

## **DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE LA PIÑA VAR. ESPAÑOLA ROJA PARA SU INCORPORACIÓN A UNA LECHE FERMENTADA**

*José A. Suárez-Morales\**, *Duniel G. Hernández-Arriola*, *María E. Marín-Benítez* y *Guido Riera-González*

*Facultad de Ingeniería Química, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría,  
Marianao 19390, La Habana, Cuba.*

*E-mail: jsuarez@quimica.cujae.edu.cu*

*Recibido: 22-03-2021 / Revisado: 09-04-2021 / Aceptado: 19-04-2021 / Publicado: 30-04-2021*

### **RESUMEN**

El objetivo del trabajo fue determinar las condiciones más adecuadas de deshidratación osmótica como pre tratamiento al secado, con el fin de obtener piña deshidratada, para su incorporación a una leche fermentada. Para la investigación se realizó un diseño de experimento 3<sup>2</sup> con tres temperaturas (30, 40 y 50 °C) y tres concentraciones de jarabe de sacarosa (55, 60 y 65 °Brix) tomando como variables de respuestas la ganancia de sólidos, pérdida de agua y pérdida de peso. Se seleccionó la mejor variante teniendo en cuenta la mayor pérdida de agua, resultando el tratamiento más adecuado cuando el jarabe de sacarosa tiene 65 °Brix y la temperatura es de 50 °C, en estas condiciones la pérdida de agua fue de 62,5 %.

**Palabras clave:** deshidratación osmótica, leche fermentada, piña, diseño experimental.

### **ABSTRACT**

#### **Osmotic dehydration of pineapple var. Red Spanish for their incorporation in to fermented milk**

The aim of this work was to determine the most suitable conditions for osmotic dehydration as a pre-treatment to drying, to obtain dehydrated pineapple, for incorporation into fermented milk. For the research, an experiment design 3<sup>2</sup> was carried out using three temperatures (30, 40 and 50 °C) and three concentrations of sucrose syrup (55, 60 and 65 °Brix) taking as response variables: gain in solids, loss of water and weight loss. The best variant was selected considering the greatest water loss, resulting in the most appropriate treatment when the sucrose syrup has 65 °Brix and the temperature is 50 °C, under these conditions the water loss was 62.5%.

**Keywords:** osmotic dehydration, fermented milk, pineapple, experimental design.

### **INTRODUCCIÓN**

La deshidratación es uno de los medios más efectivos de conservar alimentos y productos agrícolas, habiéndose empleado por la humanidad desde tiempos inmemoriales (1). El método de deshidratación osmótica (DO) consiste en la inmersión de un alimento (entero o en trozos) por un cierto período de tiempo en una solución acuosa, provocando la remoción del agua contenida en el mismo, con aumento simultáneo de sólidos por efecto de la presión osmótica. El mismo permite

---

\***José A. Suárez-Morales:** Graduado de Ingeniería Química en el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (Cujae). Master en Ciencias Técnicas (Cujae). Se desarrolla como profesor de transferencia de calor en el curso regular diurno. Es miembro del comité académico de la maestría Ingeniería Alimentaria.

obtener un alimento de humedad intermedia (2) más estable que el producto fresco y de gran calidad, ya que minimiza el daño por calor y reduce los cambios de color sin necesidad de aditivos (3). La combinación de la DO con un tratamiento posterior de secado por aire caliente aumenta la vida útil y mejora las características sensoriales de los productos tratados. La salida simultánea de agua y una penetración en menor proporción de sólidos es lo más frecuente. Se ha comprobado que la velocidad a la que sale el agua del alimento hacia la solución concentrada es mayor, que la de entrada de sólidos hacia el interior de la pieza de alimento, lo que da como resultado una mayor deshidratación que un aumento de sólidos solubles (1).

Aunque han sido numerosos los estudios realizados sobre la influencia de variables sobre el proceso de DO, es importante identificar las condiciones operacionales con las que se obtengan la mayor transferencia de masa sin afectar significativamente la calidad del producto osmodeshidratado.

El uso de frutas deshidratadas osmóticamente tiene grandes perspectivas como semielaborado en la producción de yogur, ya que estas pueden conservar en gran medida sus características naturales. Por otra parte, se indica que pueden absorber parte del agua de la leche durante la coagulación, y como resultado la disminución de la separación de suero posteriormente durante el almacenamiento (4, 5). Teniendo en cuenta lo anteriormente planteado el presente trabajo tuvo como objetivo establecer las condiciones de deshidratación osmótica como pretratamiento al secado para la obtención de piña que permita su incorporación a una leche fermentada.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se hicieron con piña variedad Española Roja compradas en un mercado local, el día anterior de la realización de las experiencias. La elección de las frutas se basó en sus características de tamaño, coloración y ausencia de defectos superficiales, con el objeto de conseguir la mayor homogeneidad posible de las muestras de partida y reducir de este modo la heterogeneidad en los resultados.

Como agente osmótico se utilizaron soluciones de sacarosa de calidad alimentaria ( $H_{\text{máx}} = 0,2\%$ , residuos no solubles: máx. 25 ppm, grado de polarización = 99,5 %) en agua potable preparando tres concentraciones (55, 60 y 65 °Brix).

Para la deshidratación osmótica de la piña como tratamiento previo al secado se emplearon cubetas de acero inoxidable con capacidad de 10 L. Para la medición de la temperatura durante la pasteurización del jarabe se empleó un termómetro de vidrio con rango de temperatura entre 0 y 120 °C y precisión de 0,1 °C. Se utilizaron bolsas de polipropileno impermeables para el almacenamiento del producto.

Se determinó la microbiología de la fruta deshidratada del mejor tratamiento según la NC 585:2015 (6). La determinación de sólidos solubles se realizó por refractometría en las muestras previamente filtradas con papel de filtro para evitar errores en la lectura de los resultados. Se empleó un refractómetro A. Krüss Optronic (Alemania) atemperado a 20 °C. Para la determinación de humedad se siguió el método 934.06 (7) para frutas ricas en azúcar.

La determinación de la variación de peso se determinó a cada muestra, antes y después de su correspondiente tratamiento con la disolución osmótica, empleando para ello una balanza digital de 0,0001 g de precisión, se utilizó la ecuación 1.

$$\% \Delta M_t = \frac{M_t - M_o}{M_o} * 100 \quad (1)$$

donde  $M_o$ : peso inicial de la muestra,  $M_t$ : peso final de la muestra.

La determinación de la pérdida de agua se realizó teniendo los valores de la fracción másica de agua y del peso de la fruta, antes y después de su respectivo tratamiento, se utiliza la ecuación 2 para determinar el porcentaje de pérdida de agua.

$$\% \Delta M_w = \left( \frac{M_t * x_{wt} - M_o * x_{wo}}{M_o} \right) * 100 \quad (2)$$

donde  $X_{wt}$ : fracción másica de agua de la muestra final,  $X_{wo}$ : fracción másica de agua de la muestra inicial.

Para la determinación de la ganancia de sólidos solubles se tomaron los resultados obtenidos para cada muestra antes y después de su tratamiento, así como los valores de peso, se utiliza la ecuación 3 para determinar el porcentaje de ganancia de sólidos.

$$\% \Delta M_{SS} = \frac{M_t * x_{sst} - M_o * x_{sso}}{M_o} \quad (3)$$

donde  $X_{sst}$ : fracción másica de sólidos solubles final de la muestra,  $X_{sso}$ : fracción másica de sólidos solubles inicial de la muestra.

El porcentaje de acidez de la fruta fue determinado por valoración mediante una solución de NaOH 0,1 N y fenolftaleína como indicador. Se pesaron  $25 \pm 0,01$  g de jugo de piña en un matraz aforado de 250 mL y se completó con agua destilada hasta enrase. De la misma muestra para análisis, se titularon dos partes alícuotas de 100 mL con dos gotas de indicador. La acidez fue expresada en kg/100 kg de jugo según la ecuación 4 teniéndose en cuenta la dilución efectuada:

$$\% \text{ acidez} = \frac{250}{m} V_1 c \frac{100}{V_0} f \quad (4)$$

donde m: masa del zumo (kg),  $V_1$ : volumen de la solución de hidróxido de sodio utilizado para la determinación (mL),  $V_0$ : volumen de la toma para ensayo (mL), f: factor correspondiente al ácido cítrico ( $f = 0,07$ ).

Para la determinación del pH de la fruta se empleó el jugo de la misma con un potenciómetro digital HANNA, introduciendo directamente el electrodo en la muestra.

Para la realización de los experimentos se fijaron los parámetros presión de trabajo (101,3 kPa), tiempo de deshidratación (18 h) y tamaño de los trozos de fruta (0,3 x 0,3 cm), así como la relación fruta:jarabe (1:6).

Para determinar las condiciones bajo las cuales se debe desarrollar la deshidratación osmótica de la piña, de manera que favorezca en mayor medida el proceso, y

afecte lo menos posible las propiedades organolépticas de la fruta, se realizó un diseño de experimento  $3^2$  con tres temperaturas (30, 40 y 50 °C) y tres concentraciones de jarabe de sacarosa (55, 60 y 65 °Brix), para nueve corridas experimentales y réplicas de cada experimento por duplicado.

Las variables respuesta fueron pérdida de peso, pérdida de agua y ganancia de sólidos. Los datos fueron procesados en el programa estadístico Statgraphics Centurion XV ver. 15.02.05 (Statistical Graphics, Rockville, MD, USA).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diseño experimental y su procesamiento permitieron obtener las variables de mayor significación y el modelo que ajusta los datos para las variables estudiadas.

La Tabla 1 muestra la significación estadística de las variables temperatura y concentración del jarabe de sacarosa (Brix) sobre la humedad del producto. En este caso, ambos efectos tienen un valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95 %.

El modelo obtenido fue el siguiente:

$$\text{Humedad} = 46,844 - 2,71833 * \text{Temperatura} - 4,23 * \text{Brix}$$

Las pruebas de ajuste del modelo arrojaron un  $R^2$  igual a 92,38 % de explicación de la variabilidad de la humedad, un error estándar igual a 0,232 mostrando poca variación en los residuos y el estadígrafo de Durbin-Watson (DW) igual a 1,1178 y un valor-P de 0,172, por lo que no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5 %.

**Tabla 1. Análisis de varianza para humedad**

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Temperatura	44,336	1	44,336	8,20	0,0087
Brix	107,357	1	107,357	19,86	0,0043
Error total	32,4312	6	5,4052		
Total (corr.)	184,125	8			

La Tabla 2 presenta la significación estadística de las variables estudiadas sobre la ganancia de peso. Se observa que ambas variables tienen significación estadística al tener un valor-P menor a 0,05 para un nivel de confianza de 95 %. También se observa que la concentración del jarabe de sacarosa (Brix) es el de mayor significación al presentar los menores valores de valor-P, 0,0001 para la interacción lineal y 0,004 para la interacción cuadrática.

Para esta variable se obtuvo el siguiente modelo:

$$\text{Ganancia de Peso} = 29,8 - 1,61667 \cdot \text{Temperatura} + 4,15 \cdot \text{Brix} - 3,55 \cdot \text{Brix}^2$$

Las pruebas de ajuste del modelo arrojaron un  $R^2 = 97,72\%$  de explicación de la variabilidad de la humedad lo que se considera muy bueno, un error estándar igual a 0,81, mostrando poca variación en los residuos, el estadígrafo de Durbin-Watson (DW) igual a 1,97 y un valor-P de 0,56, por lo que no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5 %.

Para el caso de la pérdida de peso (Tabla 3), la significación estadística la presentan la combinación de las variables estudiadas. Para ambos casos el valor-P es menor que 0,05; indicando su significación estadística para un nivel de confianza del 95 %.

**Tabla 2. Análisis de varianza para la ganancia de peso**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Temperatura	15,6817	1	15,6817	23,35	0,0047
Brix	103,335	1	103,335	153,85	0,0001
Brix*Brix	25,205	1	25,205	37,53	0,0017
Error total	3,35833	5	0,671667		
Total (corr.)	147,58	8			

**Tabla 3. Análisis de varianza para pérdida de peso**

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Temperatura * Temperatura	401,201	1	401,201	50,22	0,0004
Brix*Brix	152,892	1	152,892	19,14	0,0047
Error total	47,931	6	7,98851		
Total (corr.)	602,024	8			

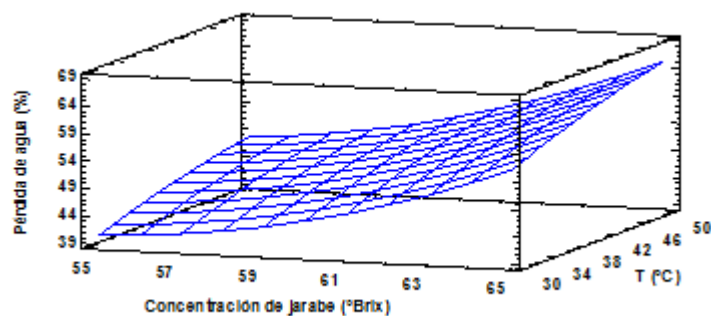
El modelo que se obtiene fue el siguiente:

$$\text{Pérdida de peso} = 27,7233 + 2,14167 \cdot \text{Temperatura}^2 - 10,015 \cdot \text{Temperatura} \cdot \text{Brix}$$

Las pruebas de ajuste del modelo arrojaron  $R^2 = 92,04\%$  de explicación de la variabilidad de la humedad, un error estándar igual a 0,832, lo que mostró poca variación en los residuos, el estadígrafo de Durbin-Watson (DW) igual a 1,703 y un valor-P de 0,219, por lo que no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5 %.

Con los resultados anteriores se puede afirmar que las variables estudiadas, temperatura y la concentración del jarabe de sacarosa presentaron influencia significativa en la deshidratación osmótica de la piña.

La Fig. 1 muestra la superficie de respuesta correspondiente a la pérdida de agua para las temperaturas y concentraciones de jarabe empleadas, puede observarse que a medida que aumentan la temperatura y la concentración de la solución se favorece la pérdida de agua del fruto.



**Fig. 1. Comportamiento de la pérdida de agua con las variables de proceso durante la deshidratación osmótica.**

La pérdida de agua resultó más acentuada cuando se trabajó con la disolución osmótica más concentrada (65 °Brix) y la mayor temperatura (50 °C) obteniéndose para un mismo tiempo de proceso (18 h) un valor de (65,2 %), respecto a los obtenidos a 55 y 60 °Brix (48,5 y 52,6 %, respectivamente) para la misma temperatura. Los niveles más bajos correspondieron a los tratamientos efectuados a la concentración más baja de jarabe (55 °Brix) siendo de 40,2 %.

Este comportamiento puede estar motivado por el incremento de la concentración de la solución debido a que a mayores concentraciones de la solución hay un aumento de lo que origina el aumento de la fuerza impulsora del proceso de difusión, provocada por la gran diferencia de concentración entre la disolución osmótica y el interior de los cubos de la fruta, ya que acelera este proceso (8).

Es importante señalar el efecto positivo que tiene el incremento de la temperatura sobre este proceso, coincidiendo con lo reportado en la literatura al respecto, donde se plantea que al aumentar la temperatura aumenta la presión ejercida en la superficie del producto. Esta presión genera que sus poros se dilaten, convirtiéndolo en más permeable. Asimismo, el incremento de la temperatura aumenta la movilidad de las moléculas y disminuye juntamente con la disminución en la viscosidad del medio osmótico lo que reduce la resistencia externa al transporte de masa en la superficie del producto, facilitando la transferencia de masa a través de la membrana celular (9).

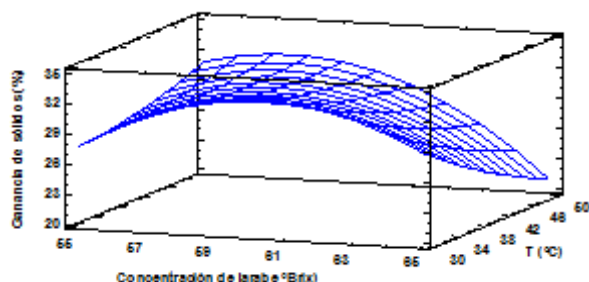
La Fig. 2 muestra la superficie de respuesta correspondiente a la ganancia de sólidos. Se aprecia un comportamiento diferente al experimentado por la pérdida de agua. Aunque pudiera pensarse que al aumentar la concentración del medio debiera aumentar proporcionalmente la entrada de soluto al interior de la fruta, estudios realizados han demostrado que al colocar una fruta en una solución hipertónica la ganancia de sólidos que se produce requiere de otros mecanismos.

Los mayores niveles de ganancia de sólidos se registraron para la concentración media de jarabe (60 °Brix) con valores de 30 y 33 % (para 30 y 50 °C, respectivamente); luego se produce una disminución en la máxima concentración (65 °Brix) con valores de 21,3 y 22,8 % (para 40 y 50 °C, respectivamente). Se observó, además, que al aumentar la temperatura se produce un incremento en la ganancia de sólidos al interior de la fruta que, como se explicaba en la pérdida de agua, favorece la transferencia de masa a través de la membrana. Este comportamiento resulta análogo al reportado en piña, manzana, kiwi y pera (10, 11).

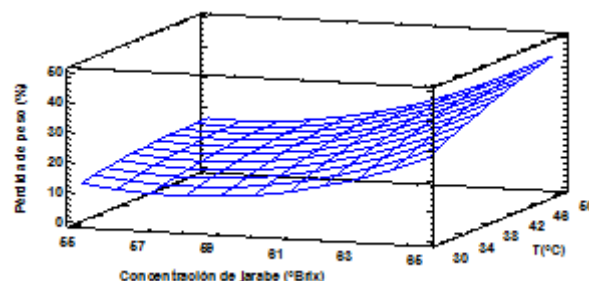
La Fig. 3 muestra la influencia de la temperatura y la concentración de jarabe sobre la pérdida de peso de los cubos de piña.

El comportamiento obtenido indica que la pérdida de peso de la fruta aumenta a medida que se incrementan la temperatura y concentración de la solución, alcanzándose el mayor valor 42,6 % para el tratamiento de máxima concentración (65 °Brix) a 50 °C. Esta





**Fig. 2. Comportamiento de la ganancia de sólidos con las variables de proceso durante la deshidratación osmótica.**



**Fig. 3. Comportamiento de la pérdida de peso con las variables de proceso durante la deshidratación osmótica.**

pérdida de peso es debida mayoritariamente a la mayor pérdida de agua que coincidió con la máxima concentración de la solución y temperatura (65 °Brix/50 °C), lo cual no fue contrarrestado con la ganancia simultanea de sólidos bajo las mismas condiciones de trabajo. Los resultados de los análisis microbiológicos, en todos los casos cumplieron con los parámetros establecidos para este producto.

## CONCLUSIONES

Tanto la temperatura como la concentración del jarabe de sacarosa, presenta significación estadística en la deshidratación osmótica de la piña. Se determinó que el mejor tratamiento para la deshidratación osmótica de la piña fue con solución de jarabe de sacarosa al 65 °Brix y 50 °C, por ser el tratamiento que más pérdida de agua experimentó (62,5 %).

## REFERENCIAS

1. Morgado-Martínez M, Pérez-García GA, Pérez-Luna D, Ávila-Espinosa ME. Deshidratación osmótica de rodajas de fruta bomba (*Carica papaya* L.) cultivar Maradol roja en tres agentes edulcorantes. *Rev Ing Agríc* 2014; 4(1):18-21.
2. Bambicha RR., Agnelli ME, Mascheroni RH. Optimización del proceso de deshidratación osmótica de calabacita en soluciones ternarias. *Avances en Ciencias e Ingeniería* 2012; 3(2):121-36.
3. Giraldo-Bedoya DP, Arango-Velezy LM, Márquez-Cardozo CJ. Osmodeshidratación de mora de castilla con tres agentes edulcorantes. *Rev Nac Agr Medellín* 2004; 57(1):54-67.
4. Ríos M, Márquez C, Ciro V. Deshidratación osmótica de frutos de papaya hawaiana (*Carica papaya* L.) en cuatro agentes edulcorante. *Rev Fac Nac Agron* 2005; 58(2):2989-3002.
5. Nowakunda K, Andrés A, Fito P. Osmotic dehydration of banana slices as a pretreatment for drying processes. En: *The Inter-national Drying Symposium. Brazil: São Paulo; 2004; 14:2077-83.*
6. NC 585:2015. Contaminantes microbiológicos de alimentos. Requisitos sanitarios. Cuba; 2015.
7. NC ISO 750. Productos de frutas y vegetales. Métodos de ensayos. Determinación del contenido de humedad. Cuba; 2001.
8. Ceballos GE. Estudios en papaya mínimamente procesada por deshidratación osmótica (tesis doctoral). España: Universidad de Valencia; 2005. URL:<http://hdl.handle.net/10251/1885>.
9. Barat J. Effect of osmotic solution concentration, temperature and vacuum impregnation pre-treatment on osmotic dehydration kinetics of apple slices. *Food Serv Technol Int* 2001; 7(5): 451-6.
10. Torres JD. Optimización de las condiciones de operación de tratamientos osmóticos destinados al procesado mínimo de mango (*Mangifera indica* L.)(tesis de doctorado). España: Universidad Politécnica de Valencia; 2007.
11. Ramallo L, Schvezov C, Mascheroni R. Mass Transfer during osmotic dehydration of pineapple. *Food Sci Technol Int* 2004; 10(5):323-32.