

MODELACION MATEMATICA DE LA CINETICA DE DESHIDRATACION OSMOTICA DE LA CARICA PAPAYA

Fabiola Cornejo Zúñiga¹, Daniel Núñez Torres².

¹Ingeniera en Alimentos 2000

²Director de Tesis. Ingeniero en Alimentos, Universidad de Chile, 1994. Profesor de ESPOL desde 1998.

RESUMEN

En el trabajo se desarrollaron tres modelos matemáticos que describan las variaciones de pérdida de peso, pérdidas de agua y ganancia de sólidos durante la cinética de deshidratación osmótica de la papaya, en relación con la temperatura, concentración de agente osmótico y tiempo de operación.

Para la ejecución del trabajo se realizó un diseño de experimentos factorial a fin de obtener los modelos matemáticos. En cada prueba experimental, las frutas fueron peladas, cortadas e introducidas en una solución de sacarosa. Se determinó la variación de peso, humedad y sólidos totales a través del tiempo a temperatura constante. Además, se realizó una evaluación sensorial en pruebas seleccionadas.

INTRODUCCION

El proceso de deshidratación osmótica está basado en un fenómeno natural y no destructivo a través de la membrana celular de las frutas y vegetales. La deshidratación osmótica es muy útil como pretratamiento, debido a la modificación de la composición química de la fruta o vegetal que ocurre con la pérdida de agua y ganancia de sólidos. Una de las características de esta transformación, antes de aplicar otro método de preservación, es el mejoramiento de algunas propiedades sensoriales, nutricionales y funcionales, así como la estabilidad en el almacenamiento.

La deshidratación osmótica es una nueva alternativa de conservación de los frutos. Esta puede incrementar la exportación de varios tipos de frutas cultivadas en nuestro país y de excedentes de exportación; como el mango, banano, piña, papaya, etc.

El objetivo principal del trabajo fue obtener modelos matemáticos para la pérdida de peso, pérdida de agua y ganancia de sólidos en la deshidratación osmótica de pedazos de papaya.

Los objetivos específicos fueron el estudiar el efecto de la temperatura, concentración del agente osmótico a través del tiempo, sobre la velocidad de pérdida de peso, pérdida de agua y ganancia de sólidos. Además, de evaluar sensorialmente el efecto de las concentraciones.

CONTENIDO

En el estudio de la cinética de deshidratación osmótica de la papaya se tomó en cuenta el efecto de la temperatura (T), concentración del agente osmótico ([]) y el tiempo de proceso (θ). Se mantuvo constante la presión (atmosférica), la relación fruta jarabe(1:10), el tamaño del producto (2*2*1.8 cm.), la madurez de la fruta (8-10°Brix) y la variedad de papaya (amarilla). Para obtener los modelos matemáticos se aplicó un diseño de experimentos factorial de 3^3 , en los que se le asignaron tres niveles a cada uno de los factores mencionados, cada experimento se realizó con replica. Los valores empleados para cada una de estas variables se muestran en la siguiente tabla.

TABLA I
NIVELES ASIGNADOS PARA CADA PARÁMETRO ESTUDIADO EN LA
CINÉTICA DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE LA PAPAYA

TEMPERATURA (°C)	CONCENTRACION DE AGENTE OSMOTICO (°BRIX)	TIEMPO (H)
40	50	1
50	60	3
60	70	5

Para la obtención del modelo matemático se realizó un análisis de regresión múltiple con enfoque matricial.

Materiales y Métodos

En cada prueba experimental, se trabajo con papayas que se encontraban en estado semi – maduro. La fruta fue pelada y cortada de manera que se obtenían pedazos 2*2*1.8 de dimensión y un peso aproximado de 3,5 gramos. El alto de los pedazos obtenidos, era cortado de tal manera que incluían la parte interna y externa de la papaya.

Se utilizo como agente osmótico jarabe de sacarosa. El jarabe fue pasteurizado, filtrado previamente.

Las pruebas se llevaron a cabo a nivel de laboratorio en una estufa. En la estufa, primero se colocaba el jarabe hasta que alcance la temperatura de proceso. Aparte se peso cada pedazo de papaya y se codificaba. Luego una vez que el jarabe llegara a la temperatura deseada, se colocó un pedazo de papaya. Para que los pedazos de la fruta no floten se diseñó unas rejillas de plástico que lo mantenían sumergido. Se permitió un período de estabilización para recuperar la temperatura requerida. Posteriormente, se dejaba el sistema en la estufa controlando cada 15 minutos la temperatura.

Para cada corrida experimental se determinó los cambios de peso a diferentes periodos de tiempo (1, 2, 3, 4, y 5 horas). En cada experiencia se realizaron determinaciones de la humedad y sólidos solubles; a las muestras sin tratar y tratadas osmóticamente, y se calcularon las pérdidas de peso (M), pérdidas de agua (Mw) y ganancia de sólidos (Ms).

Resultados

Los modelos matemáticos obtenidos fueron:

Pérdida de Peso (M):

$$M = - 6.43 - 0.095 T + 0.224 [\] - 16.92 \theta + 0.0445 \theta [\] + 0.0112 \theta T [\] - 5.9 \cdot 10^{-3} T [\] + 0.581 T \theta - 0.0125 \theta T^2 + 0.0112 T^2 - 6.9 \theta^2 + 0.09 [\] \theta^2 - 3.1 \cdot 10^{-3} \theta^2 T [\] + 0.186 T \theta^2$$

Se analizó estadísticamente la correlación entre los resultados experimentales y el modelo matemático, el cual indicaba que la diferencia no era significativa. Por lo tanto se puede decir que el modelo matemático de la pérdida de peso realizado demuestra la cinética de deshidratación osmótica de los pedazos de papaya.

El modelo matemático y los resultados experimentales demostraron que La temperatura del medio y la concentración del agente osmótico poseen un efecto significativo en la pérdida de peso, sin embargo a medida que transcurre el tiempo, la temperatura deja de tener incidencia en la pérdida de peso. Es decir que en la etapa final del proceso, la variación de temperatura produce una pequeña variación en el porcentaje de pérdida de peso.

Pérdida de Agua (Mw):

$$Mw = - 8.93 - 2.07 T + 2.23 [\] + 21.72 \theta - 1.08 \theta [\] - 10.47 \theta^2 - 0.017 \theta T^2 + 0.38 T \theta + 0.22 T \theta^2 + 0.202 [\] \theta^2 - 4.7 \cdot 10^{-3} \theta^2 T [\] + 0.028 \theta T [\] - 0.042 T [\] + 0.0498 T^2$$

Las diferencias de los porcentajes de las respuestas tanto experimentales como las del modelo obtenido de la pérdida de agua son menores al 3%. Estadísticamente se demostró también que no existe diferencia significativa.

Por otra parte, se observó a medida que aumenta los grados Brix y la temperatura, aumenta la pérdida de agua. Al igual que la pérdida de peso, se observa que la pérdida de agua en función del tiempo tiene tendencia a una curva de una función logarítmica es decir, que a medida que transcurre el tiempo la pérdida de agua es cada vez menor.

Ganancia de Sólidos (Ms):

$$Ms = - 19.62 + 0.65 T + 0.37 [\] + 14.57 \theta - 0.225 \theta [\] + 3.1 \cdot 10^{-3} \theta T [\] - 9.43 \cdot 10^{-3} T [\] - 0.19 T \theta$$

Se observo experimentalmente que a medida que aumenta los grados Brix, la ganancia de sólidos disminuye. Indicando que el aumento de grados Brix no implica una mayor impregnación de sólidos

Análisis Sensorial:

El propósito de la evaluación sensorial era analizar los efectos de la deshidratación osmótica en las características organolépticas de la fruta. Para el efecto se comparó muestras deshidratadas osmóticamente en las diferentes concentraciones.

Las muestras elegidas con respecto a la temperatura fueron aquellas que cumplan con el objetivo de la deshidratación osmótica, es decir, que hallan tenido la mayor pérdida de agua y menor ganancia de sólidos. Para ver la incidencia de la concentración de sólidos en la solución osmótica se eligió una muestra de cada concentración. Con esta metodología se estudió las siguientes muestras.

**TABLA II
MUESTRAS A EVALUAR SENSORIALMENTE**

CONCENTRACION (BRIX)	TEMPERATURA (C)	TIEMPO (HORAS)
50	50	5
60	50	4
70	50	3

En necesario aclarar que se eligió el tiempo en el cual finaliza la deshidratación de agua y comienza la impregnación de sólidos.

El análisis sensorial demostró que no existía diferencia significativa entre las muestras. Adicionalmente, los panelistas indicaron la diferencia que encontraron en las muestras, las cuales estaban relacionadas con la textura y el sabor.

CONCLUSIONES

1. Las temperaturas altas y concentraciones altas del agente osmótico disminuye el tiempo de permanencia del producto en el jarabe hasta que la deshidratación osmótica llegue a su etapa final; sin embargo los menores tiempos de proceso no son los más adecuados. La elección del tiempo de proceso adecuado dependerá de las necesidades del producto final.
2. La pérdida de agua produce un encogimiento del producto. Si el encogimiento es más lento se genera una mayor absorción de sólidos, lo cual no es deseable para nuestro caso. Si este es más rápido se produce una mejor deshidratación osmótica de la fruta.
3. El ingreso de sólidos y el encogimiento del producto hace que se disminuya la eliminación de agua, debido a que se produce una obstrucción en los poros de la membrana vegetal.
4. El aumento de la concentración del agente osmótico no implica un aumento en la impregnación de sólidos.
5. Las distintas concentraciones del agente osmótico no producen cambios sensoriales significativos, cuando se llega a la etapa final de la deshidratación osmótica. Es decir que al aumentar o disminuir la concentración del agente osmótico y terminar la etapa de deshidratación, no afecta en gran medida las características organolépticas del producto final.

REFERENCIAS

1. F. Cornejo, "Modelación Matemática de la Cinética de Deshidratación Osmótica de la Carica Papaya" (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2000)
2. Bolin y Huxsoll, "Effect of Osmotic Agent and Concentration on Fruit Quality", Revista Food Science, Vol. 48, N°1 (Enero, 1983) pp. 202 - 205.
3. M. Gonzales; E. Paredes, "Conservación y Almacenamiento de Frutas Aplicando Deshidratación Osmótica". (Tesis, Facultad de Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato, 1988).
4. Lerici y Pinnavaia, "Osmotic Dehydration of Fruits: Influence of Osmotic Agents on Dying Behavior and Product Quality". Revista Food Science, Volumen 50, N° 5 (Septiembre 1985) pp 1217 -1219.

5. A. Saltos y colaboradores, "Deshidratación Osmótica de Frutas Tropicales." (Proyecto de Investigación Tecnológica para el Desarrollo de Alimentos de Humedad Intermedia, Universidad Técnica de Ambato, 1993)
6. Salvatori, Andres, Albors, Chiralt y Fito, "Structural and Compositional Profiles in Osmotically Dehydrated Apple". Revista Food Science, Vol. 63, No. 4, (Julio 1998) pp 606 -610.

Ing. Daniel Núñez
Director de Tesis.

