

Efecto de la temperatura y concentración de miel de abeja sobre la cinética de deshidratación osmótica, y aceptabilidad general en la elaboración de snacks de mamey (*Mammea americana*).

Effect of temperature and concentration of honey on the kinetics of osmotic dehydration, and general acceptability in the preparation of mamey snacks (*Mammea americana*).

Alegre Martell, Carmen Rosa¹ Linares Lujan Guillermo²

¹ Estudiante de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior

² Docente de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior

Universidad cesar Vallejo. Av Larco 1770 Trujillo

carmen_al17@hotmail.com; ga_linares@hotmail.com

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evaluó el efecto de la temperatura (30°C a 50°C) y la concentración (30°Brix a 60 °Brix) de miel de abeja sobre la cinética de deshidratación y aceptabilidad general en la elaboración de snacks de mamey. Se encontró que la temperatura y la concentración de miel de abeja influyeron significativamente en la pérdida de agua ($p= 0.0036$), ganancia de sólidos ($p= 0.0352$) durante las 8 horas de deshidratación. Durante la primera hora de deshidratación, para la difusividad efectiva del agua, se reporta diferencia significativa ($p= 0.004620$; con respecto a la temperatura y para difusividad efectiva de sólidos solubles existe diferencia significativa ($p= 0.002529$) con respecto a la temperatura y ($p= 0.0025689$) con respecto a la concentración. Se encontró para aceptabilidad general de snacks de mamey en análisis de varianza ANOVA; que existe diferencias significativas entre panelistas ($p= 0.0002$); y que el tratamiento T8; 40°C: 60 °Brix codificado con el número 235 tuvo mayor aceptabilidad general.

Palabras claves miel de abeja, cinética de deshidratación osmótica, aceptabilidad general, snacks, mamey (*Mammea americana*)

ABSTRACT

In the present work of investigation there was evaluated the effect of the temperature (30°C to 50°C) and the concentration (30°Brix to 60 °Brix) of honey of bee on the Kinetic one of dehydration and general acceptability in the production of snacks of mammee. One thought that the temperature and the concentration of honey of bee influenced Significantly the water loss ($p = 0.0036$), profit of solid ($p = 0.0352$) during 8 a.m. of dehydration. In the first hour of dehydration for the effective diffusivity of the water there is significant difference ($p = 0.004620$) with regard to the temperature and for effective diffusivity of occurred soluble there exists significant difference ($p =$

0.002529) with regard to the temperature and ($p = 0.0025689$) with regard to the concentration. He was for general acceptability of snacks of mamey in analysis of variance ANOVA; that exists significant differences between panelists ($p = 0.0002$); and that the treatment T8; 40°C: 60 °Brix codified with the number 235 it had major general acceptability.

Keywords bee honey, osmotic dehydration kinetics, general acceptability ,mamey snacks (Mammea americana)

I. INTRODUCCION

El mamey (*Mammea americana*), es originaria de América tropical, su fruto es esférico, de color pardo, corteza áspera y gruesa que cubre una pulpa amarilla consistente la pulpa, su aroma es intenso y muy similar al de melocotón, generalmente esta fruta se consume en forma natural o conservada en almíbar (1) esta fruta se comercializa en Perú sin ningún tipo de tratamiento, mayormente por ambulantes en distintas ciudades nuestro país por ser una fruta climatérica, tiene muy alta producción de etileno, es sensible a daños por frío y por ende su vida de almacenamiento es corta, la presente investigación tiene pretende darle un valor agregado a esta fruta, por lo que tiene como Objetivo General: Determinar el efecto de la temperatura y concentración de miel de abeja sobre la cinética de deshidratación osmótica, y aceptabilidad general en la elaboración de snack de mamey (*Mammea americana*)” a través del método de superficie de respuesta, además se evaluó la aceptación sensorial de las láminas de mamey osmodeshidratadas

La deshidratación osmótica (DO) es na técnica de conservación de alimentos que consiste en la extracción de agua de un producto que se sumerge en una disolución hipertónica a un tiempo y temperatura específicos (Waliszewski et al., 2002) la cual ocurre por el intercambio de agua y de sólidos a través de la membrana (Sablani y Rahman, 2003). Los principales agentes osmóticos utilizados en la DO de frutas son soluciones de sacarosa, fructosa, glucosa y jarabe de miel; en tanto para legumbres y verduras la sal (NaCl) es la más utilizada. (Querido, 2000.

Este método de conservación, permite aumentar la vida útil del producto y mejorar sus características sensoriales. Para su aplicación, se requiere de una baja inversión, ya que las sustancias utilizadas como agentes osmóticos son de fácil adquisición en el mercado (fructosa, sacarosa, glucosa, miel de caña y de abejas, etc.)(Giraldo, et al 2004)

Algunas ventajas de la DO son: Un producto de mejor color, textura y sabor que en secado térmico (Azua et al., 1998). Inhibir la transferencia de oxígeno a la fruta por la presencia de azúcar sobre la superficie, reduciendo el pardeamiento enzimático (Saptura, 2001). Es posible introducir solutos y especies tales como agentes conservantes, nutrientes, saborizantes o mejoradores de textura como componentes activos a través de la disolución osmótica (Sablani y Rahman, 2003) y Retardar la pérdida de volátiles durante el secado térmico (Azua et al., 1998).

Salsamendi et al (2013), evaluaron el efecto de distintas concentraciones de sacarosa, miel y ácido ascórbico en la calidad sensorial y microbiológica de una mezcla de frutas cortadas. (manzanas, naranjas, bananas y peras, peladas y trozadas), adicionadas con concentraciones de sacarosa, miel y ácido ascórbico (0, 15, 20, 25%; 0, 10, 15, 20% y 0, 0.1, 0.25 y 0.5% respectivamente), conservadas a 4 °C. Se evaluó la aceptabilidad de los consumidores, mediante un Análisis Descriptivo, la miel y el ácido ascórbico aumentaron la valoración de la textura de la manzana, no observándose diferencias significativas en aroma y dulzor entre sacarosa y ácido ascórbico.

Gongora (2012), evaluó secado osmoconvectivo con aire caliente de rodajas de carambolo (*Averrhoa carambola* L.). sobre las propiedades físico-químicas Las muestras deshidratadas osmóticamente y las frescas se sometieron a secado convectivo entre 50 a 70 °C. a diferentes tiempos de secado. Los tratamientos que tuvieron mayor efecto se presentaron a los 100 minutos en el deshidratación osmótica, en temperaturas de secado entre 60-65°C a tiempos de secado de 140 min. Las carambolas sometidas a estas condiciones de osmo-secado inciden significativamente sobre la pérdida de humedad, densidad aparente, porosidad y color ΔE .

Rossia *et al.* (2012), evaluaron el Efecto de la temperatura y sinergismo de sacarosa, sacarina y sugar light, en distintas combinaciones de soluciones a una concentración de 30 °Brix, sobre la deshidratación osmótica de aguaymanto (*Physalis peruviana*). Se evaluó la cinética de humedad y ganancia de sólidos en función de las temperaturas de proceso durante 3 horas. Las muestras pertenecientes al tratamiento 6 (0.5% sacarina y 0.5% sugar light) presentaron mayor ganancia de sólidos solubles a 53 °C. Con respecto al sabor, fue mayor en las soluciones con mayor proporción de sacarosa, y menor en la sacarina.

Ivarez (2009), evaluó el efecto del tipo de edulcorante (sacarosa y miel de abeja, ambos a 70^a Brix) y dos tiempos de inmersión: 8 y 24 horas en la deshidratación osmótica y por convección de piña (*Ananas comosus*). en las propiedades físicas (textura y color), químicas (humedad total y actividad de agua) y sensoriales (color, aroma, sabor, dulzura, textura y aceptación general), los resultados reportaron que la variable que más influyó en la aceptación general de los panelistas fue el tipo de edulcorante utilizado, independiente del tiempo de inmersión. La miel de abeja fue la de mayor aceptación y la que reporta mejores resultados fisicoquímicos.

Morgado (2013), realizó la deshidratación osmótica de rodajas de fruta bomba (*Carica papaya* L) cultivar maradol roja en tres agentes edulcorantes: Crema de miel 75 °Brix, Jarabe de miel 30 °Brix y Jarabe de sacarosa 30 °Brix, Según sus resultados el edulcorante crema de miel 75° Brix produjo efectos cinéticos que favorecen la deshidratación osmótica de las rodajas de fruta bomba, alcanzando el 62% de pérdida de agua a las 16 h de iniciado el proceso.

II. Materiales y Método

La investigación se llevo a cabo en la Universidad Cesar Vallejo- trujillo, en el laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad de Ingeniería

2.1. Materiales

2.1.2. Mamey

Muestreo no probabilístico: Intencional o selectivo. La muestra estuvo conformada por medio ciento de mamey provenientes de la cosecha del distrito de Poroto.

2.1.3. Miel de abeja

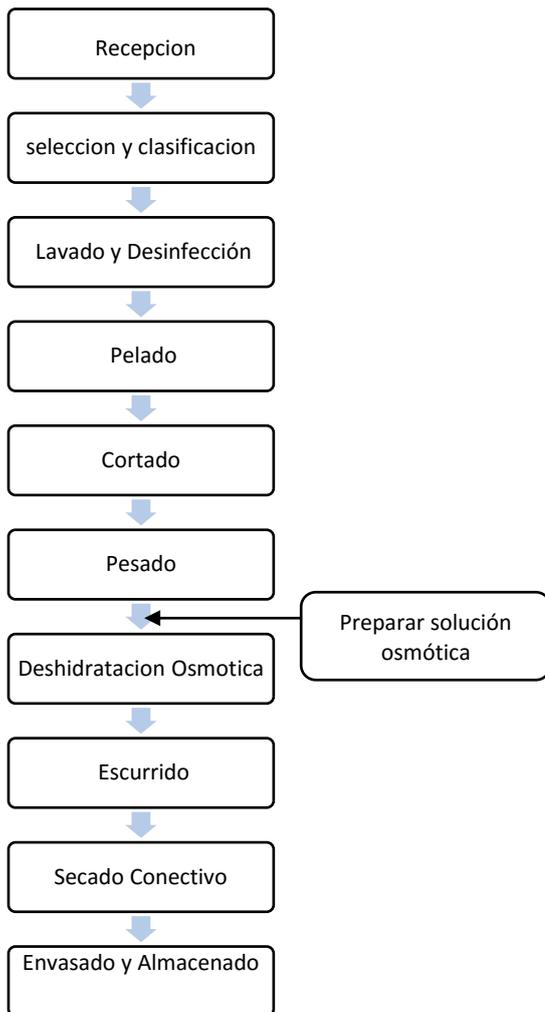
10L de miel de abeja provenientes de los apiarios de la provincia de Gran chimú.

2.2. Método

2.2.1. Metodo para determinar las características fisicoquímicas de la materia prima.

- Determinación de pH por el Método potenciométrico – recomendado por la A.O.A.C. (1995)
- Determinación de solidos solubles (°Brix) por Refractometría
- Determinación del % humedad por el Método de la estufa de aire caliente (AOAC: 925.10, 1990)
- Determinación del % acidez - Método recomendado por la NTP 209.2066-2001

2.2.2. Método para Realizar la deshidratación osmotica(Recomedado por Suca,2012)



Recepción

Se acopio el mamey proveniente del distrito de poroto, de la provincia de Trujillo, ubicada en el departamento de La Libertad y la miel de abeja floral procedente de la provincia Gran Chimu.

Selección y clasificación: Se realizó una selección visual, descartando la fruta que no cuente con la calidad adecuada para el proceso. La clasificación se realizó por atributos tales como; tamaño, peso y color externo uniforme. Se tomó en cuenta los sólidos solubles iniciales del mamey de un promedio de 12.2 °Brix que se determinó con un brixometro manual.

Lavado y desinfección

Se realizó un lavado por aspersion eliminando de tal manera residuos de tierra y material extraño que estuvieron

adheridos a la fruta. Luego se realizó una desinfección con agua clorada a 50ppm.

Pelado Se utilizaron cuchillos de cocina de acero inoxidable previamente desinfectados. Se procedió a separar el epicarpio del mesocarpio de la fruta.

Cortado:

La fruta se cortó en forma rectangular, obteniendo láminas de un espesor promedio de 2.33mm.

Pesado:

Se pesaron las láminas de mamey en una la balanza semianalitica La cantidad de muestra a utilizar fue de $200 \pm 0,2$ g por tratamiento.

Preparación de la solución osmótica

Se trabajaron con diferentes concentraciones de miel de abeja, que estuvieran en un rango de 40-60^a Brix. y a temperaturas de 30 a 50°C. Se utilizó un Diseño Compuesto Central Rotable (DCCR) considerando 2 variables independientes lo que hace un total de 2² tratamientos, más 4 puntos axiales y 3 repeticiones en el punto central, totalizando 11 ensayos.

Se trabajaron con soluciones osmóticas de 30, 34, 45,57 y 60°Brix. Se mezcló Miel de abeja a 80.2°Brix.con agua desionizada en diferentes proporciones para obtener las soluciones osmóticas con los °Brix a trabajar. Asi mismo se sometieron las concentraciones de miel de abeja a temperaturas de 30,33, 40,47 y 50°C

Cuadro1. Valores de DCCR para Temperatura y Concentraciones de miel de abeja

Variables	-1.4142	-1	0	+1	+1.4142
Temperatura(°C)	30	33	40	47	50
Concentraciones de miel de abeja	30	34	45	57	60

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 2. Manejo de control de variables

ensayos	Temperatura (°C)		%Concentración de Agente osmótico(miel de abeja)	
	Código	Real	Código	Real
1	-1	33	-1	34
2	-1	33	1	57
3	1	47	-1	34
4	1	47	1	57
5	-1.41	30	0	45
6	1.41	50	0	45
7	0	40	-1.41	30
8	0	40	+1.41	60
9	0	40	0	45
10	0	40	0	45
11	0	40	0	45

Fuente: Elaboración propia

Deshidratación Osmótica Se colocaron las láminas en una proporción 1:10 (fruta: solución) en las diferentes soluciones osmóticas y se llevó a baño maría a las temperaturas establecidas (Cuadro 2) durante 8h. Se realizaron observaciones a intervalos de 10, 20, 30, 60, 120, 240, 360, 480 minutos.

Ecurrido Las muestras se extraen y se retira el jarabe o miel superficial adherido mediante escurrido y se colocarán sobre papel toalla para terminar de eliminar estos excesos.

Secado Conectivo Finalizada la deshidratación osmótica, se procedió a colocar las láminas de mamey sobre bandejas forradas con papel aluminio para ingresarlas al a una estufa a 50°C

Envasado y almacenamiento Se dispone el producto en bolsas de polietileno de alta densidad (250 gr) que aseguren la integridad física y eviten la absorción de humedad. Se almacenan a temperatura ambiente, en lugar fresco y seco, perfectamente aislado del exterior

2.2.3. Método para Determinar la Cinética de Deshidratación

La cinética de deshidratación se evaluó en función a la pérdida de agua (%WL) y ganancia de sólidos (%SG). La pérdida de agua fue calculada por la ecuación (1)

$$WL(\%) = 100 \frac{E_0 - E_t}{M_0} \dots\dots\dots(1)$$

Dónde:

WL(%) = pérdida del porcentaje de agua respecto a la masa inicial

E₀ = contenido inicial de agua en el producto (g)

E_t = contenido de agua en el producto en un momento t (g)

M₀ = masa inicial del producto (g)

La ganancia de sólidos (%SG) será calculada por la ecuación (2)

$$SG(\%) = 100 \frac{ms_t - ms_0}{M_0} \quad (2)$$

Dónde:

SG(%) = ganancia porcentual de sólidos respecto a la masa inicial

ms₀ = materia seca inicial

ms_t = materia seca en un tiempo

M₀ = masa del producto en el tiempo inicial (g)

Aplicación del modelamiento matemático de Crank

Para estudiar la cinética de deshidratación osmótica, se aplicó la teoría difusional que se basa en la ecuación de la difusión en líquidos (segunda ley de Fick), donde el flujo de masa es proporcional a la pendiente de la concentración dentro del sólido. Crank (1964), citado por Ochoa (2005), propuso una solución analítica para la ley de Fick, considerando la distribución de la humedad inicial uniforme y la ausencia de cualquier resistencia térmica para una placa plana infinita.

$$\frac{X_t - X_e}{X_0 - X_0} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{(2i + 1)^2} \exp[-(2i + 1)^2 \pi^2 \text{Def} \frac{t}{4L^2}]$$

Dónde:

X_t=Humedad media en el tiempo (t)

X_e= Humedad de equilibrio

X0= Humedad inicial

Def=Difusividad efectiva

t= Tiempo

L= Dimensión característica (mitad del espesor de la placa)

Este modelo puede usarse para caracterizar la deshidratación osmótica de diferentes tipos de alimentos, sin las restricciones de la geometría.

Crank (1975), basándose en la segunda ley de Fick para una placa plana en contacto con una cantidad infinita de solución, considerando un régimen transitorio y períodos cortos de tiempo, llegó a una ecuación simplificada del tipo:

$$\frac{WLt}{WL\infty} = 2 \left(\frac{Def t}{\pi l^2} \right)^{1/2}$$

Dónde:

WLt= Cantidad de agua que deja el sólido en el tiempo t.

WL = Cantidad de agua que deja el sólido después de un tiempo infinito.

Def= Difusividad efectiva (m²/s).

L= Dimensión característica (m).

2.2.4 Método para Determinar la aceptabilidad general

Se utilizó un diseño en bloques incompletos balanceados; por que el número de muestras o tratamientos es muy grande y también para evitar la fatiga sensorial. Ya este diseño tiene la ventaja de pequeña variación intrabloque. Para evaluar la aceptabilidad general de las muestras se utilizó una prueba de medición del grado de satisfacción global con escala hedónica estructurada de nueve puntos (“1” me desagrada extremadamente – “9” me gusta extremadamente) (Ureña et al., 1999). Se utilizó panelistas consumidores quienes recibieron muestras de snack de mamey y calificarán según su preferencia.

3. Resultados

3.1 Resultados de los Análisis fisicoquímicos de la materia prima: mamey

Tabla 1 Composición fisicoquímica del mamey

Parámetro	Contenido
Humedad	85.26%
°Brix	12.05 ± 0.234
PH	3.19 ±0.169
Acidez. total(ac. cítrico)	0.003 ±0.004%

Fuente: Elaboración propia

3.2. Resultados de la cinética de deshidratación osmótica de snacks de mamey

3.2.1. Resultados de la Difusividad efectiva para la pérdida de agua

En la figura 1 se representan la cinética de pérdida de agua a través del tiempo de todos los tratamientos analizados

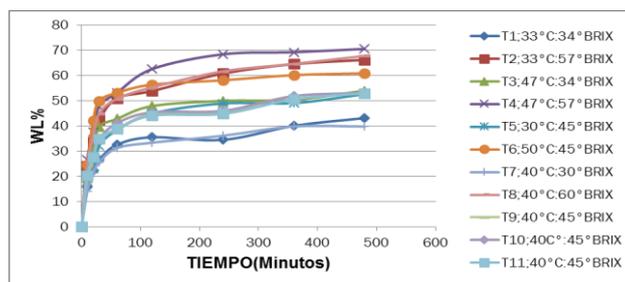


Figura1 cinética de pérdida de agua (WL%), de las láminas de mamey para todos los tratamientos analizados

Tabla 2 Coeficientes de regresión para la difusividad efectiva para la pérdida de agua Def (WL)

Factor	Regressn Coeff.	Std.Err.	T(5)	P	Cnf.Limt -95.%	Cnf.Limt +95.%
Mean/Interc.	1,444897610E-10	0.000000	0.385548	0.715689	0.000000	0.000000
(1)TEMPERATURA(L)	7,81224E-12	0.000000	-0.573619	0.591062	0.000000	0.000000
TEMPERATURA(Q)	1,85595E-13	0.000000	1.185331	0.289146	0.000000	0.000000
(2)CONCENTRACION(L)	5,284119E-12	0.000000	0.689864	0.520985	0.000000	0.000000
CONCENTRACION(Q)	2,5162E-14	0.000000	-0.376650	0.721889	0.000000	0.000000
1L by 2L	5,3948E-15	0.000000	-0.463849	0.662249	0.000000	0.000000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3 Análisis de varianza para la difusividad efectiva de pérdida de agua Def (WL)

Factor	SS	df	MS	F	p
(1)TEMPERATURA(L)	0.000000	1	0.000000	23.65233	0.004620
TEMPERATURA(Q)	0.000000	1	0.000000	1.40501	0.289146
(2)CONCENTRACION(L)	0.000000	1	0.000000	1.94981	0.221431
CONCENTRACION(Q)	0.000000	1	0.000000	0.14186	0.721889
1L by 2L	0.000000	1	0.000000	0.21516	0.662249
Error	0.000000	5	0.000000		
Total SS	0.000000	10			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4 Difusividad para perdida de agua (WL%) y difusividad para la ganancia de sólidos solubles (GS%) durante la primera hora de deshidratación de las láminas de mamey.

Tratamientos	Temperatura	Concentración	Def(WL)	Def(SG)
T1	33	34	1.96737E-10	1.82537E-10
T2	33	57	2.15383E-10	2.28049E-10
T3	47	34	2.40511E-10	2.37377E-10
T4	47	57	2.44E-10	2.46E-10
T5	30	45	1.98032E-10	1.92165E-10
T6	50	45	2.55E-10	2.53E-10
T7	40	30	1.95051E-10	1.72778E-10
T8	40	60	2.3336E-10	2.51E-10
T9	40	45	2.11447E-10	2.20606E-10
T10	40	45	2.21816E-10	2.21816E-10
T11	40	45	2.21737E-10	2.16E-10

Fuente: Elaboración propia

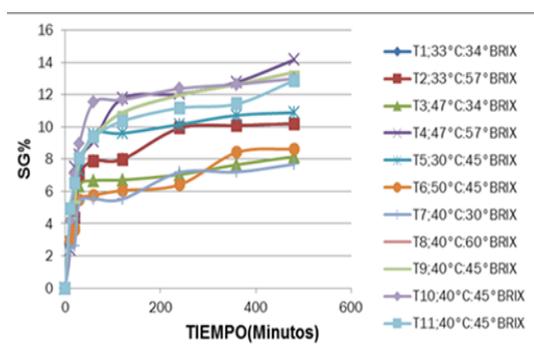


Figura 2 cinética de ganancia de sólidos (GS%), de las láminas de mamey para todos los tratamientos analizados

Gráfico de superficie de respuesta para difusividad efectiva de pérdida de agua Def (WL) del snack de mamey

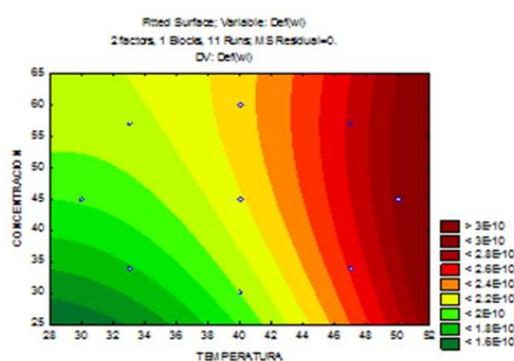


Figura 2A. Gráfico de superficie de respuesta para difusividad efectiva de pérdida de agua Def (WL) del snack de mamey.

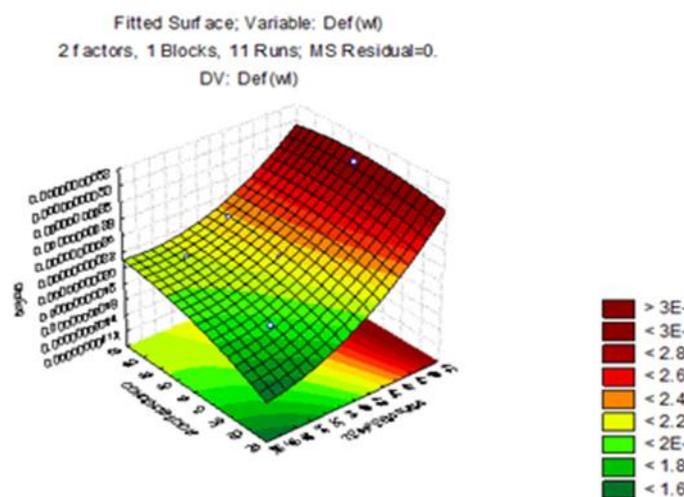


Figura 2B Gráfico de superficie de respuesta para difusividad efectiva de pérdida de agua Def (WL) del snack de mamey.

Tabla 5 Coeficientes de regresión para la difusividad efectiva para la ganancia de sólidos Def (GS).

Factor	SS	Df	MS	F	p
(1)Temperatura(l)	0.000000	1	0.000000	31.23993	0.002529
Temperatura(q)	0.000000	1	0.000000	3.35562	0.126469
(2)Concentración(l)	0.000000	1	0.000000	31.02649	0.002568
Concentración(q)	0.000000	1	0.000000	1.71211	0.247627
1L by 2L	0.000000	1	0.000000	1.42876	0.285562
Error	0.000000	5	0.000000		
Total SS	0.000000	10			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6 Análisis de varianza para la difusividad ganancia de solidos Def (GS).

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:TEMPERATURA	1.10268	1	1.10268	1.71	0.2477
B:CONCENTRACION	35.2658	1	35.2658	54.73	0.0007
AA	12.2882	1	12.2882	19.07	0.0072
AB	5.29302	1	5.29302	8.21	0.0352
BB	4.9594	1	4.9594	7.70	0.0392
Error total	3.22177	5	0.644354		
Total (corr.)	56.9587	10			

Fuente: Elaboración propia

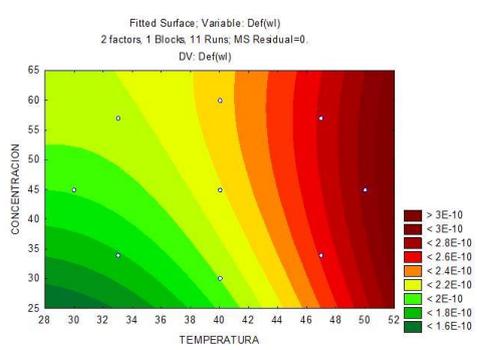


Figura 3A. Gráfico de superficie respuesta de la difusividad efectiva para ganancia de solidos Def(GS%) del snack de mamey.

Fitted Surface; Variable: Def(GS)
2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Residual=0.
DV: Def(GS)

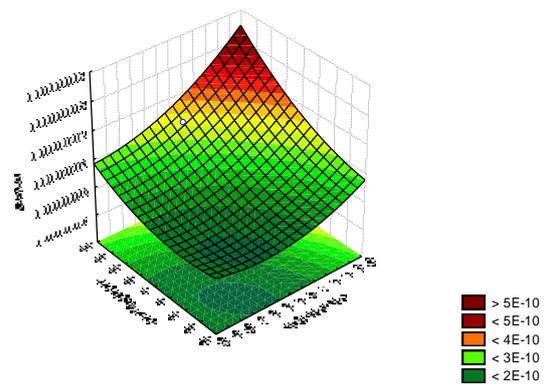


Figura 3B. Gráfico de superficie de respuesta de la difusividad efectiva para ganancia de solidos Def(GS) del snack de mamey.

3.3. Resultados de la aceptabilidad General

Tabla7. Análisis de Varianza entre tratamientos y entre panelistas (bloque).

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Tratamiento	14,8314	10	1,48314	0,95	0,4904
B: Bloque	359,917	76	4,73575	3,02	0,0000
Residuos	466,769	298	1,56634		
Total (corregido)	846,649	384			

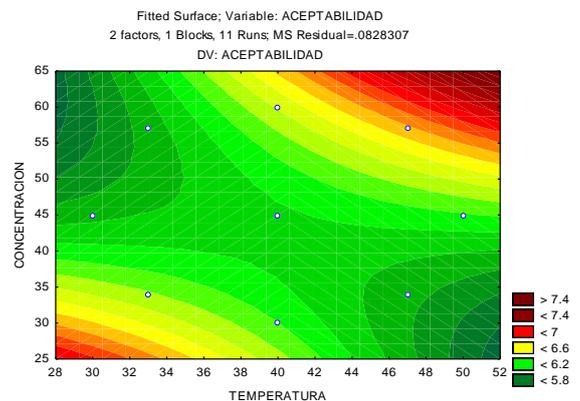


Figura 4A Grafico de superficie respuesta para la aceptabilidad general

Fitted Surface; Variable: ACEPTABILIDAD
 2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Residual=.0828307
 DV: ACEPTABILIDAD

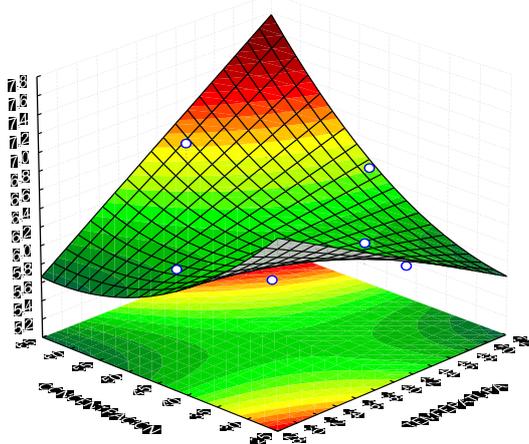


Figura 4B Grafico de superficie respuesta para la aceptabilidad general

4. Resultados

En la figura 1 se observa que hay mayor pérdida de agua en las láminas de mamey en las primeras horas en los diferentes tratamientos analizados. Pero en el tratamiento que tiene la más alta temperatura y concentración en combinación (47°C-57 °Brix). tiene mayor pérdida de agua. Al igual que Ferrari et al. (2005), obtuvieron una mayor pérdida de agua en la fruta (cubos de melón) en las primeras dos horas de tratamiento, lo cual se debe por la fuerza de accionamiento grande existente entre la fruta y la solución hipertónica al inicio del proceso y el aumento de la concentración y temperatura de la solución favorecen la pérdida de agua en el producto en mayor gradiente de presión osmótica a través de la interfaz del producto / solución, proporcionando una velocidad de transferencia de masa más grande.

Alvarez (2009), Utilizo los edulcorantes de jarabe de miel de abeja y sacarosa como agentes osmóticos en la deshidratación de piña; donde encontró que en la actividad de agua existe diferencia significativa entre los edulcorantes utilizados. La miel de abeja redujo más la actividad de agua que las piñas tratadas con sacarosa, también hace referencia que esto indica que la

presión osmótica que ejerce la solución de miel de abeja es mayor que la de la sacarosa.

Rodríguez (2012), el autor en su investigación evaluó el efecto de la concentración (40% y 50%) y temperatura (40°C y 50°C) de jarabes de fructosa y sacarosa; en sus resultados expresados El par de tratamientos que presenta mayor diferencia significativa fueron para los tratamientos T3(Fructosa 50% a 40°C) –T4 (Fructosa 50% a 50°C), lo que afirma el resultado de la prueba ANVA mostrado que, estadísticamente, para una mayor pérdida de agua durante la DO, la temperatura es un factor determinante. el autor afirma que estadísticamente la temperatura resulta ser el factor significativo; pero durante la experimentación existe diferencia entre ambos tratamientos debido a que las temperaturas son cercanas.

Morgado(2013); Salsamendi *et al.* (2013); Rodríguez *et al.* (2012) y otros autores, en trabajos similares reportaron que tasas de pérdida de agua más altas se obtienen con la combinación de elevadas temperaturas y concentraciones de la solución hipertónica.

En la figura 2 se observa la ganancia de solidos (GS%) durante las 8 horas de deshidratación, según los resultados los tratamientos que tiene la más alta temperatura y concentración (47°C-57°Brix)en combinación tiene mayor ganancia de sólidos solubles y la que tuvo menor ganancia de solidos fue el tratamiento de 40°C- 30 °Brix; En los diferentes tratamientos analizados hubo menor ganancia de solidos que perdida de agua. Según Amiel (2007), la temperatura influye en la ganancia de solidos solubles tiene influencia con la temperatura, porque temperaturas más altas alteran la permeabilidad de la membrana celular, permitiendo mayor ingreso de solutos en el producto. También el autor hace referencia que la perdida de agua es mayor que la ganancia de solidos solubles, producto de la diferencia de masa molecular.

Ríos *et al.* (2005) en su investigación realizada en trozos de papaya hawaiana (*Carica papaya L.*) sometidos a un

proceso de osmodeshidratación usando cuatro agentes edulcorantes: miel de abejas, miel de caña, crema de miel de abeja y sacarosa en medio acuoso a 79 °Brix y 20 °C y durante 23 horas de inmersión. Los reportes estadísticos determinaron que la miel de abeja es el agente que mayor capacidad osmodeshidratante posee y la sacarosa el de menor capacidad. Además la miel de abejas presentó la menor concentración de sólidos solubles (°Brix) al final del proceso, este comportamiento es debido a que la cantidad de agua que se elimina durante el proceso es proporcional a la cantidad de sólidos que entran a la fruta.

Rodríguez (2012), evaluó el efecto de la concentración (40% y 50%) y temperatura (40°C y 50°C) de jarabes de fructosa y sacarosa; los resultados reportaron que los tratamientos sí presentan diferencia significativa referida a la ganancia de sólidos durante la DO de cubos de mango Edwards, el par de tratamientos que presentó mayor diferencia significativa fue T4 (Fructosa 50% a 50°C) –T5 (Sacarosa invertida 40% a 40°C), lo cual concuerda con el resultado de la prueba ANVA, estadísticamente, para una mayor ganancia de sólidos durante la DO el jarabe y la concentración de dicho jarabe son los factores más influyentes. Entre este par de tratamientos se notó diferencia durante la experimentación en las características organolépticas de cada jarabe y en las concentraciones de ambos tratamientos.

En las tablas 2,3 y 4 se observa la difusividad efectiva para la pérdida de agua Def (WL) durante la primera hora de deshidratación utilizando el modelo matemático de Crank para tiempos cortos; donde se muestra los coeficientes de regresión que acompañan a las variables independientes para elaborar el modelo matemático (Ec1) en la figura de diseño de superficie de respuesta. En el análisis de varianza se observa que para la difusividad efectiva del agua existe diferencia significativa con respecto a la temperatura. Se observa también que los valores de mayor difusividad fueron para los tratamientos T6; 50°C: 45 °Brix, T3; 47°C: 57 °Brix y T8; 40°C: 60 °Brix sus valores experimentales 2.55E-10, 2.44E-10

y 2.3336E-10 respectivamente y la menor difusividad se dio en los tratamientos T7; 40°C: 30 °Brix y T1; 33°C: 34 °Brix 1.9505E-10 y 1.9674E-10 respectivamente.

Góngora (2012), evaluó el secado osmoconvectivo con aire caliente de rodajas de carambolo (*Averrhoa carambola L.*). Los valores del coeficiente de difusión efectiva (Def), para carambolos sin tratamiento y con tratamiento a diferentes temperaturas fueron: Carambolos sin tratamiento de 4.23 E -10 (50°C) a 5.58 E-10 (70°C). En carambolos con tratamiento osmótico los valores de Def variaron de 2.94 x 10 -10 (50°C) a 3.20 x10-10 (70°C). Comparando con los resultados obtenidos existe una similitud con respecto al tratamiento T6; 50°C: 45 °Brix que reporta un valor de Def 2.55E-10. El autor hace referencia que los valores difusividad efectiva deben estar dentro del rango general de (E-11) a (E-9) en productos alimenticios; también resalta que estos valores aumentan considerablemente al aumentar la temperatura para los carambolos sin y con tratamiento. El aumento de la difusividad al aumentar la temperatura puede ser dado por la destrucción de las paredes celulares, disminuyendo la resistencia la difusión del agua dentro del alimento. Según los resultados obtenidos en nuestra investigación el T6; 50°C: 45 °Brix; es el tratamiento que reporta la temperatura y la difusividad efectiva del agua más alta; independiente de la concentración utilizada.

Rocca et al. (2013), estudiaron la cinética de deshidratación y la ganancia de sólidos de cubos de zanahoria en solución de sacarosa (40%) y sal (5%) a una temperatura de 40 °C. Utilizó el modelo matemático de Crank para la difusividad efectiva del agua para un tiempo de 180 minutos. Para el tratamiento con sacarosa obtuvo un valor de 1.81E-9, utilizó la misma temperatura que en el Tratamiento 8 de nuestra investigación trat 40°C: 60 °Brix, y se obtuvo un valor de 2.3336E-10 siendo éste más alto en relación a la difusividad y el valor más bajo de difusividad fue para el tratamiento (T7) 40°C: 30°Brix, con 1.9505E-10.

En la tabla 5,6 y 7 se observa la difusividad efectiva para ganancia de sólidos Def (SG) durante la primera hora de deshidratación utilizando el modelo matemático de Crank para tiempos cortos. En el análisis de varianza se observa que en la difusividad efectiva para la ganancia de sólidos solubles existe efecto significativo con respecto a la temperatura y en la concentración. Se observa también que los valores de mayor difusividad fueron para los tratamientos (T6) 50°C: 45 °Brix, (T8) 40°C: 60 °Brix y (T3) 47°C: 57 °Brix sus valores experimentales $2.53E-10$, $2.51301E-10$ y $2.45553E-10$ respectivamente y la menor difusividad se dio en los tratamientos (T7) 40°C: 30 °Brix y (T1) 33°C: 34 °Brix, $1.7278E-10$ y $1.8254E-10$ respectivamente.

En la tabla 7 se observa el análisis de varianza ANOVA para aceptabilidad general de snacks de mamey; donde se puede destacar que hay diferencias significativas en el bloque, es decir que los panelistas asignaron diferente puntuación según la escala hedónica pero no hay diferencia significativa entre los tratamientos; debido que los panelistas asignaron puntuaciones altas a los diferentes tratamientos. También cabe resaltar que el tratamiento T8; 40°C: 60 °Brix codificado con el número 235 tuvo mayor aceptabilidad general.

Rodríguez (2001), investigó el proceso de deshidratación osmótica a tres temperaturas como factor a de estudio; a0: 20°C, a1: 30°C y a2: 40°C, y tres concentraciones de miel de abeja (solución osmótica) como factor b de estudio; b0: 40°Brix; b1: 50°Brix y b2: 60°Brix. Los resultados de los análisis sensoriales para los atributos textura, sabor y olor, correspondieron al tratamiento de 40°C y 50°Brix

5. Conclusiones

Se determinó que en el proceso de DO para la elaboración de snacks de mamey, la mayor pérdida de agua (69.8%) y ganancia de sólidos solubles(12.5%) fue para el tratamiento cuatro (T4) de 47°C: 57°Brix y la menor pérdida de agua(39.79%) y ganancia de sólidos

solubles(7.69%) fue para el tratamiento siete (T7) de 40°C: 30°Brix.

En relación a la difusividad efectiva sobre la ganancia de sólidos (%GS) Se determinó en la deshidratación osmótica la mayor ganancia de sólidos solubles (66.81%) fue para el tratamiento de 40°C: 60°Brix.

Los mayores valores de difusividad efectiva del agua encontrados por el modelo matemático de Crank fueron para los tratamientos (T6) 50°C: 45 °Brix, (T3) 47°C: 57 °Brix, (T8) 40°C:60°Brix y sus valores experimentales: $2.55E-10$, $2.44E-10$ $2.3336E-10$ respectivamente y la menor difusividad se dio en los tratamientos (T7); 40°C: 30 °Brix (T1) 33°C: 34 °Brix $1.9505E-10$ y $1.9674E-10$ respectivamente

Se encontró que el tratamiento ocho (T8) de 40°C: 60°Brix presentó mayor aceptación por un panel no entrenado de jueces; obteniendo un promedio de 6.75 puntos, existiendo una diferencia significativa con el tratamiento tres (T3) de 40°C: 60°Brix.

6. Recomendaciones

Realizar más investigaciones utilizando como agente osmótico la miel de abeja aplicada en otro tipo de frutas.

Realizar investigaciones sobre deshidratación osmótica de mamey considerando otras temperaturas y concentraciones de la solución osmótica

Realizar una investigación sobre el tiempo de vida útil y análisis microbiológico de este producto.

En aceptabilidad general; si se usa el diseño de bloques incompletos aumentar el número de panelistas para que haya más dispersión en los resultados estadísticos.

7. Referencias Bibliograficas

AGUILAR et al. Estudio fenológico en zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.)H.E. Moore & Stearn] Guerrero, México. Tropical and Subtropical

- Agroecosystems [En línea].2015. Vol. 18, n° 1. [Fecha de consulta: 20 de setiembre 2015] Disponible en: [http://www.researchgate.net/profile/Cid_Aguilar/publication/275659401_ESTUDIO_FENOLGICO_EN_ZAPOTE_MAMEY_Pouteria_sapota_\(Jacq.\)_H.E._Moore__Stearn_GUERRERO_MXICO/links/55442d410cf234bdb21befc0.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Cid_Aguilar/publication/275659401_ESTUDIO_FENOLGICO_EN_ZAPOTE_MAMEY_Pouteria_sapota_(Jacq.)_H.E._Moore__Stearn_GUERRERO_MXICO/links/55442d410cf234bdb21befc0.pdf).
- AMIEL Araujo, Rubén. Influencia de la temperatura en la difusividad efectiva y características sensoriales de cubos de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) deshidratado osmo convectivamente. Trujillo, Perú: Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero agroindustrial. Universidad Nacional de Trujillo. 2007. 101Pp.
 - ARAUS Álvarez, Elvis Eligio. Efecto del tipo de edulcorante y el tiempo de inmersión en la deshidratación osmótica y por convección de piña (*Ananas comosus*). Univ. Zamorano carrera de agroindustria alimentaria [En línea]. Honduras: 2009. [Fecha de consulta: 12 de setiembre 2015] Disponible en: <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/258/1/T2726.pdf>
 - BIANCHI, E. M. (1990). Control de calidad de la miel y la cera. Ed. U.N. Santiago del Estero (Rca. Argentina). [Fecha de consulta: 19 de septiembre] Disponible en: http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2000/5_agrarias/a_pdf/a_031.pdf
 - ALEXIAIDES, Miguel y SHANLEY, Patricia. Productos forestales, Medios de subsistencia y conservación. [En línea].2004. Vol. 3, n° 1. [Fecha de consulta: 15 de setiembre 2015] Pp. 43-47 Disponible en: http://132.248.13.1/directorio/r/ricker_pdf/Capitulo_CIFOR_Mamey_Espanol_01.pdf . ISBN 979 -3361- 23-9.
 - AMIEL Araujo, Rubén. Influencia de la temperatura en la difusividad efectiva y características sensoriales de cubos de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) deshidratado osmoconvectivamente. Trujillo, Perú: Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero agroindustrial. Universidad Nacional de Trujillo. 2007. 101Pp.
 - ARAUS Álvarez, Elvis Eligio. Efecto del tipo de edulcorante y el tiempo de inmersión en la deshidratación osmótica y por convección de piña (*Ananas comosus*). Zamorano carrera de agroindustria alimentaria [En línea]. Honduras: 2009. [Fecha de consulta: 12 de setiembre 2015] Disponible en: <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/258/1/T2726.pdf>
 - BARBOSA, Gustavo, y VEGA, M. H. 2000. Deshidratación de alimentos. Zaragoza España: Editorial ACRIBIA, S.A, 2000.
 - BIANCHI, E. M. (1990). Control de calidad de la miel y la cera. Ed. U.N. Santiago del Estero (Rca. Argentina). [Fecha de consulta: 19 de septiembre] Disponible en: http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2000/5_agrarias/a_pdf/a_031.pdf.
 - Codex Alimentarius. Codex norma para la miel Codex Stan 12-1981. Disponible en: <http://www.codexalimentarius.org/searchresults/?cx=018170620143701104933%3Aizresgmxec&cof=FORID%3A11&q=miel+de+abeja&sa.x=0&sa.y=0&sa=search&siteurl=http%3A%2F%2Fwww.codexalimentarius.org%2F&siteurl=www.codexalimentarius.org%2F&ref=www.google.com.pe%2F&ss=6401j3117455j20>. Fecha de consulta: 19 de setiembre 2015.
 - FERNÁNDEZ Aedo, Priscila Andrea. Estudio de la impregnación a vacío de miel y su efecto en atributos de calidad de hojuelas de manzana (var. Granny Smith) deshidratadas. Universidad de Chile. Universidad de Chile Facultad de ciencias químicas y farmacéuticas Departamento de ciencia y tecnología de los alimentos [En línea]. Chile, 2007.

Disponible en:
[http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2007/fernandez_p/sources/fernandez_p.pdf].

- FITO, M. Pedro; ALBORS, Jose Manuel. Introducción al Secado de Alimentos por Aire Caliente. Editorial Universidad Politécnica de Valencia, 2001.
- FLORES [et al]. Control de *Anastrepha serpentina* (Wiedemann) y calidad de los frutos de zapote mamey *Pouteria sapota* (Jacq) Moore & Stearn tratados con aire caliente forzado. Revista Chapingo. Serie horticultura [En línea]. 2009. Vol. 15, n°1. [Fecha de consulta: 14 de noviembre 2015] Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027152X200900010003
ISSN 2007-4034
- FLORIÁN Plasencia, Alex Marino. Efecto de la temperatura de secado de olluco (*Ullucus Tuberosos*), variedad rojo osmodeshidratado; en densidad aparente, capacidad de rehidratación, capacidad de retención de agua y caracterización de la harina al mejor tratamiento. Trujillo, Perú: Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero agroindustrial. Universidad Nacional de Trujillo, 2009. 99Pp.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial a través de su Centro de Investigación y Desarrollo INTI . Por qué consumir miel Uruguay – 2011. Disponible en: http://www.inti.gob.ar/entrerios/pdf/Porque_consumir_miel.pdf.
Fecha de consulta: 19 de setiembre 2015.
- GÓNGORA Chávez, María del Carmen. Secado osmo-convectivo con aire caliente de rodajas de carambolo (averrhoa carambola I.) [En línea]. Santiago de Cali, Colombia - 2012 [Fecha de consulta: 10 de octubre 2015] Disponible en: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bit>
- stream/10893/8750/1/Secado%20Osmo Convectivo%20con%20aire%20caliente %20de%20rodajas%20de%20caram.pdf
- MALDONADO [et al]. Cinética de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) Revista de ciencia y tecnología [en línea] Argentina, 2008 [Fecha de consulta: 25 de septiembre 2015] Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010120612008000100036&script=sci_arttext&tling=es.
- MARÍN [et al]. La rehidratación de alimentos deshidratados. Revista de ciencia y tecnología. Chile, 2006.[Fecha de consulta: 27 de septiembre 2015] Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071775182006000500009&script=sci_arttext&tling=en.
- MELQUÍADES, Yendi; LÓPEZ, Clara y ROSAS, Marta 2009. Estudio de la Cinética de Rehidratación de Zanahoria (*Daucus Carota*) Deshidratadas [En línea]. México, 2009. Vol. 20, n° 1. [Fecha de consulta: 20 de octubre 2015] Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v20n3/art09.pdf>.
- Ministerio de Agricultura y Riego. Plan nacional de desarrollo apícola 2015- 2025 Perú ,2015. Disponible en: http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/resolucionesministeriales/2015/abril/plan_rm125-2015-minagri.pdf. Fecha de consulta: 17 octubre 2015.
- Ministerio de salud; Instituto Nacional de Salud. Tabla Peruana de composición de alimentos. Perú - 2009 Disponible en: http://www.ins.gob.pe/portal/jerarquia/5/385/tabla-de_composicion-de_alimentos/ jer.385.

<http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Tabla%20de%20Alimento%20s.pdf>.

Fecha de consulta: 20 de octubre 2015.

- MORGADO [et al]. Deshidratación osmótica de rodajas de fruta bomba (*Carica papaya L*) cultivar Maradol roja en tres agentes edulcorantes. Revista ingeniería agrícola. [En línea]. 2013. Vol. 4, n° 1. [Fecha de consulta: 20 de octubre 2015] Disponible en: http://dima.chapingo.mx/revista/Vol_4_n_1_2014/pdf/IA04114.pdf.
- MONTGOMERY, D. Diseño y análisis de experimentos. Segunda edición. Editorial Limusa. México D.F. México, 2004 [fecha de consulta: 21 de noviembre 2015]. Disponible en: <https://www.wyyy.files.wordpress.com/2013/02/disec3b1o-de-experimentosmontgomery.pdf>
- Mundo aleatorio. Deshidratación osmótica de frutas Universidad de Colombia [En línea]. Colombia, 2004. [Fecha de consulta: 24 de septiembre 2015] Disponible en: http://www.alimentariaonline.com/media/MA001_DESOS.pdf
- OCHOA Martínez, C.I y ALAYA Aponte, A. modelos matemáticos de transferencia de masa en deshidratación osmótica mathematical models of mass transfer in osmotic dehydration modelos matemáticos de transferencia de masa en deshidratación osmótica. Revista Ciencia y Tecnología Alimentaria [En línea].2009. Vol. 4, n° 5. [Fecha de consulta: 20 de setiembre 2015] Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/11358120509487660>.
- PENNINGTON y Sarukhan, J. 1998. Árboles tropicales de Mexico. Mexico : s.n., 1998. 518 Pp.
- Proyecto de cooperación UE – Perú en materia de asistencia técnica relativa al comercio - ALA/2004/016-913. Perú, 2008[fecha de consulta: 17 octubre 2015], Disponible en: <http://www.mincetur.gob.pe/Comercio/uperu/licitacion/pdfs/Informes/7.pdf>
- Rand Corporation, Random Number Tables. 1995 [fecha de consulta: 21 de noviembre 2015], Disponible en: <http://www.nist.gov/pml/wmd/pubs/upload/AppenB-HB133-05-Z.pdf>
- RODRÍGUEZ Barona, Sneyder; Juliana GRANADA Orozco Y GIRALDO. Gloria. Comparación de inulina y sacarosa como agentes osmóticos en mora de castilla (*rubus glaucus*). Vitae [En línea]. 2012. Vol. 19, n° 1. [Fecha de consulta: 14 de noviembre 2015] Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914008.pdf>. ISSN: 0121-4004
- RODRÍGUEZ Gracey, Cristina Alessia. Efecto de la concentración y temperatura de jarabes de fructosa y sacarosa invertida en las características fisicoquímicas y aceptación sensorial de cubos de mango(mangifera indica)variedad edwards deshidratado osmoconvectivamente. [En línea].2012. Vol. [Fecha de consulta: 20 de setiembre 2015] Disponible en: http://agroind.unitru.edu.pe/investigaciones/tesises/efecto_d_la_concentracion_y_temperatura_d_jarabes_d_fructosa_y_sacarosa_invertida_en_las_caracteristicas_fisicoquimicas_y_aceptacion_d_cubos_d_mango_deshidratado.pdf.
- ROJAS, Víctor A. Cinética de deshidratación osmótica en claudia (*Prunus domestica*) mediante el uso de miel de abeja. Universidad Técnica De Ambato.[En línea] Ecuador, 2011. [Fecha de consulta: 19 de septiembre 2015] Disponible en: <http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789/3262>.
- ROSSI et al. Efecto de la temperatura y sinergismo de sacarosa, sacarina y sugar light en la deshidratación

- osmótica de aguaymanto (*Physalis peruviana*). *Agroindustrial Science - Universidad Nacional de Trujillo* [En línea].2012 [Fecha de consulta: 14 de noviembre 2015] Disponible en: <https://hortintl.cals.ncsu.edu/es/articles/effecto-de-la-temperatura-y-sinergismo-de-sacarosa-sacarina-y-sugar-light-en-la-deshidrataci>.
<http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/111/128>.
- SALSAMENDI [et al]. Efecto de distintas concentraciones de sacarosa, miel y ácido ascórbico en la calidad sensorial y microbiológica de una mezcla de frutas cortadas. *Revista de ciencia y tecnología* no.19. Argentina, 2013. [Fecha de consulta: 20 de septiembre 2015] Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-75872013000100006.
 - SENASA. Informe agrario y la seguridad alimentaria. Perú, 2015 [fecha de consulta: 18 octubre 2015], Disponible en: <http://agraria.pe/noticias/plan-nacional-apicola-2015-2025-impulsa-competitividad-y-sos-8180>
 - SANCHO, J; BOTA, E y CASTRO, J. *Introducción al Análisis Sensorial de los Alimentos*. España. Editorial Ediciones de la Universidad de Barcelona. 1999. 352p.
 - SUCA Apaza, Carlos Alberto. *Manual de osmodeshidratación de Alimentos*, Serie Tecnologías Emergentes en Ciencia de Alimentos [en línea]. Editorial Universitaria de la UNCP, 2010. [Fecha de consulta: 28 setiembre 2015]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/66222913/Manual-de-Osmodeshidratacion-2011>.
 - TORRES, Elsa. “En el mundo de los snacks”, en *Revista Industria Alimenticia*. Abril 2009. Viviant, Viviana. “Snacks saludables, una novedosa tendencia”, en *Revista La alimentación Latinoamericana* 2007. [Fecha de consulta: 26 de septiembre] Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/877/8772214010.pdf>
 - Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. *Diseño en bloques incompletos balanceados*. Ayacucho, Perú, 2010 [Fecha de consulta: 21 de noviembre 2015] Disponible en: http://estadistica.260mb.com/Heber_DB_IB.pdf?ckattempt=1