

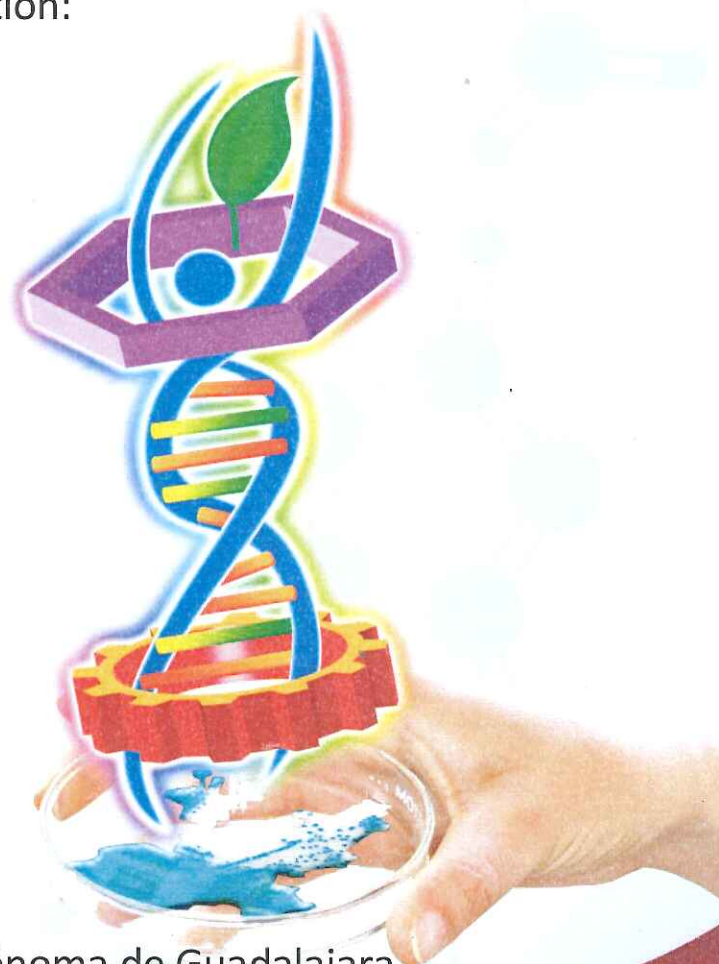


Congreso Internacional  
**Biología, Química  
y Agronomía**

Science and Technological Innovation:  
A Strategy for Well-Being

Ciencia e Innovación Tecnológica:  
Estrategia para el Bienestar

José Luis Zavala Aguirre  
Juan Villafaña Rojas  
Miguel J. Beltrán García  
Editores



Editorial Universidad Autónoma de Guadalajara

80 años UAG  
COMPROMETIDOS  
CON LA EDUCACIÓN

La información compendiada en este libro digital proviene de los trabajos presentados durante el 5<sup>to</sup> Congreso Internacional de Biología, Química y Agronomía de la Universidad Autónoma de Guadalajara el cual fue celebrado del 31 de septiembre al 2 de octubre de 2015 en las instalaciones de UNICO de la misma Universidad. La información fue presentada por investigadores y grupos de trabajo especializados sobre quienes recae la responsabilidad de la validez de dichas investigaciones. Los autores, comité editorial y la casa editorial no somos responsables de las consecuencias del uso que se dé a la información presentada. La mención de productos comerciales o servicios, de ninguna manera implican compromisos o afiliaciones por parte de la Universidad Autónoma de Guadalajara. Se autoriza el uso y distribución de los contenidos, libremente proporcionados por los autores para su compilación y registro ante ISBN, para lo cual se requiere sean citados dando créditos a sus creadores. Cualquier duda o aclaración deberán ser realizadas directamente con los autores correspondientes cuyos datos de contacto están registrados en cada contribución. El comité editorial intentó unificar los formatos en base a las retroalimentaciones recibidas durante el proceso de galeras; los datos incompletos o faltas ortográficas son responsabilidad de los autores que no dieron retroalimentación.

ISBN: 978-607-719-005-9

EDITORIAL: Universidad Autónoma de Guadalajara, A.C. Av. Patria 1201. Lomas del Valle, Zapopan, Jalisco, 45129. México. Primera edición: 2016

Comité Científico:

Agrobiotecnología	Dr. Miguel J. Beltrán García
Biocombustibles	Dr. Froylan Mario Espinosa Escalante
Biología de Recursos Naturales	Dr. José Luis Zavala Aguirre
Biología Molecular	MC. Aurora Huerta Robles / MC Marcela de la Mora Amutio
Biología y Química del estrés oxidativo	Dr. Miguel J. Beltrán García
Biomateriales	Dr. Tito E. Herrera Larrasilla
Biorremediación	Dr. José A. Lomelí Sención
Biotecnología Alimentaria	MC. Gloria M. Macedo Raygoza / Biól. Claudia I. Cisneros Reyes
Biotecnología Clínica	MC. Araceli Escobedo Magallón
Biotecnología Farmacéutica	MC. Carlos Alberto Manuel Cabrera
Conservación de ecosistemas	Dr. José Luis Zavala Aguirre
Control Biológico	Dr. David Ortiz Mendoza
Ecotoxicología	Dr. José Luis Zavala Aguirre
Fermentaciones	Dr. Juan Villafaña Rojas
Fitopatología	MC. Laura Marcela Meixner Rojas
Ingeniería Química	Dr. Efrén Aguilar Garnica
Procesos Químicos	Dr. Efrén Aguilar Garnica
Q. Alimentos	Dra. Lourdes Contreras Pacheco
Q. Analítica	MC. Gloria Macedo Raygoza
Q. Bioorgánica	IQ. Ma. Lourdes Rivera Castro
Q. Clínica	MC. Araceli Escobedo Magallón
Q. Farmacéutica	MC. Carlos Alberto Manuel Cabrera
Q. Productos Naturales	IQ. Ma. Lourdes Rivera Castro
Química Agronómica	IA. Lydia Olvera Avila

5<sup>to</sup> Congreso Internacional de Biología, Química y Agronomía. UNICO. Universidad Autónoma de Guadalajara. 31 de Septiembre al 2 de Octubre de 2015.



## DETERMINATION OF THE INFLUENCE OF THREE PROCESS VARIABLES IN OSMOTIC DEHYDRATION OF *Granny Smith* APPLE CUBES

(Determinación de la influencia de tres variables de proceso en la deshidratación osmótica de cubos de manzana *Granny Smith*)

Marcos Antonio Godoy Zaragoza<sup>a\*</sup>, Jesús Cervantes Martínez<sup>a</sup>, Jorge Alberto García Fajardo<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C., Camino El Arenero #1227, CP 45019, Col. El Bajío del Arenal, Zapopan, Jalisco, México.

\*Autor que presentó el trabajo.

+Autor para correspondencia: mgodoy@ciatej.mx

Área del Conocimiento: Biotecnología Alimentaria.

### ABSTRACT

Osmotic dehydration is the partial removal of water by direct contact of plant tissue with hypertonic solutions. Mass transfer during osmotic dehydration is complex due to the nature of the plant tissue and the number of process variables that affect the system. The objective of this work was to determine the variables that have the greatest impact on mass transfer in the process and their interrelationships. *Granny Smith* apple cubes of 3/8 pg were immersed in sucrose syrup. The factors studied were the concentration of syrup, syrup-fruit ratio and immersion time and its effect on the final moisture content of the fruit, water activities and final concentration in fruit and syrup. An  $2^3$  experimental factorial design with center point was used and analyzed with Statgraphics Centurion XV. It was found that the initial concentration of syrup influenced all response variables as time factor influenced only water activities and fruit syrup and the final moisture of the sample. However, interactions of the variables studied had a significant effect the °Bx of fruit. With these results we can generate further study to optimize an industrial process of osmotic dehydration of apple.

Keywords: Osmotic dehydration; mass transfer; apple.

### RESUMEN

La osmodeshidratación es la eliminación parcial del agua de tejidos vegetales mediante contacto directo con soluciones hipertónicas. La transferencia de masa que ocurre durante la deshidratación osmótica es compleja debido a las variables que inciden en el proceso. El objetivo de este trabajo es el de determinar las variables que tienen mayor incidencia en la transferencias de masa en el proceso y sus interrelaciones. Se utilizó como materia prima manzana *Granny Smith* en cubos de 3/8 pg y soluciones de azúcar como jarabe de inmersión. Los factores estudiados fueron la concentración de jarabe, relación jarabe-fruta y el tiempo de inmersión y sus efectos en la humedad final de la fruta, actividades de agua y °Bx finales en fruta y jarabe. Se utilizó un diseño experimental  $2^3$  con punto central, por triplicado. Se utilizó el software Statgraphics Centurion XV para el análisis experimental. Se encontró que la concentración inicial del jarabe influyó en todas las variables de respuesta, mientras que el factor tiempo solo influyó en las actividades de agua de jarabe y fruta y en la humedad final de la muestra. En cambio, las interacciones de las variables estudiadas, tuvieron un efecto significativo los °Bx de la

fruta. Con estos resultados se puede generar un estudio posterior para optimizar un proceso industrial de osmodeshidratación de manzana.

Palabras Clave: Deshidratación osmótica; Transferencia de masa; Manzana.

## INTRODUCCIÓN

La inclusión de frutas y vegetales en la dieta diaria son muy recomendables para mantener un buen estado de salud y nutrición. Principalmente las frutas se consumen tanto frescas como procesadas en diferentes productos: jugos, mermeladas, jaleas, deshidratados, principalmente. Desde este punto de vista es deseable desarrollar productos novedosos a partir de frutas, que tengan alta calidad, que sean atractivos y que satisfagan una necesidad del mercado.

La deshidratación de frutas es un método de conservación muy conocido debido a que se elimina una gran cantidad de agua y se baja su actividad de agua, reduciendo el riesgo de crecimiento microbiano. Las frutas secas son ampliamente usadas como ingredientes en muchas formulaciones de alimentos como en repostería, productos de confitería, helados, postres congelados y yogurts [1]. En años recientes se le ha dado mucha importancia a la calidad de los alimentos durante el deshidratado. La calidad del producto deshidratado puede ser afectado por los cambios que ocurren en el tejido, ya sea debido al método de secado o a los cambios fisicoquímicos que ocurren durante su procesamiento [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

Existen diversos métodos para deshidratar un alimento que le imparten diferentes características y efectos. Con la liofilización (freeze drying) se producen productos porosos de muy alta calidad, matrices con una alta retención de aromas y con buenas propiedades de rehidratación [10]. Con el secado a alta temperatura y tiempos largos se puede causar daño a las características nutricionales y sensoriales, afectando el sabor, color y los nutrientes de los alimentos deshidratados [11, 12].

Una manera de producir frutas deshidratadas de buena calidad es usar tratamientos previos a la deshidratación, con el objetivo de obtener productos con características organolépticas muy similares a los productos frescos originales [13]. La aplicación de una infusión de azúcar como pretratamiento, puede afectar significativamente el intercambio de agua y soluto, con la consecuente depresión parcial de la actividad de agua antes de la etapa de deshidratación, a esto se le llama deshidratación osmótica.

La deshidratación osmótica es un proceso de remoción de agua, el cual se basa en la inmersión de trozos de fruta fresca en una solución con una presión osmótica más alta, y por consecuencia con una actividad de agua más baja que el alimento [13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20] previniendo el oscurecimiento no enzimático, disminuyendo la actividad enzimática y disminuyendo el colapso estructural en procesos posteriores como el secado por aire caliente [21, 22, 23].

Este proceso osmótico también permite infundir dentro del producto no solamente los que se usan para controlar la actividad de agua (principalmente azúcar para el caso de frutas) sino cualquier soluto que sirva para mejorar la calidad sensorial y nutricional (agentes antipardeamiento, compuestos bioactivos o agentes para mejorar o mantener la firmeza y la estabilización de los pigmentos). Así, es posible cambiar, hasta cierto punto, la formulación del sistema del alimento, haciéndolo más conveniente para la transformación posterior [24]. Seleccionando apropiadamente el método de secado en la segunda etapa y sus condiciones de operación, se puede controlar la calidad del producto final. En las investigaciones en deshidratación osmótica normalmente se utilizan relaciones altas de Jarabe/fruta ( $\geq 10$ ) [25, 26] para hacer despreciable el efecto de la concentración final de los jarabes utilizados, sin

embargo, a nivel industrial, esto no es factible económicamente debido a que los jarabes tienen que ser desechados.

El objetivo de este trabajo fue el de determinar la influencia de la concentración del jarabe, la relación jarabe/fruta y el tiempo de proceso en la transferencia de masa a la fruta medido como humedad y °Bx a una relación más adecuada para ser utilizada industrialmente.

#### METODOLOGÍA

A manzanas *Granny Smith* se les eliminó la cáscara mediante pelador de acero inoxidable, se cortaron en cuartos y se cubicaron utilizando un procesador de alimentos marca Hobart, modelo FP100 a un tamaño de 3/8 de pg. Las variables estudiadas fueron: Concentración de azúcar en Jarabe, relación jarabe/fruta (g/g) y tiempo de inmersión. El experimento se realizó mediante un diseño  $2^3$  con punto central por triplicado (ver tabla 1). Se prepararon jarabes con azúcar comercial a 30, 55 y 42.5 °Bx. La relación jarabe/fruta fue de 2, 10 y 6 (g/g). Las muestras de manzana cubicadas fueron colocadas en recipientes a temperatura ambiente durante tiempos de 30, 75 y 120 min de inmersión.

Tabla 1  
 Diseño experimental

BLOQUE	Concentración		Tiempo min
	Jarabe °Bx	Relación Jarabe:Fruta g/g	
1	30.0	2	30
1	55.0	10	120
1	55.0	10	30
1	30.0	2	120
1	55.0	2	30
1	55.0	2	120
1	42.5	6	75
1	30.0	10	120
1	30.0	10	30
2	30.0	2	30
2	55.0	10	120
2	55.0	10	30
2	30.0	2	120
2	55.0	2	30
2	55.0	2	120
2	42.5	6	75
2	30.0	10	120
2	30.0	10	30
3	30.0	2	30
3	55.0	10	120
3	55.0	10	30
3	30.0	2	120
3	55.0	2	30
3	55.0	2	120
3	42.5	6	75
3	30.0	10	120
3	30.0	10	30

La humedad de la fruta se determinó mediante el método indicado en la “Norma NMX-F083-1986 Determinación de humedad en productos alimenticios”. La actividad de agua se determinó mediante un Aqualab Dew Point Water Activity Meter Modelo 4TEV. Los °Bx se determinaron mediante un brixómetro ATAGO Packef.

## RESULTADOS

Las variables de respuesta del diseño experimental fueron: Concentración de azúcar en el jarabe al finalizar el proceso (Conc. final jarabe), la actividad de agua del jarabe al finalizar el proceso (aw jarabe final), La humedad de la fruta procesada (Humedad fruta final), así como los efectos en la actividad de agua y el contenido de sacarosa en el producto final (aw fruta final y Sacarosa fruta final, respectivamente), los resultados experimentales obtenidos se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados experimentales

BLOQUE	Concentración	Relación	Tiempo min	Conc. final jarabe °Bx	aw jarabe final	Humedad Fruta final %	Sacarosa Fruta final °Bx	aw fruta final
	Jarabe °Bx	Jarabe:Fruta g/g						
1	30.0	2	30	27.9	0.9784	81.35	24.3	0.9827
1	55.0	10	120	52.6	0.9273	63.30	27.0	0.9381
1	55.0	10	30	53.4	0.9245	70.80	43.0	0.9548
1	30.0	2	120	26.3	0.9792	79.65	25.2	0.9776
1	55.0	2	30	47.1	0.9428	70.15	44.4	0.9517
1	55.0	2	120	34.9	0.9488	65.15	43.8	0.9517
1	42.5	6	75	40.4	0.9594	71.85	38.7	0.9651
1	30.0	10	120	29.4	0.9769	77.20	27.4	0.9723
1	30.0	10	30	29.4	0.9764	78.75	27.3	0.9772
2	30.0	2	30	27.2	0.9768	80.00	25.4	0.9741
2	55.0	10	120	52.4	0.9278	62.05	48.7	0.9350
2	55.0	10	30	53.3	0.9223	67.75	48.1	0.9617
2	30.0	2	120	25.8	0.9783	79.00	25.7	0.9816
2	55.0	2	30	48.2	0.9434	71.30	40.4	0.9653
2	55.0	2	120	45.0	0.9451	71.45	43.3	0.9576
2	42.5	6	75	40.6	0.9577	73.50	35.8	0.9707
2	30.0	10	120	29.0	0.9780	76.25	28.4	0.9748
2	30.0	10	30	29.4	0.9755	80.20	24.0	0.9849
3	30.0	2	30	27.4	0.9778	79.15	26.0	0.9787
3	55.0	10	120	52.7	0.9289	61.70	48.5	0.9446
3	55.0	10	30	30.1	0.9249	69.55	43.3	0.9570
3	30.0	2	120	26.4	0.9802	74.90	25.9	0.9813
3	55.0	2	30	47.2	0.9423	71.70	45.1	0.9551
3	55.0	2	120	44.2	0.9482	65.90	42.9	0.9526
3	42.5	6	75	40.5	0.9584	72.95	38.1	0.9640
3	30.0	10	120	29.2	0.9778	76.95	27.8	0.9821
3	30.0	10	30	29.6	0.9811	79.50	28.8	0.9844

## DISCUSIONES

Análisis para la actividad de agua (aw) de la fruta

En la tabla 3 nos indica que hay 6 efectos que son estadísticamente significativas, ya que tienen un valor-p menor que 0.05, esto es con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 3. Análisis de Varianza para aw fruta

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:conc jarabe	0.00444176	1	0.00444176	262.90	0.0000
B:relación jarabe fruta	0.0000774004	1	0.0000774004	4.58	0.0463
C:tiempo	0.000255454	1	0.000255454	15.12	0.0011
AB	0.0000752604	1	0.0000752604	4.45	0.0491
AC	0.000120154	1	0.000120154	7.11	0.0157
BC	0.0001921	1	0.0001921	11.37	0.0034
bloques	0.0000756674	2	0.0000378337	2.24	0.1354
Error total	0.000304113	18	0.0000168952		
Total (corr.)	0.00554191	26			

Diagrama de Pareto Estandarizada para aw fruta

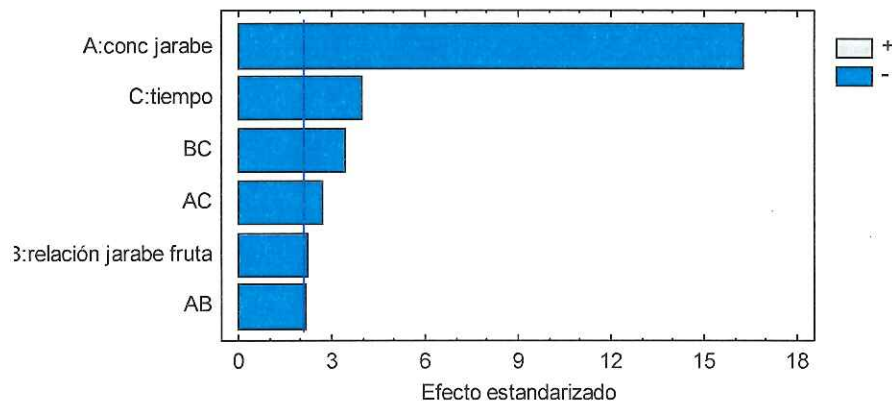


Fig. 1. Pareto de efectos estimados para aw fruta

En la Gráfica 1 se muestra que la concentración jarabe, tiempo, relación jarabe fruta, y las combinaciones de relación jarabe fruta contra tiempo, concentración jarabe contra tiempo son estadísticamente significativas y que tienen influencia sobre la aw de la fruta.

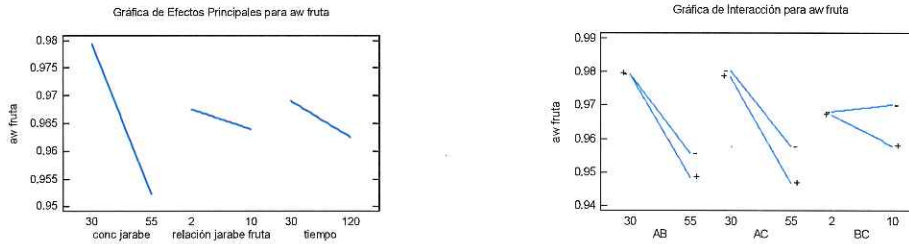


Fig 2. Gráficas de efectos principales y sus interacciones para aw de fruta

En la Fig. 2. Se observa que la concentración del jarabe es el que mayor efecto tiene en la aw de la fruta y esta se potencia con la relación Jarabe/fruta.

Análisis para la actividad de agua (aw) en el jarabe.

El análisis de varianza para la variable de respuesta aw jarabe, presentado en la tabla 4, se observa que hay 5 efectos que son estadísticamente significativas, ya que tienen un valor-p menor que 0.05, esto es con un nivel de confianza del 95%. Es irrelevante la interacción de la variable relación jarabe/fruta con el tiempo.

Tabla 4. Análisis de Varianza para aw jarabe

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:conc jarabe	0.0108418	1	0.0108418	5841.74	0.0000
B:relación jarabe fruta	0.000599	1	0.000599	322.75	0.0000
C:tiempo	0.0000382537	1	0.0000382537	20.61	0.0003
AB	0.00050325	1	0.00050325	271.16	0.0000
AC	0.0000192604	1	0.0000192604	10.38	0.0047
BC	0.00000165375	1	0.00000165375	0.89	0.3577
bloques	0.0000121607	2	0.00000608037	3.28	0.0612
Error total	0.0000334064	18	0.00000185591		
Total (corr.)	0.0120487	26			



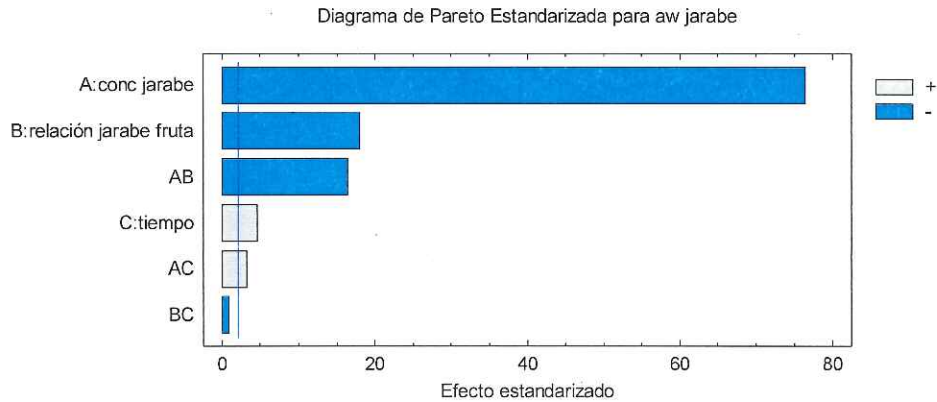


Fig. 3. Pareto de efectos estimados para aw jarabe

La Fig. 3, muestra que la concentración del jarabe, la relación jarabe/fruta, el tiempo, y las combinaciones de los efectos AB y AC, son estadísticamente significativas ya que están sobre la línea de confiabilidad.

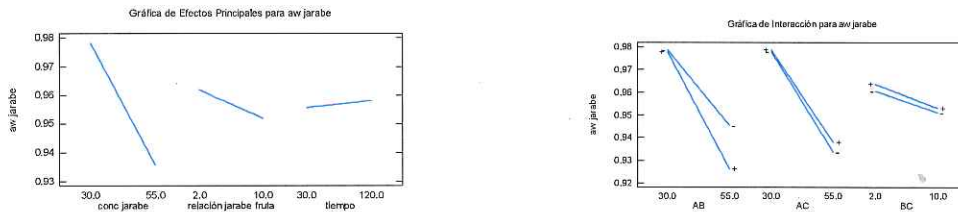


Fig 4. Gráficas de efectos principales y sus interacciones para aw del jarabe

En la Fig. 4, se observa que el efecto que más influencia en la aw del jarabe lo promueve la concentración de jarabe del baño osmótico, mientras que en cuanto a interacciones, la que tienen una mayor interacción significativas son las líneas AB que son las de concentración jarabe contra relación jarabe fruta y AC que son concentración jarabe contra tiempo.

Análisis para la concentración final jarabe (°Bx).

En la tabla 5, Para esta variable de respuesta, y de acuerdo al ANOVA, se puede decir que sólo la concentración del jarabe es estadísticamente significativo en la influencia en los °Bx en el jarabe al final del proceso.

Tabla 5. Análisis de Varianza para concentración final jarabe

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:conc jarabe	2092.53	1	2092.53	79.62	0.0000
B:relación jarabe fruta	76.6837	1	76.6837	2.92	0.1048
C:tiempo	0.220417	1	0.220417	0.01	0.9280
AB	6.93375	1	6.93375	0.26	0.6137
AC	2.22042	1	2.22042	0.08	0.7746
BC	75.2604	1	75.2604	2.86	0.1078
bloques	31.3341	2	15.667	0.60	0.5615
Error total	473.056	18	26.2809		
Total (corr.)	2758.24	26			

En la tabla (14) nos indica que los factores analizados tienen correlación entre sí, dado que tienen un valor de 1 en manera diagonal. En la fila y columna 8 y 9 nos da un valor de -0.5 esto nos quiere decir que tenga alguna dificultad para separar los efectos uno de otros al analizar los dato. Para reducir las correlaciones hay que considerar agregar corridas al diseño.

En la tabla (15) se muestra la información acerca de los valores de concentración final jarabe generadas mediante el análisis. El cual también tiene como función de predecir y agregar pronósticos a la tabla, aunque el modelo original no se verá afectado.

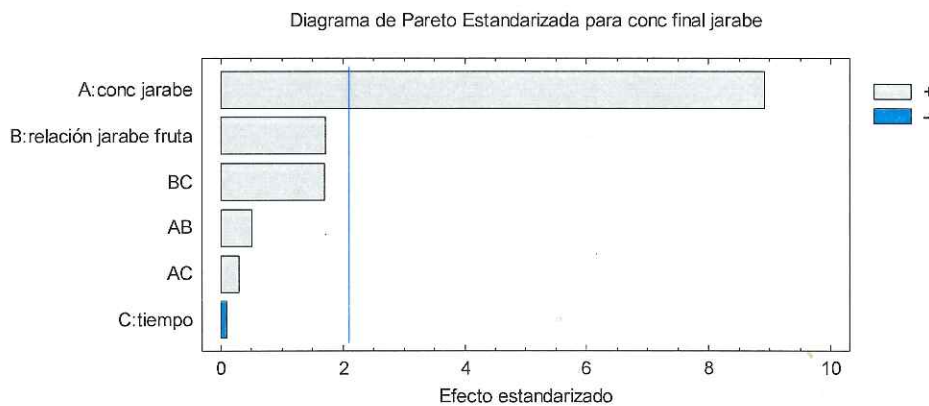


Fig 5. Pareto de efectos estimados para la concentración final del jarabe

La Fig. 5 muestra que la concentración del jarabe es estadísticamente significativo ya que esta sobre la línea de confiabilidad. Esto se comprueba en la Fig. 6., mientras que las interacciones AC y BC tienen una influencia significativa en la variable de respuesta.

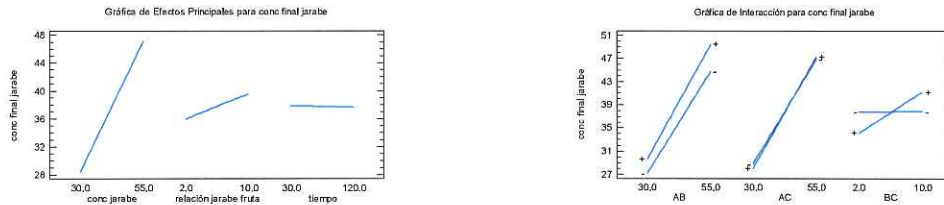


Fig. 6. Gráficas de efectos principales y sus interacciones para concentración final del jarabe

Análisis para °Bx en fruta.

Al igual que en el análisis de ANOVA de la variable de respuesta anterior, la concentración de jarabe es el que más influencia estadísticamente, ver tabla 6, ya que tiene un valor-p menor que 0.05, con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 6. Análisis de Varianza para °Bx en fruta

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:conc jarabe	1705.22	1	1705.22	88.10	0.0000
B:relación jarabe fruta	4.08375	1	4.08375	0.21	0.6515
C:tiempo	1.26042	1	1.26042	0.07	0.8015
AB	6.51042	1	6.51042	0.34	0.5691
AC	9.00375	1	9.00375	0.47	0.5039
BC	2.60042	1	2.60042	0.13	0.7182
Bloques	38.2719	2	19.1359	0.99	0.3914
Error total	348.383	18	19.3546		
Total (corr.)	2115.33	26			

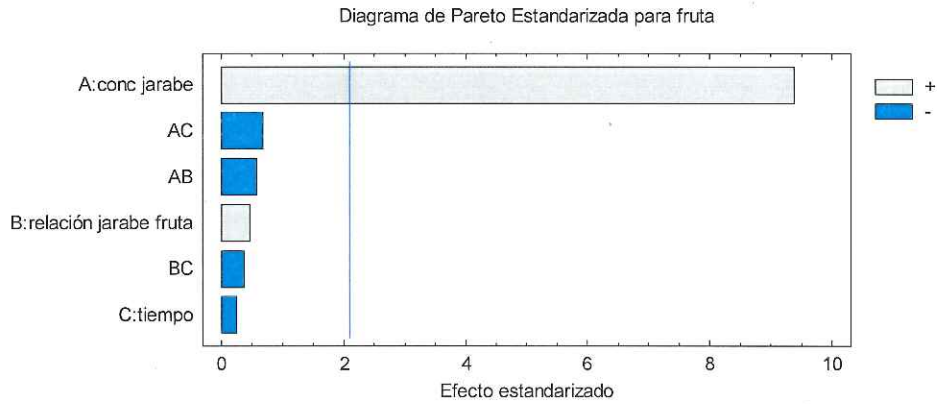


Fig 7. Pareto de efectos estimados para la concentración de fruta ( $^{\circ}$ Bx)

El Diagrama de Pareto (Fig. 7) muestra que lo que es concentración jarabe es estadísticamente significativo ya que esta sobre la línea de confiabilidad.

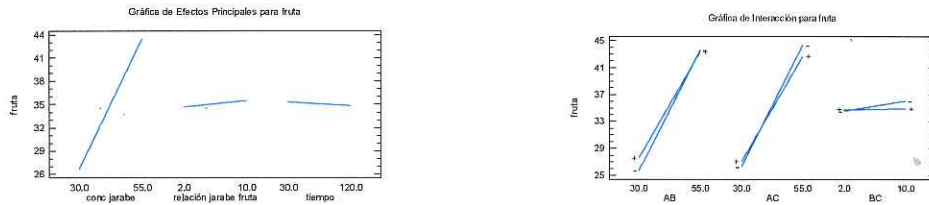


Fig. 8. Gráficas de efectos principales y sus interacciones para concentración final  $^{\circ}$ Bx en fruta

En la Fig. 8, se observa que el mayor efecto lo promueve la concentración de jarabe, sin embargo todas las interacciones tienen influencia significativa en esta variable de respuesta.

Análisis para humedad de fruta %

Tabla 7. Análisis de Varianza para humedad en fruta

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:conc jarabe	727.1	1	727.1	268.22	0.0000
B:relación jarabe fruta	27.5204	1	27.5204	10.15	0.0051
C:tiempo	90.8704	1	90.8704	33.52	0.0000
AB	9.75375	1	9.75375	3.60	0.0740
AC	11.6204	1	11.6204	4.29	0.0531
BC	5.51042	1	5.51042	2.03	0.1711
bloques	4.82741	2	2.4137	0.89	0.4278
Error total	48.7947	18	2.71082		
Total (corr.)	925.998	26			

En la tabla 7, nos recalca que hay tres efectos que son estadísticamente significativas que es la concentración de jarabe, relación jarabe fruta y tiempo, ya que tienen un valor-p menor que 0.05, esto es con un nivel de confianza del 95%.

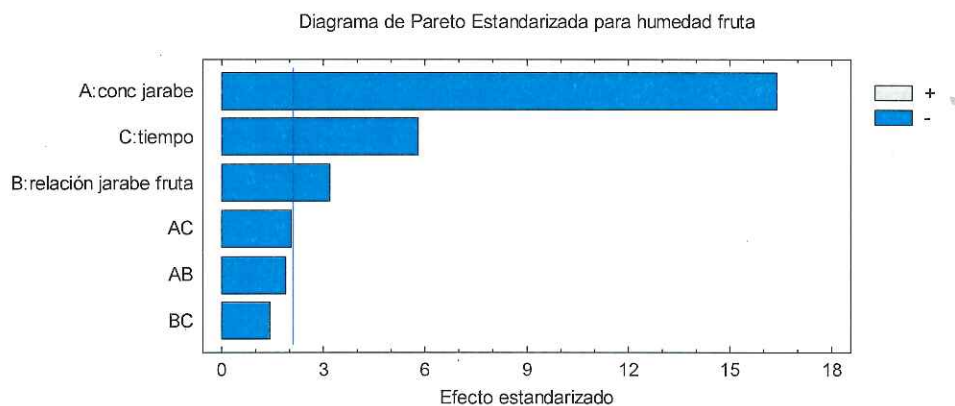


Fig 9. Pareto de efectos estimados para la humedad de fruta

El diagrama de Pareto representado en la Fig. 9 indica que las tres variables independientes evaluadas inciden en la variable de respuesta significativamente

El diagrama muestra que lo que es concentración jarabe, tiempo y relación jarabe fruta son estadísticamente significativas ya que están sobre la línea de confiabilidad.

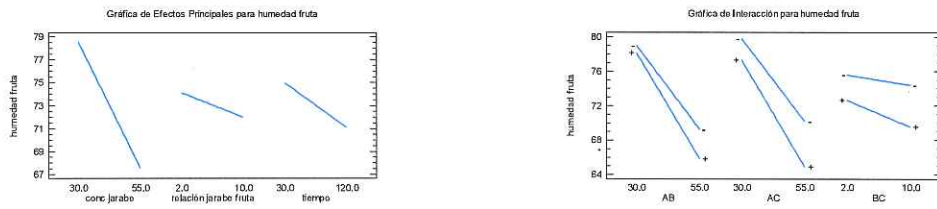


Fig. 10. Gráficas de efectos principales y sus interacciones para humedad en fruta

En la Fig. 10 se concluye que la concentración de jarabe tiene la mayor influencia en el factor de humedad de fruta. Las interacciones entre factores no tienen influencia significativa en esta variable de respuesta

#### CONCLUSIONES

En el análisis realizado, se puede llegar a la conclusión de que los factores que mayormente influenciaron en las variables de respuestas fueron la concentración de jarabe con influencias significativas en las 5 variables de respuestas. El factor relación jarabe/fruta influye en los factores aw del jarabe y en humedad de la fruta. El factor Tiempo tuvo influencia en la aw del jarabe, humedad y aw de la fruta.

De manera resumida, los efectos de los factores se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Efectos de los factores e interacciones en las variables de respuesta.

SIMBOLO DEL FACTOR	FACTORES	VARIABLES DE RESPUESTAS				
		CONC.FINAL JARABE °Bx	AW JARABE	HUMEDAD FRUTA %	AW FRUTA	FRUTA °Bx
C.J	CONC.JARABE	+	+	+	+	+
Rj.f	RELACIÓN JARABE FRUTA	-	+	+	-	-
T	TIEMPO	-	+	+	+	-
INTERACCIONES						
	C.J : Rj.f	-	+	-	+	+
	C.J : T	+	+	-	-	+
	Rj.f : T	+	-	-	-	+

+: Influye significativamente  
-: No influye significativamente

#### REFERENCIAS

- [1] Mandala, I.G., Anagnostaras, E.F., Oikonomou, C.K. (2005). Influence of osmotic dehydration conditions on Apple air-drying kinetics and their quality characteristics. *Journal of Food Engineering*, 69(3), 307-316.
- [2] Askari, G.R., Emam-Djomeh, Z., & Mousavi, S.M. (2006) Effects of combined coating and microwave assisted hot-air drying on the texture, microstructure and rehydration characteristics of apple slices. *Food Science and Technology International* 12(1), 39-46.
- [3] Funebo, T., Ahrné, L., Kidman, S., Langton, M., & Sköldebrand, C. (2000). Microwave heat treatment of apple before air dehydration – Effects on physical properties and microstructure. *Journal of Food Engineering* 46, 173-182.
- [4] Jaya, S., & Durance, T.D. (2009). Compressive characteristics of cellular solids produced using vacuum and hot-air dehydration. *Journal of Porous Materials* 16, 47-58.
- [5] Khalloufi, S., & Ratti, C. (2003). Quality deterioration of freeze-dried foods as explained by their glass transition temperature and internal structure. *Journal of Food Science* 68(3), 892-902.

- [6] Krokida, M.K., Maroulis, Z.B., & Saravacos, G.D. (2001). The effect of the method of drying on the colour of dehydrated products. *International Journal of Food Science and Technology* 36, 53-59.
- [7] Lombard, G.E., Oliveira, J.C., Fito, P., Andrés, A. (2008). Osmotic dehydration of pineapple as a pre-treatment for further drying. *Journal of Food Engineering* 85, 277-284.
- [8] Ochoa-Martínez, L.A., García-Quintero, M., Morales-Castro, J., Gallegos-Infante, A., Martínez-Sánchez, C.E., Herman-Lara, E. (2006). Effect of  $\text{CaCl}_2$  and convective-osmotic drying on texture and preference of apple. *Journal of Food Quality*. 29, 583-595.
- [9] Mujumdar, A.S., Law, C.L. 2010. Drying Technology: trends and applications in postharvest processing. *Food and Bioprocess Technology*. 3, 843-852. DOI: 10.1007/s11947-010-0353-1.
- [10] Le Loch-Bonazi, C., Wolf, E., Gilbert, H. (1992). Quality of dehydrated cultivated mushrooms (*Agaricus bisporus*): a comparison between different drying and freeze drying process. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 25, 334-339.
- [11] Lenart, A. (1996). Osmo-convective drying of fruits and vegetables: Technology and application. *Drying Technology*, 14, 391-413.
- [12] Lin, T.M., Durance, T.D., Scaman, C.H. (1998). Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices. *Food Research International*, 31, 111-317.
- [13] Villalpando-Guzmán, J.; Herrera-López, E.J., Amaya-Delgado, L., Godoy-Zaragoza, M.A., Mateos-Díaz, J.C., Rodríguez-González, J., Jaubert-Garibay, S. (2011). Effect of complementary microwave drying on three shapes of mango slices. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. Vol. 10, No 2, 281-290.
- [14] Abbasi Souraki, B., Ghaffari, A., Bayat, Y. (2012). Mathematical modeling of moisture and solute diffusion in the cylindrical green bean during osmotic dehydration in salt solution. *Food and Bioproducts Processing* 90, 64-71.
- [15] Ruiz-López, I.I., Ruiz-Espinosa, H., Herman-Lara, E., Zárate-Castillo, G. (2011). Modeling of kinetics, equilibrium and distribution data of osmotically dehydrated carambola (*Averrhoa carambola* L.) in sugar solutions. *Journal of Food Engineering* 104, 218-226.
- [16] Arballo, J.R., Campañone, L.A., Masheroni, R.H. (2010). Simulación numérica de la deshidratación de frutas por métodos combinados: secado por impregnación y microondas. *Mecánica Computacional XXIX*, 8197-8212.
- [17] Ayala-Aponte, A.A., Giraldo-Cuartas, J.G., Serna-Cock, L. (2010). Cinéticas de Deshidratación Osmótica de Pitahaya Amarilla (*Selenicereus megalanthus*). *INTERCIENCIA*. Vol. 35 N° 7, 539-544.
- [18] Ispir, A., Turk-Togrul, Inci. (2009). Osmotic dehydration of apricot: Kinetics and the effect of process parameters. *Chemical Engineering Research and Design*. 87, 166-180.



- [19] Konopacka, D., Jesionkowska, K., Klewicki, R., Bonazzi, C. (2009). The effect of different osmotic agents on the sensory perception of osmo-treated dried fruit. *Journal of Horticultural Science & Biothechnology ISAFRUIT Special Issue* 80-84.
- [20] Mayor, L., Pizarra, J., Sereno, A.M. (2008). Microestructural changes during osmotic dehydration of parenchymatic pumpkin tissue. *Journal of Food Engineering* 85, 326-339.
- [21] Amizadeh, R., Sargolzaei, J., Abarzani, M. (2011). Preserving Melons by Osmotic Dehydration in a Ternary System Followed by Air-Drying. *Food Bioprocess Technol.* ORIGINAL PAPER. DOI 10.1007/s11947-010-0488-0.
- [22] Sosa, N., Salvatori D., Schebor, C. (2010). Physico-Chemical and Mechanical Properties of Apple Disks Subjected to Osmotic Dehydration and Different Drying Methods. *Food Bioprocess Technol.* ORIGINAL PAPER. DOI 10.1007/s11947-010-0488-4.
- [23] Pani, P., Signorelli, M., Schiraldi, A. (2010). Osmo-dehydration of apple pulp studied by means of classical and Knudsen thermogravimetric approach. *J. Therm Anal Calorim.* 102, 383-390
- [24] Torreggiani, D., Bertolo, G. (2001). Osmotic pre-treatments in fruit processing: Chemical, physical and structural effects. *Journal of Food Engineering*, 49 (2-3), 247-253.
- [25] Shi, J., Le Maguer, M. (2002a). Analogical cellular structure changes in solid-liquid contacting operations. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 35, 444-451.
- [26] Shi, J., Le Maguer, M. (2002b). Osmotic dehydration of foods: mass transfer and modeling aspects. *Food Reviews International* 18(4), 305-335.