

EFFECTS OF SYRUP COMPONENTS IN PAPAYA OSMOTIC DEHYDRATION

EFFECTS OF SYRUP COMPONENTS IN PAPAYA OSMOTIC DEHYDRATION

Luz Marina Carvajal de Pabón*, José Edgar Zapata, Nelly Ospina.
Andrea Zuluaga Mazo, Sara Luz Restrepo.

SUMMARY

This article reports the study of the effect of syrup components in the Hawaiian papaya osmotic dehydration (*Carica papaya*); the measured variables were: percentage in weight loss (%PP) in the fruit, decrease of both the pH (CpHsyrup) and the Brix degrees (CBjsyrup) of the syrup. The osmo-dehydrants used and their corresponding concentrations were: sodium chloride (NaCl) (0.5 - 1,5 g/ml), ethanol (1.5 - 3.5 g/l), calcium chloride (CaCl₂) (0.5 - 1.5 g/l), glucose (2.5 - 7.5 g/l), glycerol (1.5 - 3 g/l) y etilenglicol (2.5 - 5 g/l). The objective was to establish a mixture with organoleptic characteristics acceptable for the product, with a good performance in the evaluated physical chemical parameters (%PP, CpHsyrup and CBsyrup). The results showed that among the six solutes used in this experiment, sodium and calcium chloride showed significant effects. These salts increased release of the fruit acids, which is not favorable for the conservation of the product, provided that they affect their organoleptic properties as well as the susceptibility to the attack by deteriorating agents; a reason by which its presence in the syrup should be minimized. On the other hand, calcium chloride increased PP fruit %, that is directly related with the degree of dehydration obtained. The quantity of calcium chloride requested for the best dehydration of the product with the minimum release of acids, was of about 1,1 g/100 ml.

KEY WORDS: *Osmotic pressure, osmo-dehydration, Carica papaya*

RESUMEN

En el presente trabajo se estudió el efecto de los componentes del jarabe en la deshidratación osmótica papaya hawaiana (*Carica papaya*); las variables medidas fueron: porcentaje de pérdida en peso (%PP) en la fruta, caída tanto del pH del jarabe (CpHjarabe) como de los grados Brix del jarabe (CBjarabe). Los sustratos usados como osmodeshidratantes y sus respectivas concentraciones fueron: cloruro de sodio (NaCl) (0.5 - 1,5 g/ml), etanol (1.5 - 3.5 g/l), cloruro de calcio (CaCl₂) (0.5 - 1.5 g/l), glucosa (2.5 - 7.5 g/l), glicerol (1.5 - 3 g/l) y etilenglicol (2.5 - 5 g/l). El objetivo fue establecer una mezcla que presentara características

organolépticas aceptables en el producto, con un buen desempeño en los parámetros físico-químicos evaluados (%PP, CpHjarabe y CBjarabe).

Los resultados mostraron que de los seis solutos usados en este trabajo, dos presentaron efectos significativos: el cloruro de sodio y el cloruro de calcio. Estas sales incrementan la liberación de ácidos de la fruta, siendo esto desfavorable para la conservación del producto, ya que se afectan sus propiedades organolépticas y la susceptibilidad al ataque por agentes de deterioro, por lo cual se debería minimizar su presencia en el jarabe. Por otro lado, el cloruro de calcio incrementa el % PP de la fruta, que está directamente relacionado con el grado de deshidratación obtenido. La cantidad de cloruro de calcio para obtener la mejor deshidratación del producto con la mínima liberación de ácidos, se predijo estar en una concentración alrededor 1,1 g/100 ml.

PALABRAS CLAVES: *Presión osmótica, osmodeshidratación, Carica papaya*

INTRODUCCIÓN

La Deshidratación Osmótica es un método de conservación no térmico de alimentos, que consiste en sumergir el producto alimenticio en una solución altamente concentrada en solutos (jarabe). La deshidratación del producto se presenta por la osmosis del agua desde el interior hacia el exterior de las membranas celulares, las cuales son semipermeables, por lo que dejan pasar el agua y en menor medida el soluto, presentándose como efecto neto una disminución de la concentración de agua en el interior del producto (1).

La fuerza motriz de la deshidratación osmótica es la diferencia en potencial químico del agua entre el interior y exterior de las membranas celulares. Esta diferencia genera la transferencia de masa desde la región de mayor potencial químico en el interior, hacia la de menor potencial en el exterior del producto, transferencia que prosigue hasta que los potenciales químicos en ambos lados de la membrana se equilibran (2).

Para la deshidratación osmótica la estructura celular del producto debe ser rígida o semi-rígida, para evitar que la fruta se difunda completamente en el jarabe (3). La solución osmodeshidratante debe ser compatible con el alimento para evitar que se alteren desfavora-

blemente las características del producto. La temperatura, la presión de trabajo, el tipo de soluto, la concentración de la solución y la relación fruta jarabe son las variables más importantes, porque afectan la salida del agua, la pérdida de peso y la entrada de sólidos en el producto (3, 4, 5, 6, 7).

El tipo de soluto usado influye sobre el desarrollo del proceso y sobre las propiedades organolépticas del producto, afecta las velocidades de pérdida de peso, la pérdida de humedad y la ganancia de solutos; también genera cambios en las características organolépticas del producto (3). Además, el costo del soluto es el componente más importante del costo del proceso global en deshidratación osmótica (5).

Se han utilizado diferentes tipos de solutos para la deshidratación como son: Sacarosa, almidón, miel de abejas, azúcar invertido, glicerol, cloruro de calcio, cloruro de sodio, etilenglicol, etanol, lactosa, fructosa, glucosa, panela, entre otros (8).

Dependiendo de la naturaleza química de los compuestos empleados para preparar el jarabe, estos van a ejercer una cierta presión osmótica. Algunos autores expresan esta fuerza osmótica en términos de la osmosidad, término que equivale al número de moles de cloruro de sodio necesarias para obtener una solución con la misma presión osmótica de la solución en es-

tudio (9). Esta osmosidad será mayor si el peso molecular del compuesto es más bajo y si su capacidad ionizante es alta. En la tabla 1 se presentan las osmosidades de algunos solutos usados en deshidratación osmótica (9).

Tabla 1. Osmosidad de solutos usados en deshidratación osmótica

Gramos de soluto/100 g de Sln	1	5	10	15	20
Solutos					
Cloruro de sodio	0.172	0.885	1.832	2.845	3.927
Etanol	0.166	0.611	1.288	2.031	2.285
Cloruro de calcio	0.127	0.688	1.655	2.871	
Etilenglicol	0.085	0.460	0.987		
Glicerol	0.058	0.315	1.679	1.088	1.552
Fructosa	0.030	0.159	0.349	0.550	
Glucosa	0.030	0.159	0.342		
Sacarosa	0.015	0.084	0.181	0.295	0.428

En el presente trabajo se estudió el efecto de los componentes del jarabe sobre algunas de las variables de importancia en la deshidratación osmótica, las cuales son: porcentaje de pérdida en peso (%PP) en la fruta, caída del pH del jarabe (CpHjarabe) y caída de los grados Brix del jarabe (CBjarabe). Los sustratos usados como osmodeshidratantes fueron: cloruro de sodio (NaCl), etanol, cloruro de calcio (CaCl₂), glucosa, etilenglicol y glicerol. El objetivo fue diseñar una solución que presentara características organolépticas aceptables, en el producto, con un buen desempeño en los parámetros fisicoquímicos evaluados (%PP, CpHjarabe y CBjarabe). La mezcla seleccionada se llevará a un estudio posterior en el cual se evaluará el comportamiento cinético de la papaya osmodeshidratada en ella.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de las muestras de Papaya: Se utilizó papaya hawaiana (*Carica papaya*), procedente de la plaza mayorista de la ciudad de Medellín. Cada pieza tenía un peso promedio de 300 g, con un grado de madurez de 50 %, seleccionada visualmente usando la carta de

maduración (10). Las unidades se lavaron con detergente alcalino, se desinfectaron con solución en etanol de cloruro de alquil dimetil bencilamonio y cloruro de alquil dimetil etilbencilamonio al 4 % y se cortaron en lonjas de 5 mm descartando las semillas y la fibrosidad interna.

Preparación de los jarabes: Los sustratos usados como osmodeshidratantes y sus respectivas concentraciones fueron: cloruro de sodio (NaCl) (0.5 – 1,5 g/ml), etanol (1.5 – 3.5 g/l), cloruro de calcio (CaCl₂) (0.5 – 1.5 g/l), glucosa (2.5 – 7.5 g/l), glicerol (1.5 – 3 g/l) y etilenglicol (2.5 – 5 g/l). Todos los jarabes se prepararon con la adición de estas cantidades de solutos en una solución de 50 % en sacarosa (50 ° Brix), ya que ésta es el soluto de mayor uso en la deshidratación osmótica, por ser de bajo costo y de muy buen comportamiento en cuanto a propiedades organolépticas se refiere (9).

Inmersión de la fruta en el jarabe: Una vez cortadas las lonjas, se pesaron muestras de 50 g, se colocaron en mallas plásticas y se sumergieron en 200 ml de jarabe (relación fruta/jarabe 1 : 4), dejándolas deshidratar por 24 horas, a temperatura ambiente (20 °C), al cabo de las cuales

se tomaron lecturas de peso de las muestras, pH del jarabe y grados Brix del jarabe. Los ensayos en cada jarabe se hicieron por triplicado.

Determinaciones analíticas: Una vez deshidratadas las muestras de papaya, se sacaron del jarabe, se dejaron escurrir por 2 minutos y se pesaron en una balanza analítica marca Brain Weigh B 1500 D. Se midieron los grados Brix en un refractómetro marca Abbe 31 y el pH de jarabe se tomó en un pH-metro marca Schott Gerate.

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Se adoptó un diseño factorial completo 2^k (11), con 6 factores y dos niveles de cada uno, tomando como factores los diferentes sustratos (cloruro de sodio, etanol, cloruro de calcio, glucosa, etilenglicol y glicerol). Se evaluó el efecto de los factores sobre las variables respuesta (%PP de la fruta, CpHjarabe y CBjarabe). El ajuste estadístico fue hecho con el software ESTAT – EASE de Design – Expert, versión 5.0. El diseño factorial completo se hizo por duplicado. Los datos experimentales obtenidos del diseño factorial fueron ajustados al polinomio en la ecuación 1 (11).

$$\text{Variable Respuesta} = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \alpha_3 X_3 + \alpha_4 X_4 + \alpha_5 X_5 + \alpha_6 X_6 + \alpha_{12} X_1 X_2 + \alpha_{13} X_1 X_3 + \alpha_{23} X_2 X_3 + \alpha_{123} X_1 X_2 X_3 + \dots + \alpha_{123456} X_1 X_2 X_3 X_4 X_5 X_6 \quad (1)$$

Donde: α_i son las constantes de ajuste.

X_i son las variables codificadas.

La codificación de las variables se realizó según lo indica la ecuación 2.

$$X_i = \frac{2C_i - C_i^h - C_i^l}{C_i^h - C_i^l}, \quad i=1, 2, 3. \quad (2)$$

Donde C_i , C_i^h y C_i^l , son los factores en el valor dado, alto y bajo respectivamente.

Las variables respuesta se definieron como descenso en el valor de una propiedad ya fuera en la fruta o en el jarabe. La expresión para calcular las variables respuesta, es del tipo de la presentada en la ecuación 3.

$$\%PP = \frac{W_i - W_f}{W_i} * 100$$

Donde:

%PP = Porcentaje en descenso de la propiedad (peso, pH ó grados Brix)

W_i = Valor inicial de la propiedad.

W_f = Valor de la propiedad al tiempo t.

RESULTADOS

En la tabla 2 se presentan los niveles de los factores en términos de sus valores reales y codificados.

Tabla 2. Niveles de los factores del diseño factorial 2^6 .

FACTOR	NIVELES REALES		NIVELES CODIFICADOS	
	BAJO	ALTO	BAJO	ALTO
NaCl (g/200 ml)	1	3	-1	+1
Etanol (g/200 ml)	3	7	-1	+1
CaCl ₂ (g/200 ml)	1	3	-1	+1
Glucosa (g/200 ml)	5	15	-1	+1
Glicerol (g/200 ml)	3	6	-1	+1
Etilenglicol (g/200 ml)	5	10	-1	+1

En la tabla 3, se presenta el diseño factorial completo 2^k , con las corridas en forma aleatoria y los resultados de la evaluación.

Tabla 3. Diseño factorial completo 2^k y los resultados de la evaluación.

NaCl	Etanol	CaCl ₂	Glucosa	Etilenglicol	Glicerol	%PP	CBJarabe	CpHjarabe
3.00	7.00	3.00	5.00	3.00	10.00	27.14	16	42.84
1.00	7.00	1.00	5.00	6.00	5.00	11.75	13.94	30.53
3.00	3.00	3.00	15.00	6.00	5.00	30	18.33	42.63
1.00	7.00	3.00	5.00	3.00	5.00	29.69	13.21	43.02
1.00	3.00	1.00	15.00	3.00	10.00	22.34	18.18	26.63
1.00	7.00	1.00	5.00	3.00	10.00	25.53	11.79	34.48
1.00	7.00	3.00	15.00	3.00	10.00	33.95	13.08	42.69
3.00	7.00	3.00	15.00	3.00	5.00	27.95	18.22	44.81
1.00	7.00	1.00	15.00	6.00	10.00	22.58	15.95	30.59
1.00	3.00	3.00	15.00	6.00	10.00	33.09	16.25	45.53
1.00	3.00	1.00	5.00	6.00	10.00	19.06	16.04	27.02
1.00	7.00	1.00	15.00	3.00	5.00	14.29	14.73	31.32
3.00	7.00	1.00	5.00	6.00	10.00	30.2	13.76	32.9
3.00	7.00	1.00	15.00	6.00	5.00	22.84	17.75	39.8
3.00	3.00	1.00	15.00	6.00	10.00	29.68	17.01	42.66
3.00	3.00	1.00	5.00	3.00	10.00	30.98	12.67	43.42
3.00	3.00	3.00	15.00	3.00	10.00	32.43	13.47	47.3
1.00	3.00	1.00	5.00	3.00	5.00	26.81	13.81	30.73
3.00	7.00	1.00	15.00	3.00	10.00	21.23	14.1	31.5
3.00	7.00	3.00	15.00	6.00	10.00	34.61	15.29	42.48
1.00	3.00	1.00	15.00	6.00	5.00	32.83	12.72	27.34
1.00	3.00	3.00	15.00	3.00	5.00	32.56	15.38	40.45
3.00	3.00	3.00	5.00	6.00	10.00	24.65	20.61	48.85
3.00	3.00	3.00	5.00	3.00	5.00	28.19	12.61	48.73
1.00	7.00	3.00	5.00	6.00	10.00	29.15	14.48	42.91
3.00	7.00	1.00	5.00	3.00	5.00	18.24	14.88	42.39
1.00	3.00	3.00	5.00	6.00	5.00	30.89	15.53	40.58
1.00	3.00	3.00	5.00	3.00	10.00	29.97	13.57	46.43
3.00	3.00	1.00	5.00	6.00	5.00	27.31	10.7	40.08
3.00	3.00	1.00	15.00	3.00	5.00	19.34	14.35	28.1
1.00	7.00	3.00	15.00	6.00	5.00	35.52	14.96	41.36
3.00	7.00	3.00	5.00	6.00	5.00	27.59	15.93	44.86

El análisis de varianza del diseño factorial completo 2^6 , entregó diferentes efectos de cada factor según la variable respuesta que se estuviera evaluando.

Caída de pH del jarabe: Los resultados del análisis de varianza para la caída del pH del jarabe se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados del análisis de varianza del diseño factorial 2^6 , con respecto a la caída del pH del Jarabe. $R^2 = 0,7616$; $F = 16,62$ Con 5 Y 26 grados de libertad; $CV = 9,54$.

Factor	Coeficiente	Valor - T	Valor - P
Intercepto	38.90		
A - NaCl	2.55	3.89	0.0006
B - Etanol	-0.25	-0.38	0.7063
C - CaCl_2	5.19	7.91	<0.0001
F - Glicerol	0.36	0.55	0.5886
BF	-1.47	-2.23	0.0343

Los coeficientes de la tabla 4 corresponden a los factores en términos de sus valores codificados. La ecuación para los factores en términos de los valores reales se presenta como la ecuación 4.

$$\begin{aligned} \text{CpHjarabe} = & 11.98 + 2.55 * \text{NaCl} + \\ & 2.07 * \text{Etanol} + 5.19 * \text{CaCl}_2 + \\ & 1.61 * \text{Glicerol} - 0.29 * \text{Etanol} * \text{Glicerol} \end{aligned}$$

En la tabla 4 se observa que los factores con efectos estadísticamente significativos son el NaCl ($P = 0,0006$), el CaCl_2 ($P < 0,0001$), ambos con efecto positivo sobre la caída del pH en el jarabe; y existe una interacción de efecto negativo entre el Etanol y el Glicerol ($P=0.0343$).

Estos resultados indican que el aumento en la concentración de sales (NaCl y CaCl_2), aumenta la caída del pH del jarabe, lo que está directamente relacionado con la salida de áci-

dos orgánicos de la fruta hacia el jarabe durante el proceso de deshidratación osmótica. Este fenómeno es indeseable porque afecta las características organolépticas de la fruta y su estabilidad, al generar aumentos de pH en ella por la salida de ácidos. Por lo cual sería deseable disminuir la presencia de sales en el jarabe si se quiere minimizar la salida de ácidos de la fruta hacia el jarabe.

La interacción entre el glicerol y etanol tiene un efecto negativo sobre el CpHjarabe, por lo cual esta interacción muestra una tendencia a proteger la fruta de la pérdida de ácidos y puede ayudar a su estabilidad y calidad final.

% Pérdida en peso: El único factor que presentó efecto estadísticamente significativo, sobre esta respuesta fue el CaCl_2 . El análisis de varianza para esta respuesta se presenta en la tabla 5.

Tabla 5. Resultados del análisis de varianza del diseño factorial 2^6 , respecto al %PP. $R^2 = 0,3643$; $F = 17.19$ con 1 y 30 grados de libertad; $CV = 17,78$.

Factor	Coeficiente	Valor - T	Valor - P
Intercepto	26.95		
C - CaCl_2	3.51	4.15	0.0003

Los coeficientes en la tabla 5 corresponden a los factores en sus valores codificados. La ecuación para los factores en términos de los valores reales se presenta como la ecuación 5.

$$\%PP = 19.93 + 3.51 * CaCl_2 \quad (5)$$

La tabla 5 indica que la concentración de $CaCl_2$ tiene un efecto positivo estadísticamente significativo ($P = 0,0003$) sobre el %PP de la fruta en el proceso de deshidratación osmótica. Es decir, se podría incrementar el %PP al aumentar la concentración de cloruro de calcio. Este resultado se explica a partir del efecto sinérgico entre el azúcar y la sal, los cuales actúan conjuntamente para aumentar la potencia de la deshidratación (3), además esta mezcla disminuye marcadamente la actividad acuosa del producto (12). Esto representa una ventaja en el proceso, ya que se pueden mejorar los niveles de deshidratación al mezclar el $CaCl_2$ con los solutos tradicionalmente usados en deshidratación osmótica, como la sacarosa.

La disminución de peso de la fruta (%PP), está asociada directamente con la disminución de humedad en ella, puesto que de todos los componentes que salen durante la deshidratación osmótica, el más importante y que sale en mayor cantidad es el agua (3). Este fenómeno es favorable para la conservación del producto, pero el cloruro de calcio puede tener efectos desfavorables sobre la pérdida de acidez, como se observó en la tabla 4, por lo cual se debe buscar la mejor concentración de cloruro de calcio de tal forma que la salida de ácidos sea mínima y la disminución del peso sea máxima.

Descenso de los grados Brix del jarabe:

De los seis factores evaluados, ninguno presentó efectos estadísticamente significativos sobre esta variable respuesta.

El etanol afecta negativamente el sabor y solo tiene efecto sobre la CpH_{jarabe} por medio de una interacción, por lo cual se considera una sustancia que debería utilizarse en su mínima concentración.

El $CaCl_2$ tiene el inconveniente que afecta las características organolépticas de la fruta, incluso en muy bajas concentraciones, además del efecto adverso con respecto a la salida de ácidos de la fruta que se observó en la tabla 4.

Como se observa en las tablas 4 y 5 el $CaCl_2$ es el único componente del jarabe que tiene efecto sobre el %PP y sobre el CpH_{jarabe} , por lo cual a pesar de la baja correlación observada en la tabla 5 (36.43%) resulta de interés buscar la concentración de $CaCl_2$ que permita obtener el máximo %PP con la mínima pérdida de acidez de la fruta (mínima CpH_{jarabe}). Para lograrlo se aplicó un proceso de optimización a los datos del diseño factorial completo 2^6 . En este proceso se mantuvo la concentración de etanol y de NaCl en los valores mínimos planteados y los demás componentes (glicerol, etilenglicol y glucosa), por no tener un efecto directo sobre las variables respuesta, en valores aleatorios dentro del rango planteado. Los resultados de esta optimización se presentan en la tabla 6.

Tabla 6. Optimos locales para la deshidratación osmótica de papaya a partir de los resultados del diseño factorial completo 2⁶.

Sln	NaCl	Etanol	CaCl ₂	Glucosa*	Etilenglicol*	Glicerol	%PP	CpHjarabe
1	1.00	3.00	1.17	5.07	3.29	5.00	24.0461	30.4868
2	1.00	3.00	1.22	13.22	4.58	5.00	24.1983	30.7116
3	1.00	3.00	1.24	9.87	4.12	5.03	24.2785	30.8511
4	1.00	3.00	1.39	11.78	5.47	5.00	24.8087	31.6134
5	1.00	3.00	1.15	5.60	4.66	5.00	23.9823	30.9302
6	1.00	3.00	1.09	8.28	6.00	6.79	23.739	31.344
7	1.00	3.00	2.18	11.28	6.00	5.00	27.5644	35.6847
8	1.00	3.00	1.55	15.00	6.00	7.57	25.3856	34.3444
9	2.11	3.02	1.01	15.00	3.00	5.00	23.4787	32.4892
10	2.72	3.00	1.38	5.47	6.00	5.00	24.7842	35.971

* No tienen efecto sobre los resultados de la optimización.

El proceso de optimización (tabla 6) muestra que para una mínima CpHjarabe de 30,4 %, los valores máximos de %PP que pueden obtenerse son de 24,0% (solución 1, tabla 6). Podrían obtenerse combinaciones de las variables que presenten menores CpHjarabe o mayores %PP, pero las combinaciones en la tabla 6 representan las que teóricamente cumplen con los mejores valores de las dos respuestas combinadas.

CONCLUSIONES

La concentración de los componentes del jarabe influye sobre los resultados del proceso de deshidratación osmótica de papaya. Su efecto depende de la naturaleza de la sustancia usada como soluto. Las sales como el cloruro de sodio y el cloruro de calcio, tienen un efecto importante sobre la salida de ácidos orgánicos de la fruta hacia el jarabe. Sustancias como el glicerol, el etilenglicol, la glucosa y el etanol, no tienen efectos sensibles en el rango usado en este trabajo.

De los seis solutos estudiados, los dos con efectos significativos fueron el cloruro de sodio y calcio. Estas sales incrementan la salida de ácidos de la fruta, lo que es desfavorable para la

conservación del producto por medio de este método, ya que ello afecta sus propiedades organolépticas y la susceptibilidad al ataque por agentes de deterioro. Por lo cual se debería minimizar su presencia en el jarabe.

Para las condiciones del presente trabajo la concentración de cloruro de calcio para obtener la mejor deshidratación del producto con la mínima salida de ácidos es una concentración alrededor de 1,1 g/100 ml (solución 1, tabla 6).

Por su efecto negativo sobre las propiedades organolépticas la concentración de cloruro de calcio que se vaya a usar en un proceso de deshidratación osmótica, debe ser evaluada para garantizar que no afecte las características de sabor del producto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Comité De Desarrollo de La Investigación (CODI) de la Universidad de Antioquia el apoyo financiero y a los estudiantes: Paula Andrea Osorio, Rubén Herrera, Geziel Octavio Patiño, Uriel Stuart Zapata, Diana María Granda por su valiosa colaboración.

BIBLIOGRAFÍA

1. ZAPATA, J. y CASTRO, G. Cinética de la Deshidratación Osmótica de Piña con Alcohol Etílico como Osmodeshidratante. En: Revista Facultad de Ingeniería. Vol. 11, No. 1 (1999) pp 7 - 19.
2. ZAPATA, J. y CASTRO, G. Deshidratación Osmótica de Frutas y Vegetales. En: Revista Facultad Nacional de Agronomía. Vol. 52, No. 1 (1999) pp 451 - 466.
3. MAESTRELLI, A. Fundamentos de la Técnica de Deshidratación Osmótica de Frutas. En: Curso Taller: Deshidratación Osmótica Directa de Vegetales. (1997: Santa Fe de Bogotá). Memorias del Curso Taller Deshidratación Osmótica Directa de Vegetales. Santa Fe de Bogotá: Universidad Nacional de Colombia ICTA - IILA, 1997.
4. PANADÉS, G., TRETO, O., FERNANDEZ, C., CASTRO, D. y NUÑEZ, M. Pulse Vacuum Osmotic Dehydration of Guava. En: Food Science And Technology International. Vol 2, 1996. P 301 - 306.
5. CASTRO, D., TRETO, O., FITO, P., PANADES, G., NUÑEZ, M., FERNANDEZ, C. y BARAT, M. Deshidratación Osmótica a Vacío Pulsante: Estudio de las Variables del Proceso. En: Alimentaria. Mayo (1997).
6. PALOU, E. LOPEZ, A. ARGÁIZ, A. y WELTI, J. Deshidratación Osmótica de Papaya: Efectos de la Concentración del Jarabe. En: Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Vol. 33, No. 6 (1993); P 621 -629.
7. RONCEROS, B., MOYANO, P. y KASAHARA, I. Cinética de Pérdida de agua Durante la Deshidratación Osmótica de Manzana. En: Contribuciones Científicas y Tecnológicas Areas Ingeniería y Tecnología. No. 108, junio (1995). pp 43 - 47.
8. MOLANO, L., SERNA, C. y CASTAÑO, C. Deshidratación de Piña Variedad Cayena Lisa por Métodos Combinados. En: Cenicafé. Vol. 47, No. 3 (1996); P 140 - 158.
9. CAMACHO, G. Deshidratación Osmótica de Frutas. ICTA, Universidad Nacional de Colombia 1994.
10. ACOSTA, J., PABON, M., CARVAJAL, LM y Col. SECRETARIA DE AGRICULTURA - PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. Frutas de Colombia para el mundo : Manual para el exportador. Medellín : Gobernación de Antioquia, 1991. 100 p.
11. MONTGOMERY, D. Diseño y Análisis de Experimentos. México: Iberoamérica, 1991. p 589.
12. LENARD, A. y FLINK, J. Osmotic Concentration of Potato: I. Criteria for the End - point of the Osmosis Process. En: Journal of Food Technology. Vol 19 (1984). p 45 - 63.

Recibido: 21 - 08 - 01

Aceptado: 10 - 10 - 01