

## Cinéticas de osmodeshidratación de rodajas de papa (*Solanum tuberosum*). Modelización del proceso.

Gutiérrez Cárdenas M. G\*, Sosa Morales M. E., Cerón García A., Gómez Salazar J A

Departamento de Alimentos. División de Ciencias de la Vida. Universidad de Guanajuato, Campus Irapuato-Salamanca. Carretera Irapuato- Silao Km 9. Gto., México., C.P 36500. [mg.gutierrezcardenas@ugto.mx](mailto:mg.gutierrezcardenas@ugto.mx), [julian.gomez@ugto.mx](mailto:julian.gomez@ugto.mx)

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar las diferentes cinéticas de osmodeshidratación. Las muestras de papa (*Solanum tuberosum*) fueron lavadas con agua destilada y cortadas en forma de rodajas (5 cm diámetro x 3 mm de espesor). La solución osmótica fue preparada con una concentración de 15% sal/50% sacarosa. Las muestras fueron sometidas a diferentes tiempos de tratamiento (10, 20, 30, 40, 50 y 60 min) y temperaturas (25, 45, 65, y 85°C) para después determinarles parámetros cinéticos de pérdida de agua y ganancia de sólidos. El volumen utilizado de solución osmótica fue en una proporción de 1:25 (p/v). La modelización de las cinéticas fue realizada a partir del modelo de Azuara utilizado el cual se ajustó adecuadamente a los datos experimentales, mostrando un coeficiente de correlación superior a 0.98 en todos los casos. El porcentaje de agua pérdida fue aumentando con el tiempo e igualmente con el aumento de temperatura. El porcentaje de ganancia de sólidos se aumentó con el tiempo y con la temperatura las variables de los diferentes pretratamientos aumentaban, así como el porcentaje de ganancia de sólidos..

**Palabras clave:** Papa, pretratamiento, cinéticas de osmodeshidratación, modelización, pérdida de agua, ganancia de sólidos.

### ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the different kinetics of osmodehydration. Potato samples (*Solanum tuberosum*) were washed with distilled water and cut into slices (5 cm diameter x 3 mm thick). The osmotic solution was prepared with a concentration of 15% salt / 50% sucrose. The samples were subjected to different treatment times (10, 20, 30, 40, 50 and 60 min) and temperatures (25, 45, 65, and 85 ° C) then determine kinetic parameters of water loss and gain of solids. The volume used of osmotic solution was in a ratio of 1:25 (w / v). The modeling of the kinetics was performed from the Azuara model used, which was adjusted appropriately to the experimental data, showing a correlation coefficient greater than 0.98 in all cases. The percentage of water loss was increasing with time and with the increase in temperature. The percentage of gain of solids was increased with time and with the temperature the variables of the different pretreatments increased, as well as the percentage of solids gain..

**Keywords:** Potato, pretreatment, kinetics of osmotic dehydration, modeling, water loss, solids gain.

**Categoría:** Frutas y hortalizas

### INTRODUCCION

En México se establecen unas 65,000 ha de papa para consumo. Los estados productores son Sinaloa con el 20% de la superficie, Chihuahua 14%, Sonora 11%, Nuevo León 10%, Guanajuato el 8%; Jalisco, Michoacán, Coahuila y Puebla 5% c/u y otros estados con el 6%. (SAGARPA, 2010). La papa se considera un alimento básico y necesario en la dieta del mexicano, una de las formas de consumo más típicas es frita, por lo cual es importante estudiar los efectos de los pretratamientos (Guzmán et. al., 2012).

La deshidratación osmótica es uno de los métodos de pretratamiento utilizados en el secado y conservación de la papa (Olayemi et. al., 2017; Mohammadpour et. al., 2013). Es una operación que permite eliminar el agua de un alimento al ponerlo en contacto directo con una disolución altamente concentrada. El proceso tiene lugar debido a que el agua del producto (disolución más diluida) se difunde a través de las membranas celulares que son semipermeables, hacia el medio que la rodea (disolución más concentrada) con el fin de establecer el equilibrio (Zapata et. al., 1999)

La cinética de los procesos osmóticos normalmente se expresa en términos de la pérdida de agua, pérdida de peso y ganancia de sólidos. La velocidad de deshidratación o de transferencia de agua del alimento a la disolución

osmótica depende de las características de la materia prima, la composición y concentración del agente osmótico, de la temperatura, los tiempos de tratamiento y la presión.

La deshidratación osmótica es un proceso de transferencia de masa, la pérdida de agua (PA) y el aumento de sólidos (GS) dependen de la fuerza de flujo (Driving Force) y de la resistencia del producto, las cuales son afectadas por las siguientes variables: Materia Prima, Tipo de solución osmótica, Concentración de la Solución Osmótica, Temperatura, entre otras (Maestrelli et. al., 1997; Camacho et. al., 2013; Palou et. al., 1996).

En la actualidad las teorías de cinéticas han sido utilizadas para describir la transferencia de masa. Se pueden realizar modelos matemáticos para describir la cinética de transferencia de masa de deshidratación osmótica y, en consecuencia, para estudiar los efectos de las variables de proceso en el proceso. Los modelos pueden clasificarse como empíricos y semi empíricos, fenomenológicos y mecanicistas. Los modelos empíricos y semi empíricos presentan la ventaja de ser aplicados a geometrías no clásicas, sin tomar en cuenta los mecanismos fenomenológicos en el proceso. Algunos de ellos pueden predecir los valores de equilibrio. Azuara, Peleg, Page, Penetration y Weibull son ejemplos de este tipo de modelos. Los modelos fenomenológicos pueden determinar el coeficiente de difusión, pero requieren los valores de equilibrio y deben usarse para geometrías clásicas. Crank's (1975) es un modelo fenomenológico de uso frecuente, que comprende un grupo de soluciones analíticas basadas en la segunda ley de Fick. Los modelos mecanicistas describen el proceso deshidratación osmótica, considerando la estructura celular de la muestra de alimentos (Assis et. al., 2017).

Olayemi et. al., 2017, utilizaron el modelo de Azuara para determinar los coeficientes de transferencia de masa. Assis et. al., 2017, utilizaron los modelos de Crank, Azuara, Peleg y Page en cinéticas de deshidratación osmótica de cubos de manzana para evaluar la pérdida de agua y ganancia de sólidos. Por otra parte, también se evalúan distintos modelos en la cinética y así poder determinar cuál es que más se ajusta al proceso. La información cinética de los parámetros del proceso es útil para en la optimización del diseño y control del proceso (Olayemi et. al., 2017).

El objetivo de este trabajo es evaluar las cinéticas de deshidratación osmótica sometidas a diferentes condiciones de temperatura y tiempo, así también como evaluar el ajuste de un modelo matemático de Azuara para la optimización del diseño y control del proceso.

### **METODOLOGÍA Y MATERIALES.**

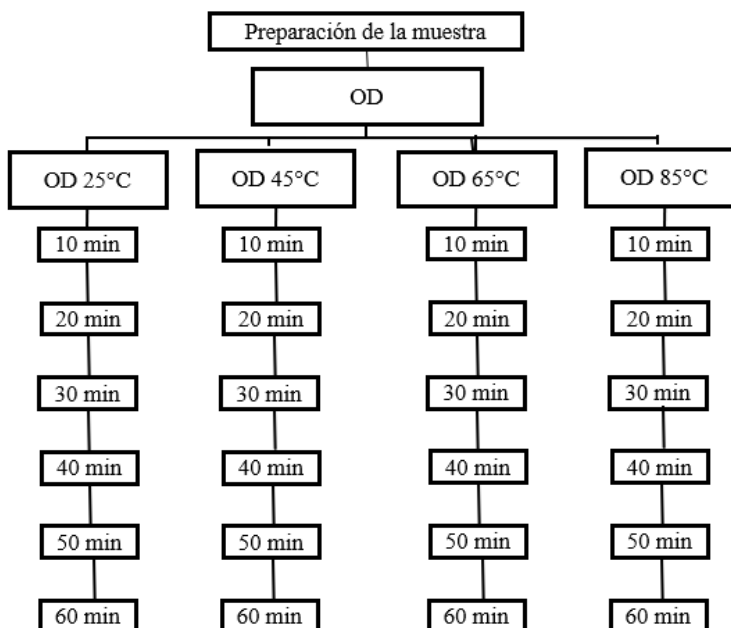
#### **Materias primas.**

Se utilizó papa (*Solanum tuberosum*) variedad fiana obtenida de la Central de Abastos de Irapuato, Gto. Las papas fueron lavadas y cortadas en láminas con un diámetro de 5 cm y espesor de 3 mm. Se utilizó sacarosa y sal comercial para las soluciones osmóticas.

#### **Deshidratación Osmótica**

Las muestras de papa fueron pesadas y luego se sumergieron en un baño con una solución osmótica (50% sacarosa/ 15% sal) por diferentes tiempos (10, 20, 30, 40, 50 y 60 min) y diferentes temperaturas (25, 45, 65 y 86°C). Después las muestras se enjuagaron con agua destilada, se les retiró el exceso de agua y se les determinó la pérdida de agua y el del contenido de sólidos.

**Imagen 1.-** Diseño de las cinéticas para los diferentes tratamientos.



### Determinación de humedad

Se realizó a partir de 10 gr muestra triturada y puestas en charolas a peso constante donde se sometieron en un horno (Shel LAB) a  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  por 24 horas. Se realizó el cálculo para la determinación de humedad (AOAC, 2000).

$$\%HUMEDAD = \left( \frac{P_0 - P_f}{P_0} \right) (100) \quad (1)$$

Dónde:

$P_0$  = Peso inicial de la muestra

$P_f$  = Peso final de la muestra

### Pérdida de agua y ganancia de sólidos

Estos fueron calculados de acuerdo con la metodología empleada por Mohammadpour et. al., 2013, determinados por calculo utilizando los valores de humedad.

Para pérdida de agua:

$$PA = \left( \frac{m_i z_i - m_f z_f}{m_i} \right) \times 100 \text{ (en gr/100 gr de muestra fresca)} \quad (2)$$

Dónde:

$m_i$  = peso inicial de la muestra

$z_i$  = fracción de agua inicial

$m_f$  = peso final de la muestra

$z_f$  = fracción de agua final.

Para ganancia de sólidos:

$$GS = \left( \frac{m_f s_f - m_i s_i}{m_i} \right) \times 100 \text{ (en gr/100 gr de muestra fresca)} \quad (3)$$

Donde:

$m_f$  = peso final de la muestra

$s_f$  = fracción másica final  
 $m_i$  = peso inicial de la muestra  
 $s_i$  = fracción másica inicial

**Modelo de Azuara**

A fin de representar la Pérdida de Agua (PA) y Ganancia de sólidos (GS) se ajustó el modelo de Azuara basado en los balances de masa durante la deshidratación osmótica. La PA y GS son dados por la siguiente ecuación:

$$PA \text{ o } GS = \left( \frac{s.t. \cdot PA_{\infty} \text{ o } GS_{\infty}}{1+s.t} \right) \tag{4}$$

Donde:

$s$  = parámetro relacionado con la tasa de difusión del agua del alimento o la difusión del soluto en el alimento.

$t$  = tiempo

La linealización de la Ec. (4) se realizó para obtener el parámetro relacionado con la tasa de difusión por la siguiente ecuación:

$$\frac{t}{PA \text{ o } GS} = \frac{1}{s(PA_{\infty} \text{ o } GS_{\infty})} + \frac{t}{(PA_{\infty} \text{ o } GS_{\infty})} \tag{5}$$

Donde

PA: Pérdida de agua

GS: Ganancia de sólidos

$s$  = parámetro relacionado con la tasa de difusión del agua del alimento o la difusión del soluto en el alimento

$PA_{\infty}$  = Pérdida de agua en equilibrio

$GS_{\infty}$  = Ganancia de sólidos en equilibrio

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**Modelamiento de las cinéticas**

La adaptación del modelo de Azuara para las cinéticas de osmodeshidratación para determinar la transferencia de masa en la pérdida de agua y ganancia de sólidos en este trabajo, reflejó un alto coeficiente de correlación ( $R^2$ ) por encima de 0.98; esto datos son mostrados en la **Tabla 1**. Esto quiere decir que el modelo empleado se ajustó adecuadamente a los valores experimentales realizados para cada cinética. También se puede observar que la tasa de difusión del modelo ( $s$ ) incrementa conforme la temperatura aumenta tanto para el %PA como para el %GS. Similares ajustes fueron obtenidos con el ajuste del modelo de Azuara para diferentes cinéticas de osmodeshidratación (Olayemi et. al., 2017).

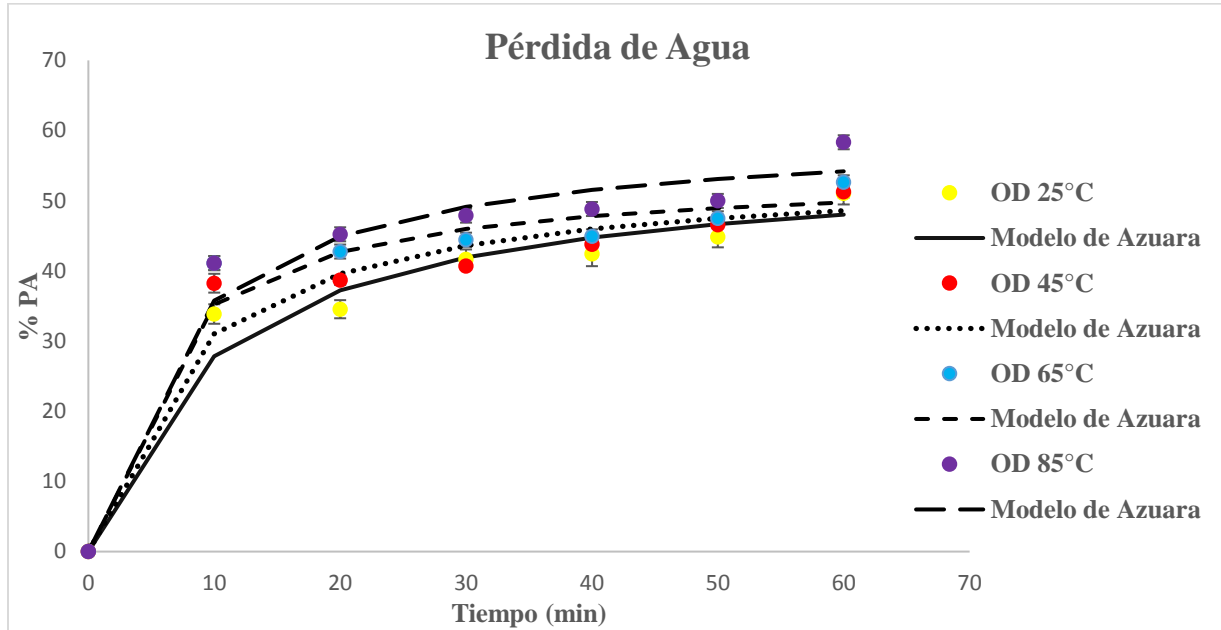
**Tabla 1.-** Efecto de la temperatura de los tratamientos en los valores relacionados con la tasa de difusión del modelo de Azuara ( $s$ ), % de equilibrio para la pérdida de agua (% $PA_{\infty}$ ), % de equilibrio para la ganancia de sólidos (% $GS_{\infty}$ ) y el coeficiente de correlación ( $R^2$ ).

Pretratamientos	Pérdida de agua			Ganancia de sólidos		
	% $PA_{\infty}$	$s$	$R^2$	% $GS_{\infty}$	$s$	$R^2$
<b>OD 25°C</b>	56	0.09	0.98	13	0.02	0.99
<b>OD 45°C</b>	54	0.13	0.98	22	0.02	0.99
<b>OD 65°C</b>	54	0.18	0.98	27	0.03	0.99
<b>OD 85°C</b>	51	0.45	0.99	29	0.06	0.99

**Pérdida de agua y Ganancia de Sólidos**

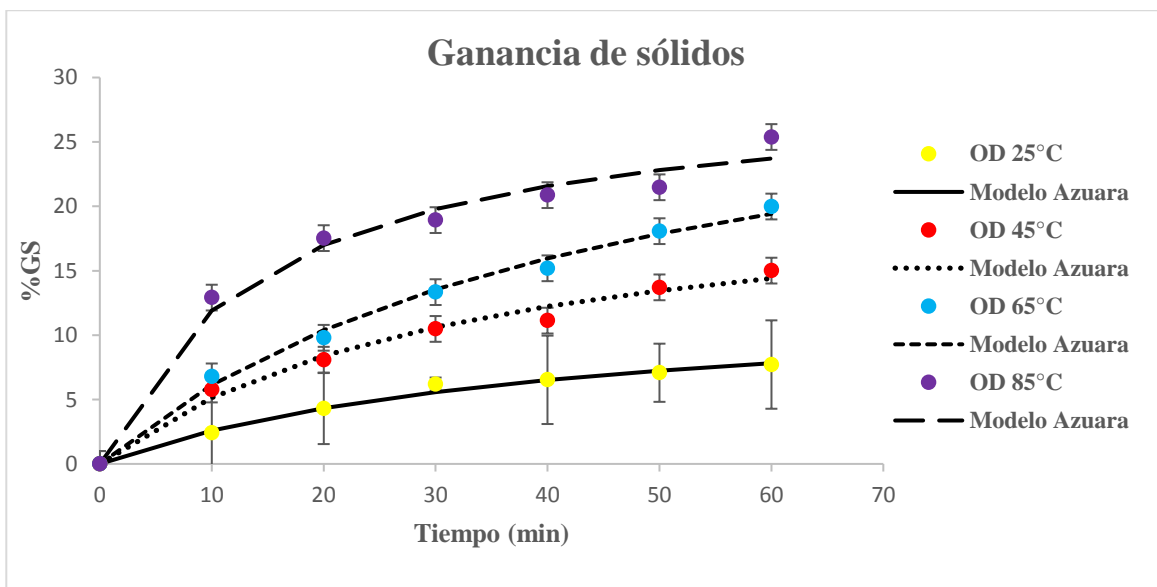
Los experimentos de pretratamiento fueron realizados bajo a diferentes condiciones de tiempo y temperatura. En la **Figura 1** se muestra el porcentaje de Pérdida de Agua durante el tiempo de tratamiento para cada una de las cinéticas y el ajuste del modelo; se puede observar que el tiempo afecta el %PA en las diferentes cinéticas experimentales, a mayor tiempo se incrementa este porcentaje. Igualmente, la temperatura aumentó la pérdida de agua, a mayor

temperatura se observa un mayor incremento de pérdida de agua. La mayor pérdida de agua fue obtenida en el tratamiento con una temperatura de 85°C, lo que refleja la influencia de la temperatura para el incremento de %PA. A modo de ilustración se presenta los ajustes del modelo de Azuara que se relacionan con los valores de R<sup>2</sup> en la **Tabla 1**. Mohammadpour et. al., 2017, obtuvieron resultados similares al realizar cinéticas de deshidratación osmótica en papa sometidas a diferentes parámetros de temperatura y tiempo.



**Figura 1.-** Porcentaje de Pérdida de agua (%PA) de rodajas de papa a diferentes temperaturas y tiempos.

En la **Figura 2** se presenta la ganancia de sólidos en rodajas de papas a diferentes temperaturas y tiempos. Se puede observar que la ganancia de sólidos también incrementa con el tiempo y la temperatura. Es de igual manera el tratamiento con una temperatura de 85°C el que tiene el mayor porcentaje de ganancia de sólidos.



**Figura 2.-** Porcentaje de Ganancia de Sólidos (%GS) de rodajas de papa a diferentes temperaturas y tiempos.

## CONCLUSIÓN

El tiempo y temperatura afectaron en EL %PA y %GS. Donde el incremento del tiempo y la temperatura aumentaron el %PA y %GS de las rodajas de papa para los pretratamientos. El modelo de Azuara se ajustó adecuadamente a los datos experimentales con un coeficiente de correlación por encima de 0.98. La tasa de difusión (s) se incrementó conforme la temperatura aumentaba.

## AGRADECIMIENTOS

A la universidad de Guanajuato- Convocatoria Institucional de Investigación Científica 2018.

## BIBLIOGRAFIA

- Assis, F., Morais, R., & Morais, A. (2017). Mathematical modelling of osmotic dehydration kinetics of apple cubes. *Journal of Food Processing and Preservation*.
- Camacho, G., & Arango, R. (1986). Estudio Preliminar para la Osmodeshidratación Directa de: Curuba, Piña, Guayaba y Brea. En *CURSO TALLER DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DIRECTA DE VEGETABLES* (pág. 12). Santafé de Bogotá.
- Guzmán, L., Acevedo, D., & Granados, C. (2012). Efecto del escaldado, deshidratación osmótica y recubrimiento en la pérdida de humedad y ganancia de aceite en trozos de papa criolla fritas. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 170-176.
- Maestrelli, A. (1997). Fundamentos de la deshidratación osmótica. En A. Maestrelli, *CURSO TALLER DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DIRECTA DE VEGETABLES* (pág. 37). Santafé de Bogotá.
- Mohammadpour, V., Sahin, S., Sumnu, G., Taghi, M., & Luca, A. (2013). Effect of Ultrasound-Assisted Osmotic Dehydration as a Pretreatment on Deep Fat Frying Of Potatoes. *Food Bioprocess Technol*, 3554-3563.
- Olayemi, A., Ma, H., Qu, W., Zhou, C., & Wu, B. (2017). Effects of ultrasound on mass transfer kinetics, Structure, carotenoid and vitamin C content of osmodehydrated sweet potato (Ipomea Batatas). *Food Bioprocess Technol*, 1162-1172.
- Palou, E., López, E., Argáiz, A., & Welti, J. (1996). Procesamiento de Uchuva (Phisalys Peruviana) para Néctar Mermelada y Fruta Osmodehidratada. *CURSO TALLER DESHIDRATAACION OSMOTICA DIRECTA DE VEGETALES*, 3.
- SAGARPA. (2010). *EL CULTIVO DE LA PAPA (Solanum tubersum L)*. México.
- Zapata, J., & Castro, G. (1999). Facultad Nacional Agropecuaria. *Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 451-466.