2} = 3.215$$

Finalmente se determina la última variable (A) con la (Ec. 2)

$$\begin{aligned}
 2 * (A) - (D) &= 0.75 && \text{(Ec. 2)} \\
 2 * (A) - (3.215) &= 0.75 \\
 A &= \frac{0.75+3.215}{2} = 1.98
 \end{aligned}$$

Ya teniendo los valores de todas las incógnitas la ecuación queda balanceada de la siguiente manera:



Por la anterior ya podemos responder la pregunta inicial ¿Cuáles son las necesidades de oxígeno para este cultivo en términos de masa?

$$\frac{1.98 \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } C_3H_8O_3} * \frac{32 \text{ g } O_2}{1 \text{ mol } O_2} * \frac{1 \text{ mol } C_3H_8O_3}{92.1 \text{ g } C_3H_8O_3} = \frac{0.69 \text{ g } O_2}{\text{g } C_3H_8O_3}$$

Rta:/ Se puede decir que es necesario  $\frac{0.69 \text{ g } O_2}{\text{g } C_3H_8O_3}$  para este cultivo para que crezca la biomasa del microorganismo