

# DETERMINACIÓN DE UN MODELO MATEMÁTICO PARA PREDECIR LA CONCENTRACIÓN DE GASES EN NOPALES EMPACADOS EN ATMÓSFERAS MODIFICADAS PASIVAS Y SEMIACTIVAS.

J.C. Guevara<sup>1</sup>, E. M. Yahia<sup>2</sup>, E. Brito de la fuente<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Alimentos y Biotecnología, Edificio E Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., C.P. 04510 (México)

<sup>2</sup>Facultad de Química (DIPA), Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, QRO, C.P. 76010 (México). Tel/fax: +52-4-2156867. E-mail: [yahia@sunserver.uaq.mx](mailto:yahia@sunserver.uaq.mx).

*Palabras clave: Opuntia ficus-indica, modelo matemático, atmósferas modificadas*

**Introducción.** Varios modelos matemáticos han sido usados para definir los requerimientos del empaque para almacenar vegetales en atmósferas modificadas (AM) (1). Estos modelos utilizan el principio de balance de masa sobre las concentraciones de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> para describir la interacción entre la permeabilidad de la película (P<sub>x</sub>) y la velocidad de respiración (R<sub>x</sub>). Ninguno de los modelos publicados ha sido suficiente para incluir todas las variables importantes relacionadas con este proceso.

**Metodología.** Nopales de la zona de Milpa Alta México D.F. se empacaron en bolsas PD960 (Cryovac), (2 nopales/empaque). Se almacenaron a 5°C y 80%HR por 30 días en la oscuridad. Evaluación consistió en el análisis de la concentración de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> en los empaques con AM (2). Se determinó la función que describe la R<sub>x</sub> de nopales empacado en AM. También se aplicó el modelo cinético propuesto por Lee (3)  $R_x = V_m [s] / K_M + (1 + [I]/K_I) [s]$  donde V<sub>M</sub> = la velocidad máxima, K<sub>M</sub> = constante de Michaelis definida como la concentración de sustrato que genera un medio de la velocidad máxima, s e I son las concentraciones del sustrato y del inhibidor O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> respectivamente. Ambos modelos se emplearon para describir el cambio en la concentración de gases en nopales empacados mediante las siguientes ecuaciones:

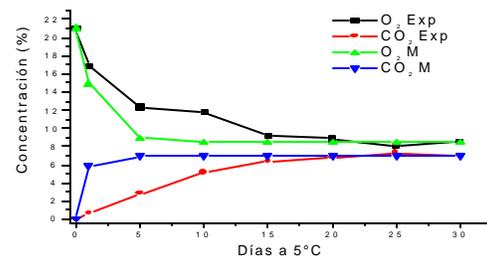
$$dO_2/dt = [(P_{O_2}A/xV) (O_{2atm} - O_{2pkg})] - R_{O_2} \quad (1)$$

$$dCO_2/dt = -[(P_{CO_2}A/xV) * CO_{2pkg}] + R_{CO_2} \quad (2)$$

## Resultado y Discusión.

Se logró determinar de manera empírica un modelo que describe tanto la velocidad de consumo de O<sub>2</sub>, como la velocidad de evolución del CO<sub>2</sub> en nopal empacado en AM. Las funciones que describen el fenómeno son las siguientes:  $R_{O_2} = a(1 - e^{-bx})$  cuyos valores de las constantes son: a=41.06909, b=0.089094, el coeficiente de correlación resultó ser: 0.99926068. La  $R_{CO_2} =$

$a(b - e^{-cx})$  donde a= 42.179243, b= 1.0427381, c= .074274 y x= concentración de Q en el empaque. Tales funciones al ser sustituidas en las ecuaciones 1 y 2 generan el cambio en la concentración de gases para el sistema de nopal empacado en AM. Cabe indicar que tales ecuaciones no se pueden integrar analíticamente para ser resueltas, se requiere de métodos numéricos para su solución. En la figura 1 se presenta el cambio en la concentración de los gases en nopales almacenados en AM experimentales y los teóricos arrojados por el modelo.



*Fig 1. Cambio en la concentración de gases en nopales almacenados en AM líneas firmes valores teóricos, líneas punteadas valores predichos.*

Como se puede observar en la figura 1 existe una buena correlación entre los parámetros experimentales y los valores determinados por el modelo.

## Conclusiones.

Tanto R<sub>O<sub>2</sub></sub> como R<sub>CO<sub>2</sub></sub> en nopales almacenados en AM puede ser descrita mediante una funciones exponenciales.

Muy buena correlación se presentó entre los datos experimentales y los valores modelados.

## Bibliografía.

- Kader, A., Zagory, D. y Kerbel, E. L., 1989. CRC Crit. Rev. Food Sci. Nut., (28) 1, 1.
- Guevara, J.C., Yahia E. y Brito E. 2000. IIF IIC, Murcia España.
- Lee, D. S., Hagggar, P. E., Lee, J. y Yam, K. L., 1991. J. Food Sci. 56 (6) 1580-1587.

4. Hayakawa K., Henig Y. y Gilbert, S.G., 1975.  
J. Food Sci., 40, 186-191.