

## Cinética de secado de rodajas de manzana (*Pirus malus L*) variedad pachacamac osmodeshidratadas.

### Drying kinetics of apple slices (*Pyrus malus L*) pachacamac variety osmotically pretrated.

**Gabriela Barraza Jáuregui**

Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú  
gbarraza@ucv.edu.pe

**Carmen Rojas Padilla**

Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú  
carmenrojaspadilla@yahoo.com

**Rita Moscol Orozco**

Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú  
raulhuarote@ucv.edu.pe

**Recepción:** 27-04-2013 / **Aceptación:** 25-06-2013

### RESUMEN

Se determinó el efecto de dos concentraciones de jarabe de sacarosa (40, 50 °Brix) del pretratamiento osmótico y tres temperaturas de aire de secado (50, 60, 70 °C) sobre el coeficiente de difusividad efectiva y aceptabilidad general de rodajas de manzana (*Pirus malus L.*) variedad Pachacamac.

Rodajas de manzana de 60 mm de diámetro y 4 mm de espesor fueron sumergidas en solución de 1% de ácido cítrico y 0,5% de bisulfito de sodio (p/v) por 10 minutos a temperatura ambiente, y parcialmente deshidratadas osmóticamente en dos soluciones de sacarosa (40, 50 °Brix) con 0.5% de ácido cítrico (p/p), a 20 °C y con agitación constante (110 rpm) durante doce horas.

Se realizó un secado convectivo con aire a velocidad de 2 m/s. Los pesos fueron monitoreados hasta que no existiera diferencia significativa entre los valores. Se construyó la curva de secado y se calculó el coeficiente de difusividad, para cada tratamiento, hasta una humedad final 12%.

Se realizó un análisis estadístico para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos. Se halló que a mayor temperatura de aire (70 °C) proporciona mayor coeficiente de difusividad y que sólo la temperatura de aire de secado tuvo un efecto significativo sobre los valores.

La prueba de Kruskal-Wallis determinó diferencia significativa en la aceptabilidad general entre los tratamientos, y la prueba de Mann Whitney determinó que el tratamiento 5 (50 °Brix, 60 °C), tuvo la mejor respuesta sensorial, con un valor de 7, correspondiente a "me gusta moderadamente" en la escala hedónica.

**Palabras clave:** Manzana, Deshidratación osmótica, Cinética de secado, Arrhenius, Difusividad efectiva.

### ABSTRACT

It was determined the effect of two concentrations of sucrose syrup (40 and 50 Brix) of osmotic pre treatment and the effect of three temperatures of drying air (50, 60 and 70 °C) on the diffusivity effective coefficient and the general acceptability sensorial test of apple slices (*Pyrus malus L*) Pachacamac variety.

Apple slices of 60 mm diameter and 4 mm thick were immersed in 1% solution of citric acid and 0.5% sodium bisulfite (w/v) for 10 minutes at room temperature and osmotically dehydrated in two sucrose solutions (40 and 50 ° Brix) with 0.5% citric acid (w/w) at 20 °C with constant agitation (110 rpm) during twelve hours.

Convective drying was performed with an air speed of 2 m/s. The weights of the slices were monitored until there was no significant difference between them. It was constructed the drying curve and was calculated the effective diffusion

coefficient for each treatment, until final moisture of 12%.

Statistical analysis was performed to determine significant differences between treatments. The results showed that high temperature of drying air (70 °C) provides higher effective diffusion coefficient and that only the drying air temperature had a significant effect.

It was found by the Kruskal-Wallis test significant difference in the general acceptability sensorial test between treatments, and the Mann Whitney test determined that treatment 5 (50 °Brix, 60 °C), had the best sensorial response, with a value of 7, corresponding to "I like moderately" on the hedonic-scale.

**Key words:** Apple, Osmotically drying, Kinetics of drying, Arrhenious, effective diffusion coefficient.

---

## 1. INTRODUCCIÓN

Los datos sobre la evolución del consumo agroalimentario en general, indican un constante crecimiento, con tendencia a continuar en el futuro inmediato, debido a la tendencia mundial de consumo de frutas y hortalizas que presenten nutrientes que cumplan una serie de funciones en el organismo, como en el caso de las manzanas en particular, que contienen potasio que favorece el correcto funcionamiento del sistema nervioso y los músculos, gran cantidad de fibra, que ayuda a eliminar a través de la digestión sustancias que pueden ser nocivas y a reducir los niveles de colesterol, así como compuestos fitoquímicos (flavonoides), considerados como antioxidantes naturales [1]. Sin embargo su alto contenido de agua (85% aproximadamente), la hace muy perecible, acortando su tiempo de vida útil, tiempo que puede extenderse si se somete a un proceso de deshidratación [2].

El secado es una operación que tiende a reducir el contenido de humedad de un producto y que se lleva a cabo por lo general mediante aire caliente. Es una técnica adecuada para preservar los productos agrícolas y a la vez para reducir los costos de empaque, transporte y almacenamiento. Aunque el proceso de secado es más rápido a medida que sea mayor la temperatura, todos los materiales orgánicos son sensibles a la temperatura, más que todo en sus propiedades organolépticas y su valor nutricional [3]. Una posibilidad es utilizar la deshidratación osmótica, como pretratamiento, debido a que favorece la disminución de los cambios adversos que ocurren durante el uso de métodos combinados, mientras que el secado ayuda a conservar por más tiempo la fruta [4].

El estudio de la cinética de secado es esencial para diseñar un correcto proceso de secado que permita además obtener un producto de calidad, evitar consumo excesivo de energía, desgaste del equipo o la disminución del rendimiento, por lo que la temperatura de secado es una variable a tener en cuenta en los estudios cinéticos, pues aunque temperaturas elevadas pudieran acelerar el proceso, la pérdida de calidad del producto no compensaría la reducción de tiempo de proceso [5].

En este sentido y teniendo en cuenta estos aspectos, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la concentración de la solución osmótica y temperatura de secado en el coeficiente de difusividad efectiva de rodajas de manzana (*Pirus malus* L) variedad Pachacamac osmodeshidratadas.

## 2. MATERIALES Y METODOS

Rodajas de manzana de 60 mm de diámetro y 4 mm de espesor fueron inmersas en solución de ácido cítrico a 1 % y bisulfito de sodio 0,5 % (p/v) por 10 minutos a temperatura ambiente, para inhibir el pardeamiento enzimático y posteriormente deshidratadas osmóticamente en dos soluciones de sacarosa (40, 50 °Brix) y 0,5% de ácido cítrico p/p, a 20°C con agitación constante a 110 rpm. El tiempo de tratamiento osmótico fue de 12 horas.

### Cinética de secado

Después del tratamiento osmótico las rodajas fueron secadas por convección en un equipo a escala de laboratorio, con control de temperaturas a una velocidad de aire de 2 m/s. Las experiencias de secado se realizaron por triplicado, a las temperaturas de 50, 60 y 70 °C. Para cada tratamiento se construyó la curva de secado

graficando el tiempo versus la humedad en base seca.

La pérdida de agua se determinó a partir de pesadas sucesivas a diferentes intervalos de tiempo [6].

La humedad en base seca se calculó en base a la Ecuación 1 [6].

$$X = \frac{W - ms}{ms} \quad (1)$$

Donde:

X= Humedad en base seca (g agua/g ms)

W= Peso del sólido húmedo (g)

ms= Peso del sólido seco (g)

La velocidad de secado se determinó a partir de la Ecuación 2 [6].

$$R = -\frac{ms}{A} * \frac{dX}{dt} \quad (2)$$

Donde:

R= Velocidad de secado (g agua/m<sup>2</sup> s)

$\frac{dX}{dt}$  = Pendiente de las tangentes a la curva de secado.

A= Área superficial expuesta al secado (m<sup>2</sup>)

Posteriormente se graficó la curva de velocidad de secado, con la finalidad de determinar gráficamente la velocidad crítica ( $R_c$ ) y la humedad crítica ( $X_c$ ), valores que se utilizaron en el cálculo de la difusividad efectiva ( $D$ ).

### Difusividad efectiva promedio

Se empleó la ecuación 3 [6].

$$\ln \frac{X}{X_c} = \ln \frac{8}{\pi^2} - \left( \frac{D}{\pi^2 * 4e^2} \right) * t \quad (3)$$

Donde:

$X_c$ = Humedad en base seca crítica (g agua/g ms)

e= espesor (m)

t= tiempo de secado en el periodo decreciente (s)

D= Difusividad efectiva (m<sup>2</sup>/s)

Se graficó  $\ln (X/X_c)$  en función del tiempo (t), luego se aplicó un análisis de regresión lineal. A partir de la pendiente se despejó D (m<sup>2</sup>/s) [6].

Una vez construidas las curvas de secado de cada tratamiento, se determinó el tiempo de secado necesario para llegar en la manzana osmodeshidratada hasta una humedad final de 12% [6].

### Predicción del tiempo de secado a velocidad constante

Se obtuvo a partir de la Ecuación (4) [6].

$$t_{PSVC} = \frac{ms * (X_0 - X_c)}{A * R_c} \quad (4)$$

Donde:

$X_0$ = Humedad en base seca inicial (g agua/g ms)

$R_c$ = Velocidad de secado crítica (g agua/m<sup>2</sup> s)

### Predicción del tiempo de secado a velocidad decreciente

Se obtuvo a partir de la ecuación (15) [6].

$$t_{PSVD} = \frac{4 * e^2}{\pi^2 * D} * \ln \left( \frac{8X_c}{\pi^2 * X_f} \right) \quad (5)$$

$X_f$  = Humedad en base seca final (g agua/g ms).

### Influencia de la temperatura

La influencia de la temperatura en la difusividad efectiva, se expresa en la gran mayoría de los modelos consultados haciendo uso de la expresión de Arrhenius (Ecuación 6), estando dicha influencia caracterizada por una energía de activación ( $E_a$ ) propia de cada producto [7].

$$D = D_0 * \exp \left( \frac{E_a}{RT} \right) \quad (6)$$

Donde:

$E_a$ = Energía de activación (kJ/mol)

R= Constante de los gases (8.314x10<sup>-3</sup> kJ/molK)

T= Temperatura (°K)

### Análisis sensorial

Las muestras deshidratadas fueron evaluadas sensorialmente, empleando una escala hedónica de 9 puntos, para determinar su aceptabilidad general. Se empleó 30 jueces no entrenados, los cuales

fueron instruidos en forma general sobre el análisis sensorial y ciertos conceptos relacionados. La tarjeta de evaluación sensorial se presenta en la Figura 1.

Figura 1: Tarjeta de evaluación sensorial.

### Análisis estadístico

Se utilizó el Diseño Factorial 2 x 3, con 3 repeticiones.

Se realizó un ANVA y la prueba de Duncan, para evaluar el efecto de la concentración de la solución osmótica y temperatura de secado en el coeficiente de difusividad efectiva y la prueba Kruskal–Wallis y Mann–Whitney para evaluar el resultado de la evaluación sensorial.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización de la materia prima

En la Tabla 1, se muestra los resultados de la evaluación fisicoquímica realizada a la manzana Pachacamac fresca.

Los resultados concuerdan con los valores reportados en la literatura en evaluaciones fisicoquímicas de manzana (var. Granny Smith): % de humedad:  $86,26 \pm 0,14$  %; % acidez:  $0,50 \pm 0,04$ ; pH de  $3,78 \pm 0,06$ . Se utilizó manzana textura firme, lo cual es recomendado para este tipo de proceso [8].

Tabla 1: Análisis fisicoquímico de la manzana Pachacamac fresca.

Análisis	Valor
pH	4
Acidez (% ácido málico)	0.47
% Sólidos solubles (°Brix)	9
Humedad (%)	85

### Deshidratación osmótica

En la Tabla 2, se muestra los análisis efectuados a la manzana Pachacamac deshidratada osmóticamente a dos concentraciones (40 y 50 °Brix).

Se observa que a mayor concentración de la solución osmótica, existe una mayor pérdida de agua en las rodajas de manzana. La pérdida de agua hasta el nivel de equilibrio, aumenta cuando lo hace la concentración en el jarabe osmótico, debido a que, la transferencia de masa es favorecida por el aumento de la concentración de la solución deshidratante [7].

Tabla 2: Análisis de la Manzana Pachacamac deshidratada osmóticamente.

Análisis	40 °Brix	50 °Brix
pH	3.90	3.80
Acidez(% ácido cítrico)	0.25	0.18
% Sólidos solubles (°Brix)	15	18
Humedad (%)	69.4	61.7

El pH tuvo una pequeña variación en relación con el aumento de la concentración osmótica, mientras que la acidez disminuyó.

### Cinética de secado

En las Figuras 6, 8, 10, 12, 14 y 16 se presentan las curvas de secado para las tres repeticiones de cada tratamiento. Se observa que existe una mayor pérdida de agua en las dos primeras horas del

proceso (120 minutos), concordando con lo descrito por Xue [8].

Del mismo modo, El-Aquar et al. [9] encontraron que las diferencias observadas en el secado entre fruta fresca y fruta pre tratada osmóticamente se deben al aumento en la resistencia interior causado principalmente por el encogimiento y captación del sólido durante el pretratamiento osmótico.

En las Figuras 7, 9, 11, 13, 15 y 17 se presentan las curvas de velocidad de secado (R) en función de la humedad en base seca (X) para las tres repeticiones de cada tratamiento. Se puede apreciar un periodo de inducción o de velocidad de secado creciente. En esta etapa se inicia el proceso de secado de manera que el producto se calienta y aumenta la temperatura de la interfase, produciéndose una adaptación del material a las condiciones de secado. Pero a los fines de cálculo se prescinde de él ya que se considera que en su transcurso el secado tiende al régimen estacionario [10].

Se observa además que no existe una fase de velocidad constante bien definida, evidenciándose que el modelo difusional, rigió todo el fenómeno, hecho que puede atribuirse al pre-tratamiento osmótico [10].

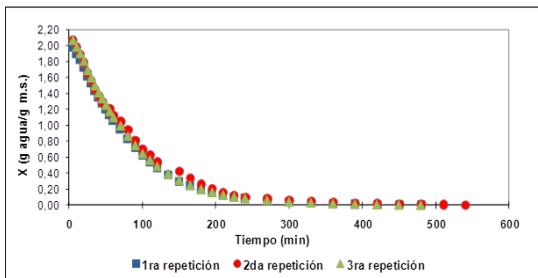


Figura 6: Curva de secado de manzana para las tres repeticiones del tratamiento a 40 °Brix y 50 °C.

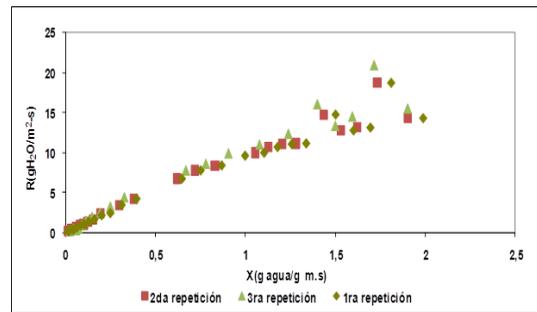


Figura 7: Curva de velocidad de secado de manzana para las tres repeticiones del tratamiento a 40 °Brix y 50 °C.

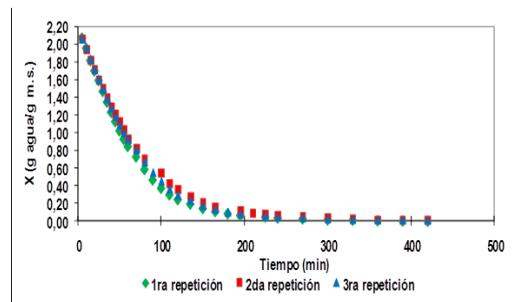


Figura 8: Curva de secado de manzana para las tres repeticiones del tratamiento a 40 °Brix y 60 °C.

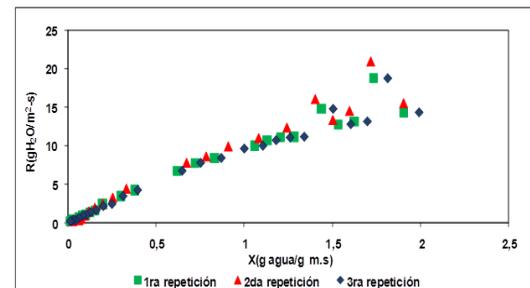


Figura 9: Curva de velocidad de secado de manzana para las tres repeticiones del tratamiento a 40 °Brix y 60 °C.

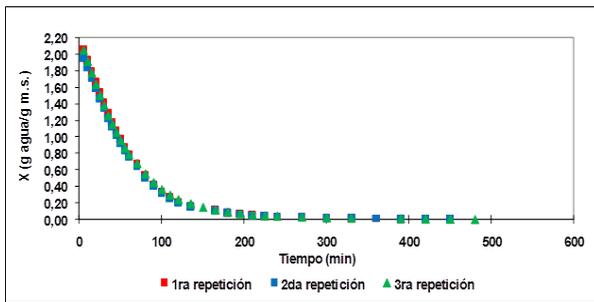


Figura 10: Curva de secado de manzana para las tres repeticiones del tratamiento a 40 °Brix y 70 °C.

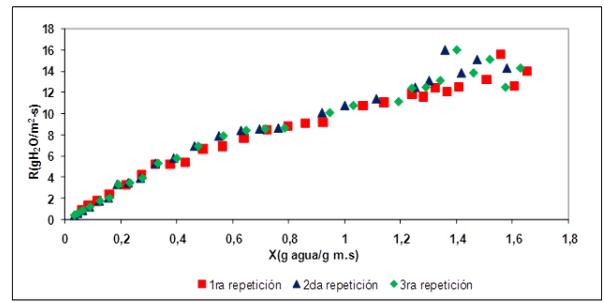


Figura 13: Curva de velocidad de secado de manzana para las tres repeticiones del tratamiento a 50 °Brix y 50 °C.

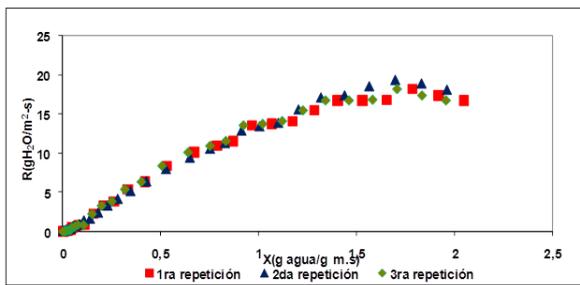


Figura 11: Curva de velocidad de secado de manzana para las tres repeticiones del tratamiento a 40 °Brix y 70 °C.

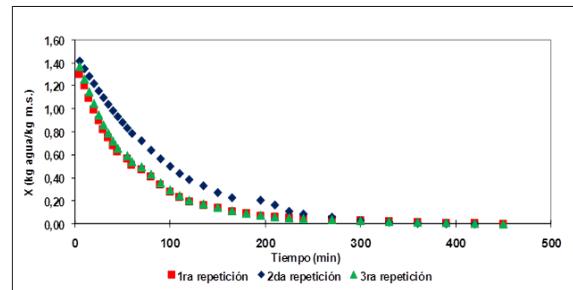


Figura 14: Curva de secado de manzana para las tres repeticiones del tratamiento a 50 °Brix y 60 °C.

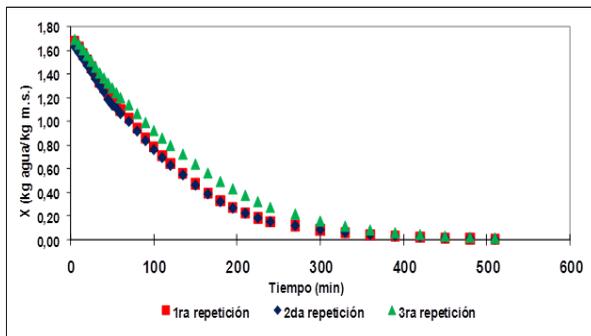


Figura 12: Curva de secado de manzana para las tres repeticiones del tratamiento a 50 °Brix y 50 °C.

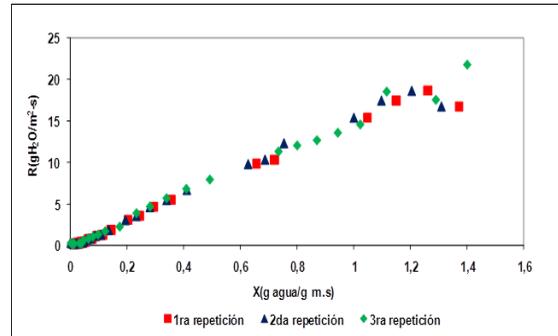


Figura 15: Curva de velocidad de secado de manzana para las tres repeticiones del tratamiento a 50 °Brix y 60 °C.

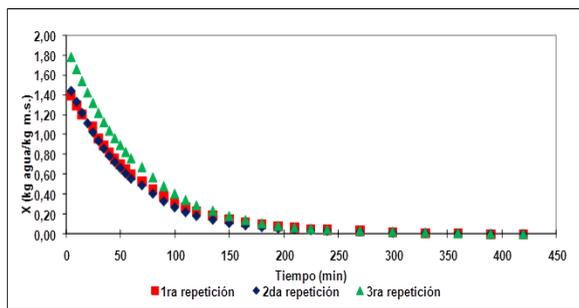


Figura 16: Curva de secado de manzana para las tres repeticiones del tratamiento a 50 °Brix y 70° C.

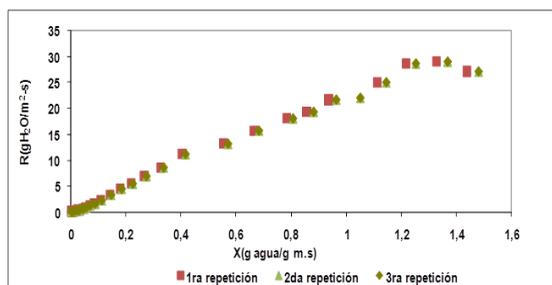


Figura 17: Curva de velocidad de secado de manzana para las tres repeticiones del tratamiento a 50 °Brix y 70 °C.

### Coefficiente de difusividad efectiva

En la Tabla 3, se muestran los valores de la difusividad efectiva, observándose que los tratamientos a 70 °C, presentaron valores relativamente mayores.

Tabla 3: Coeficientes de difusividad en los tratamientos.

	Coeficiente de difusividad efectiva (m <sup>2</sup> /s)				Promedio
<b>Repeticiones a 50°Brix</b>					
70° C	1.3982 x10 <sup>-09</sup>	1.6779E-09	1.6779E-09	1.6779E-09	1.6080E-09
60° C	1.1186E-09	9.7876E-10	1.1186E-09	1.3982E-09	1.1535E-09
50° C	8.3894E-10	9.7876E-10	8.3894E-10	9.7876E-10	9.0885E-10
<b>Repeticiones a 40°Brix</b>					
70° C	1.3982E-09	2.2372E-09	1.3982E-09	2.2372E-09	1.8177E-09
60° C	1.1186E-09	9.7876E-10	1.5381E-09	1.2584E-09	1.2235E-09
50° C	9.7876E-10	9.7876E-10	8.3894E-10	9.7876E-10	9.4381E-10

Estos valores son similares a los reportados por Simal et al. [11], quienes encontraron valores entre  $8,63 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$  en el modelado de cubos de manzana fresca y pretratadas osmóticamente.

El análisis de varianza (ANVA) realizado, mostró que sólo la temperatura genera una influencia significativa sobre el coeficiente de difusividad efectiva. Este fenómeno observado se debe a que, a medida que aumenta la temperatura de secado provoca un incremento en la temperatura del producto y en el coeficiente de difusión del agua, a esto se suma que a mayor temperatura la humedad relativa del aire es menor, lo que aumenta su capacidad para absorber agua, favoreciendo la remoción de humedad [7].

Sin embargo, el efecto de la concentración de la solución osmótica podría generar una confusión, ya que al inicio de las curvas de secado, las muestras empiezan con humedades distintas. Esto sólo es explicado por el efecto de la concentración en la humedad de equilibrio del producto, es decir a concentraciones altas (50 °Brix) la humedad final es menor, sin embargo esto no interviene en el valor de la difusividad dentro del proceso de secado.

Conociéndose que, por lo menos una de las variables genera un cambio en la difusividad, se procedió a determinar qué tratamiento o tratamientos son los que estadísticamente tienen una difusividad más alta y por lo tanto un menor tiempo de secado para una misma humedad, se aplicó la Prueba Duncan, la cual reportó que el tratamiento 3 (40 °Brix y 70 °C) es el que presenta un mayor coeficiente de difusividad efectiva.

### Calculo del tiempo de secado

El tiempo de secado hasta una humedad final de 12% en la manzana osmodeshidratada, se calculó con la ecuación (5). Los valores obtenidos se presentan en el Cuadro 9.

Se puede apreciar que al mismo nivel de humedad (12%) el tiempo de secado es mayor, cuando mayor concentración de la solución usada en el pretratamiento osmótico. Esto debido a la mayor

resistencia de transferencia de masa, tanto por la presencia de agente osmótico en la superficie, por la compactación mayor que se encuentra la estructura celular y por la reducción del volumen durante la deshidratación osmótica. Este fenómeno también fue observado en manzana Gala [12].

Tabla 4: Tiempo de secado de la manzana osmodeshidratada hasta 12% de humedad.

Tratamiento	°Brix	Temperatura (°C)	Tiempo (horas)
3	40	70	1.79
2	40	60	2.64
1	40	50	3.67
6	50	70	1.96
5	50	60	3.01
4	50	50	3.80

### Influencia de la temperatura

En general, la influencia de la temperatura de secado sobre la difusividad efectiva en alimentos sigue una tendencia de Arrhenius [13].

En las Figuras 18 y 19 se presenta la regresión correspondiente a la ecuación de Arrhenius, en el rango de temperaturas evaluado, durante el secado a cada concentración de solución osmótica, obteniéndose una energía de activación 29.70 y 31.89 kJ/mol (40 y 50 °Brix respectivamente). Estos valores se encuentran dentro del rango de valores encontrados en la literatura para alimentos (12.7 a 110 kJ/mol): 35.24 kJ/mol en pimiento a 4 temperaturas (50, 60, 70 y 80 °C) y 46.459 kJ/mol en mango a tres temperaturas (55, 60 y 65 °C) [13]. Esta energía de activación representa la energía requerida para iniciar la difusión de la humedad de manzana durante el secado y da un indicio de la influencia de la temperatura en el proceso [14].

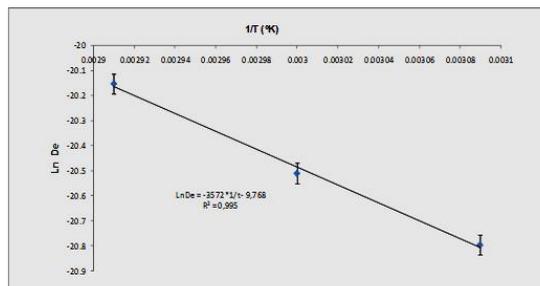


Figura 18: Determinación de la energía de activación en secado convectivo de rodajas de manzana Pachacamac deshidratadas osmóticamente a 40 °Brix.

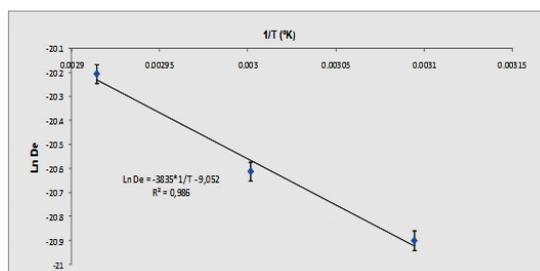


Figura 19: Determinación de la energía de activación en secado convectivo de rodajas de manzana Pachacamac deshidratadas osmóticamente a 50 °Brix.

### Evaluación sensorial

La evaluación estadística de aceptabilidad general de los seis tratamientos se realizó mediante la prueba de Kruskal-Wallis. Esta prueba reportó que la concentración y la temperatura presentan una influencia significativa sobre la aceptabilidad general de las rodajas de manzana deshidratadas osmóticamente, así como que el tratamiento 5 (50 °Brix y 60 °C) presentó el rango medio más alto, debido a que éste fue el que obtuvo la mejor posición de aceptación de parte de los panelistas. De igual modo, la prueba de Mann-Whitney evidenció que el tratamiento 5 presenta diferencia significativa con los demás tratamientos evaluados, por lo que se recomienda éste para realizar la osmodeshidratación de manzana a nivel industrial. En el Cuadro 12 se observa los valores de actividad de agua para cada uno de los tratamientos.

Tabla 12: Valores de actividad de agua en tratamientos.

°Brix	Temperatura	Actividad de agua (Aw)
40	50	0.505
40	60	0.464
40	70	0.471
50	50	0.562
50	60	0.496
50	70	0.466

Como se observa en el Cuadro 12 la actividad de agua se encontró entre el rango de 0.464 – 0.562 por lo que, de acuerdo al valor de humedad y actividad de agua final, se presume que no habría crecimiento de bacterias, mohos y levaduras. Además, el producto se encuentra en una zona en la cual quedan prácticamente detenidas las reacciones enzimáticas, por lo cual se preservaría en el tiempo [8].

#### 4. CONCLUSIONES

Se determinó que la temperatura de secado influyó significativamente en el coeficiente de difusividad efectiva en rodajas de manzana (*Pirus malus* L.) variedad Pachacamac osmodeshidratadas, siendo la concentración de la solución osmótica, una variable sin influencia en el proceso.

Se determinó diferencia significativa en la aceptabilidad general en rodajas de manzana (*Pirus malus* L.) variedad Pachacamac osmodeshidratadas.

El tratamiento con mayor coeficiente de difusividad efectiva fue el tratamiento 3 (40 °Brix y 70°C), mientras que el de mayor aceptabilidad general fue el tratamiento 5 (50°Brix y 60°C); por lo que se recomienda éste último para su proceso a nivel industrial.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FAO. Prioridad mundial al consumo de fruta y hortalizas. 2003 [Online].  
Disponible:<http://www.fao.org/spanish/newsroom/focus/2003/fruitveg1.htm>
- [2] Singh R., Heldman D. Introducción a la Ingeniería de Alimentos. España: Acribia, S. A. 2009.
- [3] Ocampo, A., Modelo cinético del secado de la pulpa de mango. [Online] 2006.  
Disponible en:  
<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=149216902010>.
- [4] Giraldo, G., Chiralt, A., Fito, P. Deshidratación osmótica de mango (*Mangifera indica*). Aplicación al escarchado. Revista Ingeniería y Competitividad. 2005: 7(1): 44-55.
- [5] Krokida, M., Karathanos, V., Maroulis, Z. y Marinou-Kouris, D. Drying kinetics of some vegetables. Journal of Food Engineering. 2003: 59(4), 391-403.
- [6] Geankoplis, C. Proceso de transporte y operaciones unitarias. Tercera Edición. España: Editorial Acribia. Zaragoza. 1998.
- [7] Xue, K. Optimización del secado por aire caliente de pera, variedad Blanquilla [Tesis doctoral]. España. Universidad Politécnica de Valencia. 2004 [Online].  
Disponible en:  
<http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1834/tesisUPV2195.pdf?sequence=1>
- [8] Fernández, P. Estudio de la impregnación a vacío de miel y su efecto en atributos de calidad de hojuelas de manzana (var. Granny Smith) deshidratadas. [Tesis de grado]. Chile. 2007 [Online].  
Disponible en:  
[http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2007/fernandez\\_p/sources/fernandez\\_p.pdf](http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2007/fernandez_p/sources/fernandez_p.pdf).
- [9] El-Aquar, A.A., P.M. Azoubel y F.E.X. Murr, Drying kinetics of fresh and osmotically pretrated papaya (*Carica papaya* L.). Journal of Food Eng., (59), 85-91.2003.
- [10] Fito, P.J.; Talens, P.; Matinez - Monzó, J. y Chiralt, A. Calculo de la cinética de Deshidratación osmótica con y sin pulso de

- vacío. Taller de Herramientas de Calculo V. Universidad Politécnica de Valencia. 2001.
- [11] Simal, E; Deya, F y Rosello C. Modelamiento simple de cubos de manzana fresca y pretratadas osmoticamente. *Journal of Food Engineering*. 33:(1-2) 139 -150. 1997 [Online].  
Disponible en:  
[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6T8J-3RXPNJ4-C&\\_user=10&](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T8J-3RXPNJ4-C&_user=10&)
- [12] Andrade, E; Teixeira, M, Vilela, S; Antun, M e Ivanilda, M. Influencia del agente osmótico en la composición fisicoquímica y la cinética de la manzana Gala. *Revista Ciênc. Tecnol. Agrarias*. 2008: Vol. 39, No. 1, pp. 173 - 176.
- [13] Vega, A.; Andrés, A.y Fito, P. Influencia de la temperatura en la cinética de secado por aire caliente de pimiento (*Capsicum annuum* L.). Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia – España. 2005.  
Disponible en:  
[http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-7642005000600002&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-7642005000600002&script=sci_arttext).
- [14] Montes, E. y Torres, R. Modelado de la cinética de secado de ñame (*Dioscorea rotundata*) en capa delgada. Laboratorio de Ingeniería Aplicada de la Universidad de Córdoba. 2008 [Online].  
Disponible en:  
<http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v28n2/v28n2a06.pdf>