

DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE PAPAS

Patricia Della Rocca¹, Rodolfo Mascheroni²

(1) Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Departamento de Ingeniería Química, Medrano 951, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1179AAQ

(2) CIDCA, Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología, (CONICET-CCT La Plata y Universidad de La Plata), Calle 47 y 116, La Plata (B1900 AJJ), Pcia de Bs. As

Palabras claves: secado, deshidratación osmótica, deshidratación de papas

Resumen: La deshidratación osmótica de alimentos es un pretratamiento efectivo para posteriores procesamientos finales como secado por aire, al vacío, microondas, congelación, etc. El uso de la deshidratación osmótica en la industria de alimentos mejora la calidad de los alimentos en términos de color, flavour y textura, favorece el ahorro energético al trabajar a temperaturas moderadas, disminuye los costos de distribución y envasado, generalmente no se requieren tratamientos químicos para reducir el pardeamiento enzimático y aumenta la estabilidad del producto debido a una disminución en la actividad de agua. En este trabajo se llevó a cabo la búsqueda de las condiciones óptimas de deshidratación osmótica de papas con el objeto de obtener la mayor pérdida de agua del producto y luego se determinó el coeficiente de difusión del agua para estas condiciones.

1. MARCO TEÓRICO La deshidratación osmótica es una técnica que permite eliminar parcialmente el agua de los tejidos de los alimentos por inmersión en una solución hipertónica sin dañar el alimento y afectar su calidad (Pointing y col, 1966; Mascheroni, 2002). Algunos solutos solubles del alimento se pierden al ser arrastrados por el agua. Asimismo tiene lugar una ganancia de solutos por parte del alimento desde la solución. Se observan significativas modificaciones en el volumen y estructura del alimento. Así como también variaciones apreciables en los valores de los coeficientes de difusión y de transferencia de masa durante el transcurso del proceso.

Los factores que influyen en el proceso de deshidratación osmótica son (Rahman y Perera, 1996):

- a) Tipo de agente osmótico: los más comúnmente usados son la sacarosa para frutas y el cloruro de sodio para vegetales, pescados y carnes; si bien también mezclas de solutos han sido probadas. También se pueden utilizar: glucosa, fructosa, dextrosa, maltodextrina, jarabes de almidón de maíz y sus combinaciones.
- b) Concentración de la solución osmótica: el aumento de la concentración de la solución incrementa la pérdida de agua del producto y la velocidad de secado.
- c) Temperatura de la solución osmótica: afecta la cinética de pérdida de agua y la ganancia de solutos
- d) El pH de la solución: la acidez de la solución aumenta la pérdida de agua debido a que se producen cambios en las propiedades tisulares y consecuentemente cambios en la textura de las frutas y vegetales que facilitan la eliminación de agua
- e) Propiedades fisicoquímicas de los solutos empleados: pesos moleculares, estado

iónico y solubilidad del soluto en el agua.

f) Agitación de la solución osmótica: la deshidratación osmótica puede mejorarse mediante agitación, sin embargo existen casos en que puede dañarse el producto.

g) Geometría del producto: es muy importante ya que variará la superficie por unidad de volumen expuesta a la difusión

h) Relación masa de solución a masa del producto: La pérdida de agua y la ganancia de solutos aumentan con un incremento de la relación masa de solución a masa de producto empleada en la experiencia.

i) Propiedades fisico-químicas del alimento: la composición química (proteínas, carbohidratos, grasas, contenido de sal, etc.), la estructura física (porosidad, arreglo de células, orientación de fibras y tipo de piel) y los pretratamientos como congelación y escaldado pueden afectar la cinética de deshidratación osmóticas.

j) Presión de operación: la transferencia de agua total en la deshidratación osmótica depende de una combinación de dos mecanismos: la difusión y el flujo por capilaridad. Los tratamientos al vacío aumentan el flujo capilar de agua que depende de la porosidad y la fracción de espacios huecos del producto.

2. OBJETIVO DEL TRABAJO: búsqueda de las condiciones óptimas de trabajo (concentración de sacarosa, de sal, temperatura, relación masa de solución a masa de papa, tiempo de deshidratación, etc) y determinación del coeficiente de difusión del agua durante la deshidratación osmótica

3. METODOLOGÍA

Se trabajó con papas, que se pelaron y cortaron manualmente en cubos de 0,6, 1 y 1,2 cm de lado. El exceso de humedad exterior se eliminó mediante secado rápido con papel tissue.

Se prepararon soluciones con sacarosa y sal como solutos. Se trabajó variando la concentración de sacarosa en 10%, 20%, 30%, 40% y 50% m/m y la concentración de sal en 5%, 10% y 20% m/m. La relación masa de solución a masa de papa se varió entre 1,6, 4 y 10. Se analizó cómo influía la modificación de la temperatura (30 y 40 °C) y el tamaño de los cubos (0,6; 1 y 1,2 cm de lado) en la deshidratación osmótica

Al inicio de la experiencia se trabajó con una masa de papa de 270 g y una masa de solución de 1080 g (con una relación masa de solución/masa de papa igual a 4). El sistema se colocó en un vaso de precipitado de 2 l y se agitó a 110 rpm. Se separaron 10 g de papa sin deshidratar para llevar a estufa y hacer humedad inicial. Después cada hora se pesaron la masa de papa total para analizar cómo variaba el peso en el tiempo. Antes de cada pesada se retiraron las papas de la solución, se las enjuagaron con agua destilada y se las secaron con papel tissue. Se pesaron y luego se separaron 5 g de papa para determinar humedad y 20 g de solución para determinar la concentración de sólidos solubles.

El contenido de humedad se determinó a través de la pérdida de peso por desecación en estufa

La evolución de la transferencia de masa con el tiempo se midió a través de la pérdida de peso (WR); contenido de sólidos totales (TS); pérdida de agua (WL); ganancia de sólidos (GS); sólidos solubles de la solución (SS)

$$(1) \quad WR(\%) = \left(\frac{m_i - m_f}{m_i} \right) \times 100$$

m_i = masa inicial de muestra de papa fresca.

m_f = masa de muestra deshidratada osmóticamente a tiempo t

$$(2) \quad TS(\%) = \left(\frac{m_s}{m_o} \right) \times 100 \quad (3) \quad H(\%) = 100 - TS(\%)$$

m_s = masa de muestra seca; m_o = masa de muestra fresca; $H(\%)$ = porcentaje de humedad

$$(4) \quad WL(\%) = \left[\left(1 - \frac{TS^0}{100} \right) - \left(1 - \frac{TS}{100} \right) \left(1 - \frac{WR}{100} \right) \right] \times 100$$

WR = pérdida de peso; TS^0 = contenido de sólidos totales iniciales

$$(5) \quad GS(\%) = \left[\left(1 - \frac{WR}{100} \right) \frac{TS}{100} - \frac{TS^0}{100} \right] \times 100$$

Determinación de sólidos soluble en la solución: La misma se llevó a cabo evaporando la solución. La masa inicial empleada fue de 20 g. La fórmula para su cálculo es:

(6) $SS = \frac{m_{ss}}{m_{is}}$, donde m_{ss} es la masa de sólidos solubles obtenida luego de la evaporación del agua de la solución y m_{is} es la masa inicial de solución empleada

4. RESULTADOS

Para analizar cómo influye en la deshidratación osmótica la variación en la concentración de sacarosa, se varió la misma pero se mantuvo constante la concentración de sal en un 10 % en todas las experiencias.

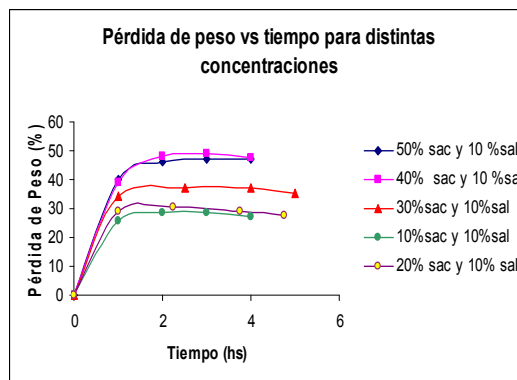


Figura 1

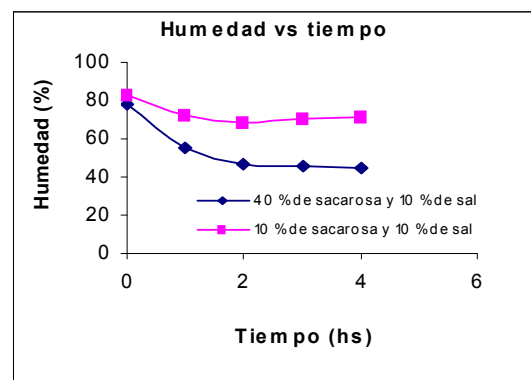


Figura 2

Figura 1 Pérdida de peso vs tiempo para distintas concentraciones de sacarosa la concentración de sal se mantuvo constante en 10 %, $R=4$ y $T=40^\circ\text{C}$ (cubos de 1 cm de lado)

Figura 2 Humedad de la papa versus tiempo para distintas concentraciones de sacarosa en la solución ($R=4$, $T=40^\circ\text{C}$, cubos de 1 cm de lado)

La pérdida de peso aumenta para soluciones de mayor concentración en sacarosa (Fig 1) y las soluciones de 50% y 40% presentan un comportamiento similar. A menor

concentración de la solución, el flujo de agua desde el alimento hacia la solución es menor y por lo tanto el flujo de soluto que circula en contracorriente desde la solución puede tener menor impedimento para poder ingresar a la papa y entonces la ganancia de sólidos es superior. Este fenómeno se puede apreciar en la Fig 1 ya que la pérdida de peso no se mantiene constante luego de las 2 h sino que comienza a disminuir para las soluciones de concentración en sacarosa inferiores. En la Fig 2 puede apreciarse como la humedad de la papa es siempre mayor cuando se deshidrata en una solución de menor concentración ya que se deshidrata menos.

La concentración de sal se modificó a las siguientes concentraciones: 5%, 10% y 20%. La mayor pérdida de peso se aprecia a la mayor concentración de sal. Sin embargo a esta última concentración el sabor del producto es demasiado salado. Luego de pruebas sensoriales del producto que había sido sumergido en distintas soluciones de la misma concentración en sacarosa (40%) y de distintas concentraciones de sal (5%, 10% y 20 %) se pudo apreciar que el sabor dulce que pueda quedarle al producto se enmascara bien al usar una concentración de sal del 10 %.

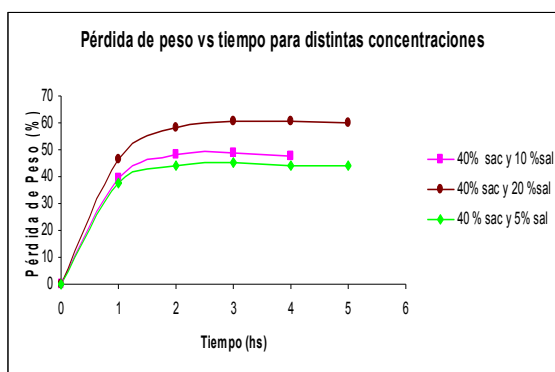


Figura 3 Pérdida de peso versus tiempo durante la deshidratación osmótica a distintas concentraciones de sal (la concentración de sacarosa se mantuvo constante en un 40 %), R=4 y T=40°C (cubos de 1 cm de lado)

La mayor pérdida de peso se presenta luego de transcurridos entre 1,5 a 2 h aproximadamente para las distintas concentraciones de sacarosa en la solución (Fig 1). Para las soluciones de concentración inferiores (30%, 20% y 10%) la pérdida comienza a disminuir luego de las 2 h. Este fenómeno como afirmamos anteriormente podría atribuirse a una impregnación del material con solutos provenientes de la solución.

Transcurridas 2 hs de deshidratación osmótica se tiene la mayor pérdida de peso la que se corresponde con una mayor pérdida de agua y por lo tanto una concentración de sólidos solubles en la solución menor. A medida que transcurre el tiempo la pérdida de agua disminuye y por consiguiente la concentración de sólidos solubles en la solución aumenta hasta hacerse constante (Fig.4 y Fig.5).

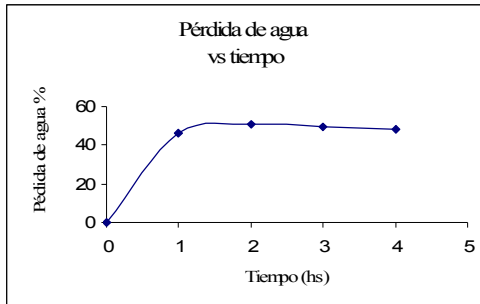


Figura 4

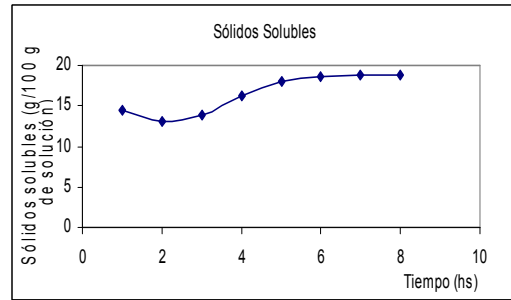


Figura 5

Figura 4 Pérdida de agua versus tiempo durante la deshidratación osmótica de papas en cubos de 1 cm de lado en una solución de concentración en sacarosa del 20 % y de sal del 10 %, R=4 y T=40° C

Figura 5 Sólidos solubles (g de sólidos solubles /100g de solución) versus tiempo durante la deshidratación osmótica de papas en cubos de 1 cm de lado en una solución de concentración en sacarosa del 20 % y de sal del 10 %, R=4 y T=40°C

La pérdida de peso resulta ser superior a medida que aumenta la temperatura.

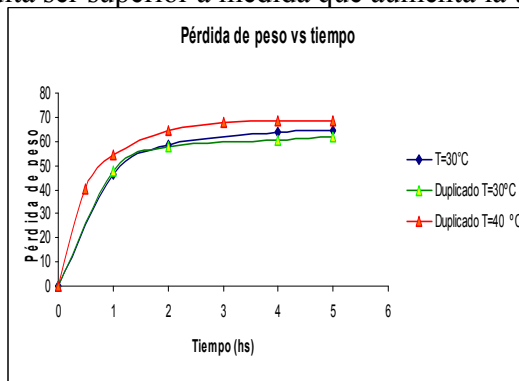


Figura 6 Pérdida de peso versus tiempo durante la deshidratación de papa (cubos de 1cm de lado) en una solución 40 % de sacarosa y 10 % de sal, R=4 a distintas temperaturas (30 y 40 °C)

Se trabajó con distintas relaciones masa de solución a masa de papa (R: 1,6; 4 y 10).

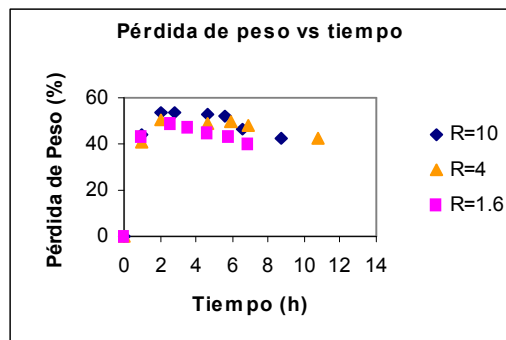


Figura 7 Pérdida de peso versus tiempo durante la deshidratación osmótica de papa (cubos de

1cm de lado) en una solución 40 % de sacarosa y 10 % de sal T= 40 °C a distintas relaciones masa de solución /masa de papa (R)

Cuanto mayor es esta relación superior es la pérdida de peso (Fig. 7). Al utilizar una R=10 se obtiene aproximadamente un 9 % más de pérdida de peso que con R= 4. Sin embargo, se tiene una cantidad de efluente superior difícil de encontrarle un destino determinado. Si se tratase de una solución con sacarosa solamente podría evaporarse parcialmente el agua de la solución y utilizarse esta solución concentrada en la elaboración de mermeladas o jugos de fruta, pero al tratarse de una solución que también contiene sal su reutilización es más difícil de implementar.

En la Fig. 8 se puede apreciar la pérdida de agua para cubos de diferente tamaños

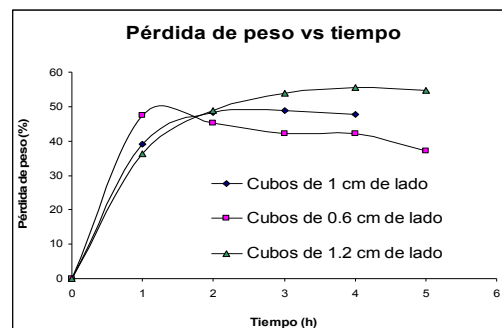


Figura 8 Pérdida de peso versus tiempo durante la deshidratación osmótica de papa en una solución 40 % de sacarosa y 10 % de sal para una R=4, T=40 °C y distintos tamaños de cubos de 0,6 ; 1 y 1,2 cm de lado

Se aprecia en el gráfico dos zonas: una de ellas antes de las 1,8 h en la que se observa que cuanto menor es el tamaño del cubo mayor es la pérdida de agua y también es superior la velocidad de pérdida de la misma; la otra zona después de las 1.8 h en la que se observa una mayor impregnación del sólido con solutos de la solución a medida que el tamaño del cubo es menor (en el gráfico se aprecia una menor pérdida de peso).

Luego de analizar cómo influyen en la deshidratación osmótica la variación de la concentración de la solución en sacarosa (10%, 20%, 30%, 40% y 50%), la concentración de sal (5%, 10% y 20%), la temperatura (30-40°C), la relación masa de solución a masa de papa (R:1.6, 4, 10) y el tamaño de cubos l: 0.6, 1, 1.2 cm) se seleccionó: concentración de sacarosa: 40 %, concentración de sal: 10%, temperatura: 40 °C, relación: 4, tamaño de cubos (l: 1 cm).

Para la estimación de los coeficientes de difusión para el transporte de humedad durante la deshidratación osmótica se aplicó la ecuación correspondiente a la 2° ley de Fick. En el caso de geometría cúbica, la solución de esta ecuación resulta (Crank, 1975):

$$(7) \quad \frac{(H_t - H_\infty)}{(H_0 - H_\infty)} = \sum_{n=1}^{\infty} C_n \exp \left[-D_{ew} t q_n \left(\frac{3}{a^2} \right) \right]$$

H es la humedad y los subíndices: o, ∞ y t se refieren a las condiciones iniciales, de equilibrio y a cualquier tiempo t, respectivamente; a es la mitad del lado del cubo; Dew es la difusividad del agua

Cn se calcula según la siguiente ecuación

$$(8) \quad C_n = \frac{2 \alpha (1 + \alpha)}{(1 + \alpha + \alpha^2 q_n^2)}$$

qn son las raíces positivas no nulas de la ecuación (9) tan $qn = -\alpha qn$
 α es la relación entre el volumen de solución y el volumen del cubo

Cuando el número de Fourier (Fo) es mayor a 0,1 sólo el primer término de la ecuación es significativo y la ecuación se reduce a:

$$(10) \quad \ln \left[\frac{H_t - H_\infty}{H_o - H_\infty} \right] = \ln C_1 - D_{ew} \frac{q_1}{A^2} t$$

Si se grafica el primer miembro de la ecuación anterior versus tiempo, se obtiene una recta de:

$$(11) \text{ pendiente: } \frac{-q_1 D_{ew}}{A^2} = -1,4409 \quad (12) \text{ ordenada al origen: } \ln C_1 = 0,3498$$

A partir de la ecuación (12) se obtiene el valor de C_1 : 1.4188 y para un valor calculado de $\alpha=720$ despejando de la ecuación (8) $q_1 = 1.186$. Con este valor y el de $A^2 = 3/a^2$ donde $a = 1/2$, se reemplaza en la ecuación de la pendiente y se obtiene el valor de $D_{ew} = 0,1012 \text{ cm}^2/\text{h} = 1,687 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{min} = 2.81 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$

5. CONCLUSIONES

Se encontraron las condiciones de deshidratación osmótica óptima de las papas: concentración de sacarosa: 40 %, de sal: 10 %, temperatura: 40 °C, relación masa de solución a masa de papa: 4 y tamaño de cubos de 1 cm de lado.

Se aplicó el modelo de la segunda Ley de Fick para representar el proceso difusivo del agua en el alimento. Empleando las condiciones de operación óptimas, el coeficiente de difusión de agua obtenido en la deshidratación osmótica de papas es de $2.81 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$, del orden de los encontrados en la literatura

6. BIBLIOGRAFÍA.

1. Mascheroni, R.H., (2002). Estudios y desarrollos en deshidratación por métodos combinados. IX Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Buenos Aires, 7-9 Agosto de 2002. Simposio "Avances Tecnológicos en los medios tradicionales de conservación".
2. Rahman, S. and Perera C., (1996). Osmotic dehydration: a pretreatment for fruit and vegetables to improve quality and process efficiency. The Food Technologist, 25: 144-147.
3. Pointing J.D., Watters G.G., Forrey, R.R., Jackson, R., Stanley, W.L. (1966), Osmotic dehydration of fruits, Food Technology, 20, 125.

