

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL



DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE LA PAPAYITA
NATIVA (*Vasconcellea pubescens*) EN TRES
AGENTES OSMODESHIDRATANTES.

Presentado por:

Br. ELIZABETH VALERO MARIÑO

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

ANDAHUAYLAS - APURÍMAC - PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL



Presentado por:

Br. ELIZABETH VALERO MARIÑO

DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE LA PAPAYITA
NATIVA (*Vasconcellea pubescens*) EN TRES
AGENTES OSMODESHIDRATANTES.

Asesor:

Ing. MSc. CHOQUE QUISPE, David.

ANDAHUAYLAS - APURÍMAC - PERÚ

2017



Universidad Nacional José María Arguedas

Identidad y Evolución para el Trabajo Productivo y el Desarrollo

FACULTAD DE INGENIERIA

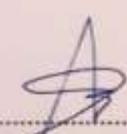
APROBACIÓN DEL ASESOR

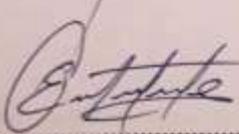
El que suscribe:

Ingeniero químico **David Choque Quispe**, identificado con **colegiatura CIP N° 75470**, profesor categoría docente Auxiliar a Modalidad Ordinario, adscrito al **Departamento Académico de Tecnología Agroindustrial**, por la presente hace constar:

Que la bachiller en Ingeniería Agroindustrial **ELIZABETH VALERO MARIÑO** ha culminado satisfactoriamente el informe final de tesis intitulado: "**DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE LA PAPAYITA NATIVA (*Vasconcellea Pubescens*) EN TRES AGENTES OSMODESHIDRATANTES**", para optar el título profesional de ingeniero agroindustrial.

Andahuaylas, 27 de noviembre del 2017


.....
Ing. MSc. David Choque Quispe
Asesor de tesis


.....
Br. Elizabeth Valero Mariño
Tesista

Sede Administrativa Central: Jr. Juan Francisco Ramos N° 380 - Andahuaylas. Telefax: 083-421394
Sede Académica - Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial: Av. 28 de Julio N° 1103 - Talavera.
Sede Académica - Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas: Av. Sol Naciente s/n - San Jerónimo.



FACULTAD DE INGENIERÍA

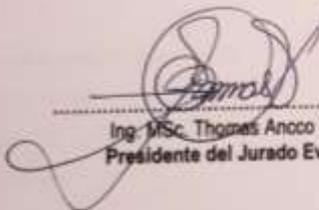
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

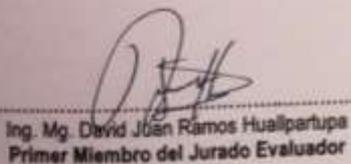
En el Salón de Grados de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, de la Sede Académica Santa Rosa de la Universidad Nacional José María Arguedas de la ciudad de Andahuaylas, siendo las diez de la mañana del día martes veinticuatro de octubre del año dos mil diecisiete, se reunieron el Ing. MSc. Thomas Ancco Vizcarra, el Ing. Mg. David Juan Ramos Hualpartupa, el Ing. Juvenal Rivas Leguía, integrantes del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis intitulado: "DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE LA PAYITA NATIVA (*CARICA PUBESCENS*) EN TRES AGENTES OSMODESHIDRATANTES", cuya autora es la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial ELIZABETH VALERO MARIÑO y su Asesor Ing. MSc. David Choque Quispe, con el propósito de proceder a la sustentación y defensa de dicha tesis.

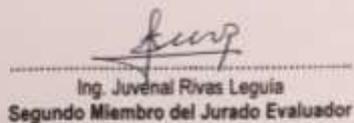
Luego de la sustentación y defensa del tesista, el Jurado Evaluador ACORDÓ: APROBAR por UNANIMIDAD a la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial ELIZABETH VALERO MARIÑO, obteniendo la siguiente calificación y mención:

Nota escala vigesimal		Mención
Números	Letras	
14	CATORCE	BUENO

En señal de conformidad, se procedió a la firma de la presente acta en 03 ejemplares.


Ing. MSc. Thomas Ancco Vizcarra
Presidente del Jurado Evaluador


Ing. Mg. David Juan Ramos Hualpartupa
Primer Miembro del Jurado Evaluador


Ing. Juvenal Rivas Leguía
Segundo Miembro del Jurado Evaluador



Universidad Nacional José María Arguedas

Identidad y Excelencia para el Trabajo Productivo y el Desarrollo

FACULTAD DE INGENIERIA

APROBACIÓN DEL JURADO DICTAMINADOR

LA TESIS: DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE LA PAPAYITA NATIVA (*Vasconcellea pubescens*) EN TRES AGENTES OSMODESHIDRATANTES; para optar el título profesional de ingeniero agroindustrial, ha sido evaluada por el jurado dictaminador conformado por:

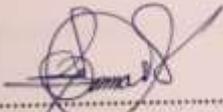
PRESIDENTE : Ing. MSc. Thomas Ancco Vizcarra

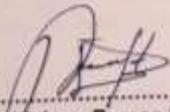
SECRETARIO : Ing. MSc. David Juan Ramos Huallpartupa

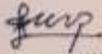
VOCAL : Ing. Juvenal Rivas Leguía

Habiendo sido aprobado por UNANIMIDAD, en la ciudad de Andahuaylas el día 24 del mes de octubre del año 2017.

Andahuaylas, 30 de noviembre del 2017


Ing. MSc. Thomas Ancco Vizcarra
PRESIDENTE DEL JURADO DICTAMINADOR


Ing. MSc. David Juan Ramos Huallpartupa
SECRETARIO DEL JURADO DICTAMINADOR


Ing. Juvenal Rivas Leguía
VOCAL DEL JURADO DICTAMINADOR

Sede Administrativa Central: Jr. Juan Francisco Ramos N° 380 - Andahuaylas, Telefax: 083-421394
Sede Académica - Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial: Av. 28 de Julio N° 1103 - Talavera.
Sede Académica - Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas: Av. Sol Naciente s/n - San Jerónimo.

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía y darme las fuerzas para seguir adelante y lograr mis objetivos.

A mis queridos padres Zenobia Mariño Tello y Timoteo Justo Valero Luque por todo el apoyo que me dieron y quienes me dan valor de seguir adelante.

A mis hermanos: Justo, Yony, Jacob, Elías, Rebeca, Ruth, David, Sara, Anani, Cescia, por su comprensión y apoyo incondicional

No importa cuántas veces te equivocas o con que lentitud progresas, sigues estando muy por delante de los que ni lo intentan.

Anthony Robbins

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional José María Arguedas – Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (EPIA) por darme la oportunidad de estudiar y ser profesional y haberme permitido utilizar los laboratorios para realizar la presente investigación.

A mi asesor de tesis MSc. David Choque Quispe por su asesoramiento en la realización de mi proyecto de investigación y el informe final de tesis.

Al presidente del jurado evaluador MSc. Thomas Ancco Vizcarra por su apoyo incondicional en la redacción del informe final de investigación y ayudarme en la obtención e interpretación de resultados.

A los Integrantes del jurado evaluador al Al MSc. Thomas Ancco Vizcarra, al MSc. David Ramos Huallpartupa y al Ing. Juvenal Rivas Leguía, por su aporte al desarrollo de la presente tesis.

Al PhD. Florentino Mendoza Marín por su apoyo incondicional en revisar mi informe de investigación y ayudarme en la interpretación de resultados.

A todos los docentes, por brindarme sus enseñanzas y ofrecerme su amistad a lo largo del tiempo que estuvimos albergados en las aulas de la UNAJMA.

A mis amigas y amigos, por compartir bellos momentos, experiencias vividas a lo largo del tiempo que estuvimos albergados en las aulas de la UNAJMA y por todo el apoyo que me dieron e insistir en concluir esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	vi
EPÍGRAFE.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
NOMENCLATURA.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN	17
CAPITULO 2 REVISIÓN DE LITERATURA	18
2.1. ANTECEDENTES	18
2.2. Papayita nativa	21
2.2.1. Taxonomía.	22
2.3. Deshidratación osmótica	22
2.3.1. Primera etapa de la deshidratación osmótica	24
2.3.2. Última etapa de la deshidratación osmótica.....	25
2.4.2. Factores que influyen en la deshidratación osmótica.....	25
2.4.2.1. Factores intrínsecos en la deshidratación osmótica	26
a. Naturaleza del alimento.....	26
b. Tamaño y forma del alimento.....	26
2.4.2.2. Factores extrínsecos.....	26
a. Tiempo de proceso (inmersión).....	26
b. Tipo de agente osmótico.....	27
c. Concentración de la solución osmótica.....	27
d. Temperatura de la solución osmótica.....	28

e. Agitación en el proceso	28
f. Relación solución: alimento	28
2.5. Ósmosis	29
2.6. Sacarosa	29
2.7. Miel de abeja	30
2.7.2. Composición fisicoquímica de la miel de abeja.....	31
2.8. Maltodextrina	31
2.9. Coeficiente de difusión (2° Ley de Fick).....	31
CAPITULO 3 MATERIALES Y METODOLOGIA.....	33
3.1. MATERIALES	33
3.1.1. Lugar de ejecución.....	33
3.1.2. Material de estudio	33
3.2. EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS.....	33
3.3. METODOLOGIA.....	34
3.3.1. Descripción del proceso.....	34
3.3.1.2. Diagrama de flujo del proceso	36
Proceso de deshidratación osmótica de la papayita nativa	36
3.3.1.3. Metodología para determinar la humedad inicial de la papayita nativa sin deshidratar.....	37
3.3.1.4. Metodología para determinar el coeficiente de difusividad	37
3.3.1.5. Metodología para determinar la ganancia y pérdida de sólidos.	38
a. Pérdida de peso (PP).....	38
b. Pérdida de agua (PA):.....	38
c. Ganancia de sólidos (SG).	39
3.3.1.6. Metodología para determinar la humedad final de la papayita nativa DO	39
a. Contenido de sólidos totales (ST).	39
b. Humedad final.....	39

3.3.2. Análisis estadísticos	39
3.3.2.2. Diseño DCA	39
CAPITULO 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
4.1. Características iniciales de la papayita nativa.	41
4.1. Resultados de la determinación y comparación del coeficiente de difusividad efectiva.....	41
4.2. Resultados de la determinación y comparación de las curvas de ganancia y pérdida de sólidos en la DO de la papayita nativa	42
4.3. Resultados de la determinación y comparación de humedad final de la papayita nativa DO.....	47
CONCLUSIONES.....	50
RECOMENDACIONES.....	51
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	52
ANEXOS.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Contenido de minerales en frutas nativas peruanas.....	21
Tabla 02: Composición físico química de la miel de abeja.	30
Tabla 03: Estructura para el diseño experimental.	38
Tabla 04: Características iniciales de la papayita nativa.....	39
Tabla 05. Prueba de rango múltiple por el método LSD al 95%, para la difusividad efectiva	41
Tabla 06. Prueba de rango múltiple por el método LSD al 95%, para pérdida de peso.....	43
Tabla 07. Prueba de rango múltiple por el método LSD al 95% para ganancia de sólidos.....	43
Tabla 08. Características finales de la papayita nativa deshidratada osmóticamente.....	46
Tabla 09. Prueba de rango múltiple por el método LSD al 95%, para la humedad final de la papayita nativa DO.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Frutos de papayita nativa	20
Figura 02. Diagrama de transferencia de masa.	22
Figura 03. Primera etapa de la deshidratación osmótica.....	23
Figura 04. Última etapa de la deshidratación osmótica.	23
Figura 05: Proceso de ósmosis.	28
Figura 06: Flujo de operaciones para la deshidratación osmótica de la papayita nativa.	37
Figura 07. Ajuste de la curva de ganancia de sólidos en función al tiempo de la DO de papayita nativa en diferentes agentes osmodeshidratantes de sacarosa, miel de abeja y maltodextrina.....	44
Figura 08. Ajuste de la curva de pérdida de peso en función al tiempo de la DO de papayita nativa en diferentes agentes osmodeshidratantes de sacarosa, miel de abeja y maltodextrina.....	45

NOMENCLATURA

DO	: Deshidratación osmótica
PP	: Pérdida de peso
PA	: Pérdida de agua
GS	: Ganancia de sólidos
ST	: Sólidos totales
H	: Humedad
T°	: Temperatura
°Brix	: Grados Brix
pH	: Potencial de Hidrógeno
kg	: Kilógramo
g	: Gramo
cm ³	: Centímetro cúbico
cm ²	: Centímetro cuadrado
cm	: Centímetro
m ²	: Metro cuadrado
°C	: Grados centígrados
D _{ef.}	: Difusividad efectiva
h	: Hora
Min	: Minuto
s	: segundo
bh	: Base húmeda
K	: Constante
ST°	: Sólidos Totales iniciales
m _o	: Masa inicial
m _f	: Masa final
Y*	: Razón de humedades
X	: Contenido de agua
X _e	: Contenido de agua en el equilibrio
X _o	: Contenido de agua inicial
S1	: Sacarosa.
Ma1	: Miel de abeja.
Md1	: Maltodextrina.
D _{ef}	: Difusividad efectiva

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue deshidratar osmóticamente papayita nativa (*Vasconcellea pubescens*) en tres agentes osmodeshidratantes (Sacarosa - azúcar comercial, Miel de abeja y Maltodextrina), fue realizado en el laboratorio de química de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas ubicado a 2830 m.s.n.m. Se determinó la ganancia de sólidos (GS) y pérdida de peso (PP) por el método de Azuara, para la humedad inicial de la fruta se aplicó el método AOAC 930.15, además se realizó el cálculo del coeficiente de Difusividad efectiva para láminas infinitas mediante el modelo de Crank. Se comparó los tres tratamientos bajo un diseño completamente al azar (DCA), determinándose que el agente de mayor capacidad osmodeshidratante fue miel de abejas (69.26% H, 7.27% PP acumulado, 16.95% GS), a diferencia de Maltodextrina que presentó mayor contenido de humedad (80.13% H) y menor ganancia de sólidos (9.38% GS). Por otro lado se determinó la difusividad efectiva del agua en la deshidratación osmótica de la papayita obteniendo valores de $1.2062 \times 10^{-13} \text{ m}^2/\text{s}$ sacarosa, $1.2062 \times 10^{-13} \text{ m}^2/\text{s}$ miel de abeja, $7.5052 \times 10^{-14} \text{ m}^2/\text{s}$ maltodextrina.

Palabras claves

Papayita nativa, Deshidratación osmótica, Agente osmodeshidratante, Ósmosis, Maltodextrina, Sacarosa, Miel de abeja.

ABSTRACT

The objective of this work was to dehydrate osmotically la papayita native (*Vasconcellea pubescens*) in three osmodeshidratantes commercial - sugar (sucrose, honey and maltodextrin), was performed in the laboratory of chemistry of the agro-Industrial Engineering Professional School of the National University José María Arguedas, located 2830 meters above sea level, it was determined the gain of solids (GS) and weight loss (PP) by the method of Azuara, for the initial moisture of the fruit is applied the AOAC Method 930.15, in addition to the calculation is made of the effective diffusivity coefficient for endless using the Crank. Comparing the three treatments in a completely randomized design (DCA), it was determined that the agent of greater capacity osmodeshidratante was honey bees (69.26%, 10.07%, 16.95% PP GS), unlike Maltodextrin that presented greater moisture content (80.13%) and less solid gain (9.38% GS). On the other hand it was determined the effective water diffusivity in the osmotic dehydration of la papayita obtaining values of 1.2062×10^{-13} m²/s sucrose, 1.2062×10^{-13} m²/s honey bee, 7.5052×10^{-14} m²/s maltodextrin.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

Existe un tipo de transformación industrial que ha ido adquiriendo mayor importancia y se ha convertido en el centro de atención de muchos investigadores. Este proceso, que se conoce como deshidratación osmótica, y que podría aplicarse a la papayita nativa que es un fruto comestible similar a la papaya, y puede consumirse cocinado o fresco, rico en enzimas digestivas como la papaína. La producción de esta fruta en Andahuaylas es a nivel de huertos y en algunos casos se encuentran de forma silvestre, el acopio lo realizan los mismos productores quienes venden los frutos tanto al consumidor final en mercados y feria (feria dominical de Andahuaylas), o son vendidos a las empresas transformadoras. Existen muy pocos acopiadores de la materia prima, principalmente estos acopiadores acopian de los árboles o frutales que se encuentran de forma silvestre y siendo éstos principalmente mujeres y jóvenes que acopian realizando contacto con los transformadores para su abastecimiento. Son utilizadas principalmente para la elaboración de néctar, jugos y mermelada como acompañante del yogurt. La papayita nativa después de ser cosechada y por ser un fruto climatérico, el ritmo respiratorio incrementa, acelerando el proceso de senescencia, efecto que muy frecuentemente se observa en la comercialización de este fruto tropical, asimismo se ha observado que las condiciones atmosféricas de la ciudad de Andahuaylas viene a constituirse como un aliado que contribuye en el proceso de deterioro del producto, que trae como consecuencia que la calidad comercial se vea mermada, conjuntamente con los atributos sensoriales y la vida en anaquel. Por lo que se propone la deshidratación osmótica para evitar en alguna medida que este producto pierda su calidad y tenga mejores oportunidades de uso. En los procesos de deshidratación osmótica un gran número de investigaciones se emplean soluciones de sacarosa, pero la sacarosa trae consigo problemas de salud, por lo que para lograr un producto saludable se pretende estudiar solutos como la miel de abeja y maltodextrina. El objetivo principal de este trabajo es determinar la influencia de tres agentes edulcorantes (Sacarosa, Miel de abeja y maltodextrina) en la deshidratación osmótica de papayita nativa. Los objetivos secundarios es determinar y comparar la ganancia de sólidos, pérdida de sólidos, coeficiente de Difusividad, humedad y °Brix final de la papayita nativa deshidratada osmóticamente.

CAPITULO 2

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Ríos, M.; Márquez C.; y Ciro, H. (2005) estudiaron trozos de papaya hawaiana, (*Carica papaya* L.) usaron cuatro agentes edulcorantes: miel de abejas, miel de caña, crema de miel de abejas y sacarosa en medio acuoso a 79 grados Brix, temperatura de 20 °C y 23 horas de inmersión. Obtuvieron que el agente de mayor capacidad deshidratante fue la miel de abejas y el menor la sacarosa. Además, los análisis cinéticos indicaron que la máxima transferencia de masa ocurre en las primeras cuatro horas del proceso y la máxima pérdida de masa del producto que puede ser alcanzada fue de 32% con un contenido de humedad final en los frutos de papaya osmodeshidratada de 41,3% b.h.

Rojas (2011) estudio la cinética de deshidratación osmótica en *Claudia (prunus domestica)* mediante el uso de miel de abeja a tres temperaturas de 20, 30 y 40 °C, utilizando tres concentraciones de miel de abeja a 40, 50 y 60 °Brix, durante 120 minutos La mayor pérdida de humedad y ganancia de sólidos solubles se consiguió con el tratamiento a2b2 (40 °C de proceso y 60 °Brix de agente osmótico) alcanzando un valor de humedad de 73%.

Vega, A.; Palacios, M.; Boglio, F.; Pássaro, C.; Jerez, C.; y Lemus, R. (2006), Estudiaron la cinética de deshidratación osmótica de la papaya chilena (*Vasconcellea pubescens*), utilizando dos variables experimentales: la temperatura (30, 40, 50 °C) y concentración (40, 50 y 60%) de la solución osmótica. Se determinó la variación de masa total, masa de agua y masa de sólidos solubles. Observaron que la mejor condición de salida de agua y ganancia de sólidos solubles durante la deshidratación osmótica de la papaya chilena fue a 30 °C con una concentración del 60%.

Andrade, E.; Teixeira, M.; Vilela, S.; Antun, M.; y Ivanilda, M. (2008) estudiaron la Influencia del agente osmótico en la composición físico - química y en la cinética de secado de la manzana Gala, en soluciones de sacarosa y maltodextrina por seis horas, estas fueron deshidratadas a 70 °C en un secador, hasta llegar a 10% de humedad. El tratamiento osmótico con sacarosa, promovió un aumento en los

azúcares no reductores y rendimiento mayor en el proceso. Con relación a la cinética de secado, la osmosis promovió una reducción en las tasas de secado, sin embargo no hubo diferencias notables en función del tipo de soluto utilizado.

Morgado, M.; Pérez, A.; Pérez, D.; Ávila, M. (2013) estudiaron el efecto de la osmodeshidratación de la fruta bomba cultivar Maradol roja en tres edulcorantes; Crema de miel 75 °Brix, Jarabe de miel 30 °Brix y Jarabe de sacarosa 30 °Brix, se evaluó la pérdida de agua y la ganancia de soluto, tanto del edulcorante como de las rodajas, durante el proceso de osmodeshidratación, se determinó el porcentaje de pérdida de masa de la fruta. 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.

Acevedo, D.; Tirado, D.; y Guzmán, L. (2013) evaluaron la cinética de deshidratación osmótica en pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica L.*), a partir del índice de efectividad y se estudió la influencia de la temperatura y la concentración de la solución sobre el proceso. Para ello, se determinó experimentalmente la pérdida de agua, pérdida de peso y ganancia de sólidos durante la deshidratación osmótica de la pulpa, en soluciones hipertónicas de sacarosa, con 30, 40 y 60°Brix y temperaturas de 29 y 50 °C. Como resultado, se obtuvo que a mayor concentración y temperatura de la solución, se produzcan mayores pérdidas de agua, pérdida de peso y ganancia de sólidos.

Campos, A.; y Flores, D. (2012) estudiaron la deshidratación osmótica de placas de chayote (*sechium edule*) utilizando soluciones hipertónicas de sacarosa a concentraciones de 40, 50 y 60 % y cloruro de sodio en 5, 10 y 15 % a diferentes temperaturas: 40 °C, 50 °C y 60 °C. Las placas fueron sumergidas en las soluciones en una relación de 1:20 durante 2 horas. Se observó que la concentración del soluto osmótico y la temperatura son directamente proporcionales a la pérdida de agua y a la ganancia de sólidos en placas de chayote. El cloruro de sodio genera una menor ganancia de sólidos y una menor pérdida de agua en comparación con la sacarosa en placas de chayote. El proceso de ósmosis en el chayote favorece la inclusión del mismo en el desarrollo de nuevos productos alimentarios.

Arreola, S.; y Rosas, M. (2007) determinaron los coeficientes de difusión efectivos y los coeficientes de transferencia de masa para la humedad perdida y para los sólidos ganados en el proceso de deshidratación osmótica de higos (*ficus carica*), a tres concentraciones de sacarosa en solución (55, 65 y 75%) y dos temperaturas (35 y 45 °C), bajo vacío constante (aprox. 40 kPa). Se consideró una geometría esférica y estado inestable, así como una cinética de primer orden. Los coeficientes de difusión y de transferencia de materia para agua incrementaron con la temperatura y los valores mayores se obtuvieron para una concentración de 65% de azúcar y 35 °C. La concentración de la solución osmótica y la temperatura influyen considerablemente durante el proceso debido a que un aumento de esta última intensifica la eliminación de agua y la penetración de sacarosa.

Della, R.; y Mascheroni, R. (2011) estudiaron la deshidratación de papas por métodos combinados de secado, deshidratación osmótica, secado por microondas y convección con aire caliente, buscaron el valor de las variables que maximizan la pérdida de peso (PP), incrementando la pérdida de agua (PA) y minimizando la ganancia de sólidos (GS) A continuación se estudiaron cada una de estas variables y sus efectos sobre el fenómeno de deshidratación. Para ello se modificaron cada una de las variables que se deseaban analizar manteniendo las restantes constantes, se puede apreciar que la velocidad de deshidratación osmótica, en función del tiempo, aumenta con el incremento en la concentración de sacarosa. También se puede inferir que la mayor pérdida de peso se produce aproximadamente durante las dos primeras horas de deshidratación osmótica para todas las concentraciones de sacarosa ensayadas. El producto pierde mayor cantidad de agua cuando se halla inmerso en las soluciones de concentración en sacarosa elevadas debido a que la fuerza impulsora, diferencia entre las presiones osmóticas en el interior del producto y la solución, es más apreciable.

Tepper (1996) estudió la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de palta fuerte en trozos de forma semilunar de un centímetro de espesor, que se sumergieron previamente en una solución antioxidante de ascorbato de sodio (1,5%) y ácido ortofosfórico (1%) durante 20 minutos. Evaluó la pérdida de peso (PP) que alcanzó valores de 5,7; 17,5 y 30,3% para T1, T2 y

T3, respectivamente. La mayor pérdida de agua (PA) se logró con el T3 (39,4%), en tanto que con T1 y T2 sólo se logró una PA de 14,8 y 22,4%, respectivamente. Los sólidos solubles ganados (SG) llegaron a 8,5; 4,4 y 9,2% para T1, T2 y T3, respectivamente. Además midió el contenido de humedad (H) y el contenido de sólidos solubles en la fruta (SS). Calculó los coeficientes de difusión aparente del agua y de los sólidos solubles, considerando su variación en el tiempo. Se observó una disminución generalizada de los coeficientes de difusión aparente del agua (D_a) y de los sólidos solubles (D_s) con el transcurso del tiempo, debido a que la estructura sólida se deforma y se encoge, fluctuando entre 35,8 y 4,6 x 10⁻¹⁰ m²/s y entre 31,8 y 6,0 x 10⁻¹⁰ m²/s, respectivamente.

2.2. Papayita nativa

La papayita nativa (*Vasconcellea pubescens*), llamada también papaya de la sierra, papayita arequipeña o papaya de monte. Requiere de climas templado - cálido. El fruto es una baya, de pericarpio delgado, jugoso, de color amarillo (pulpa y piel), pasando por color verde durante la madurez. El centro es hueco y se encuentra totalmente ocupado por las semillas envueltas en un tejido mucilaginoso; presenta una forma oblongo - ovoide de 5 a 10 centímetros de largo por 3 a 6 centímetros de ancho y tiende a ser ovalada, con los extremos aguzados. Es un fruto comestible similar a la papaya, y puede consumirse cocinado o fresco, es rico en enzimas digestivas como la papaína. (Repo y Encina, 2008)



Figura 01. Frutos de papayita nativa.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.1. Taxonomía.

La papayita nativa (*Vasconcellea pubescens*) presenta la siguiente clasificación taxonómica y en la Tabla 01, se presenta el contenido de minerales de la papayita nativa.

Reino: plantae

División: magnoliophyta

Clase: magnoliopsida

Orden: brassicales

Familia: caricaceae

Género: Vasconcellea

Especie: V. pubescens

Fuente: (Repo y Encina, 2008)

Tabla 01. Contenido de minerales en frutas nativas peruanas (mg/100g de fruta).

Fruta	Fosforo	Calcio	Hierro	Zinc	Potasio
Papayita nativa	600	14.6	0.4	0.1	242
Tuna verde	332	29.8	0.5	0.2	25.6
Tuna roja	286.6	38.6	0.4	0.3	30.1
Tuna anaranjada	251.3	39.6	0.3	0.2	26.1
Tomate de árbol	44.7	25.56	0.9	0.45	441.03
Aguaymanto	37.9	10.55	1.24	0.4	292.65

Fuente: Repo y Encina, 2008

2.3. Deshidratación osmótica

La deshidratación osmótica es una técnica que permite eliminar parcialmente el agua de los tejidos de los alimentos por inmersión en una solución hipertónica, sin dañar el alimento y afectar desfavorablemente su calidad (Della, 2010).

El principal objetivo de la deshidratación de alimentos es extender la vida útil de los mismos mediante una disminución del contenido de humedad, reduciendo así la actividad de agua e inhibiendo con esto el crecimiento microbiano y la actividad enzimática, factores que provocan el deterioro de los alimentos (Ceballos, 2005).

La deshidratación osmótica es el proceso de remoción del agua en el cual los materiales celulares (frutas o vegetales) son inmersos en una solución concentrada de solutos solubles.

La concentración resulta de un flujo osmótico de agua causado por el gradiente de actividad entre el agua y el soluto a través de la membrana semipermeable de la célula, entonces la concentración osmótica se da de forma simultánea al proceso de difusión de agua y soluto.

La deshidratación osmótica es el pre tratamiento reportado más común usado antes del secado por aire caliente (Martínez, 2012). Este proceso consiste esencialmente en poner en contacto el producto alimenticio con una solución de azúcar o sal y permitir la difusión del agua del producto. En la figura 02, se muestra el fenómeno de transferencia de masa que ocurre en las células de los alimentos durante la deshidratación osmótica.

La cantidad intercambiada de soluto depende de la concentración y temperatura de la solución osmótica, el tiempo de inmersión y la superficie expuesta, a diferencia de otras técnicas como el curado de la carne y la salazón de queso, la deshidratación osmótica se basa en una remoción significativa de agua frente a una menor entrada de solutos al alimento. Es así como durante la DO se originan dos flujos principales y un tercero poco apreciable:

- Una importante salida de agua desde el producto hacia la solución,
- Una entrada de soluto(s) desde la solución hacia el alimento.

Las principales ventajas que se adjudican a la deshidratación osmótica como primera etapa de un método combinado de deshidratación de alimentos son:

- Es eficiente desde el punto de vista energético ya que se lleva a cabo generalmente en condiciones cercanas a la temperatura ambiente sin que el agua cambie de fase.
- No se afecta prácticamente el color, el sabor, el aroma y la textura del alimento.
- Es un proceso tecnológicamente sencillo.
- Se puede trabajar con pequeños volúmenes de producto.
- Produce un daño mínimo en la estructura del alimento deshidratado ya que no debe someterse a altas temperaturas como en otros tratamientos térmicos como es el caso del secado convectivo.
- Por lo general, no se requiere tratamiento químico previo para evitar el pardeamiento del producto, pues al estar sumergido en la solución se minimiza el contacto con el oxígeno y de esta manera, se retarda el proceso.

- Se retienen la mayoría de los nutrientes.
- Mejora de la estabilidad del producto. La actividad de agua del alimento disminuye de modo tal de inhibir parcialmente el crecimiento microbiano y así extender la vida útil del alimento.
- Disminuyen los costos de empaque y transporte al disminuir el peso por eliminación parcial del agua. (Martínez, 2012).

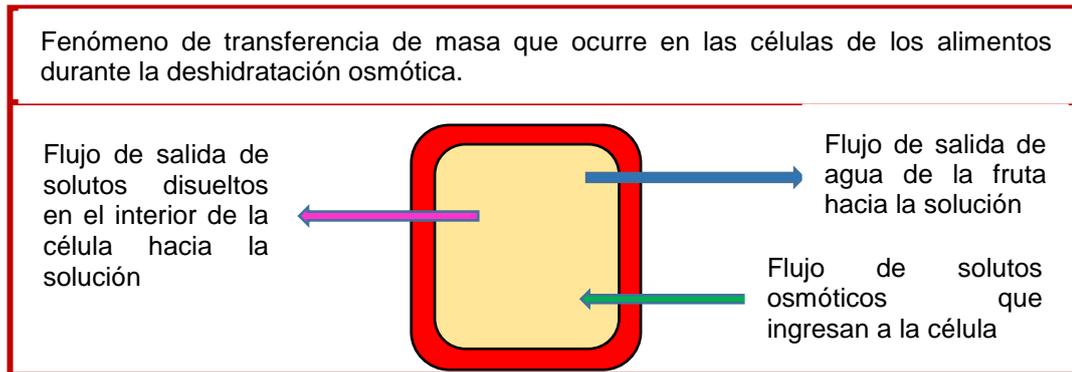


Figura 02. Esquematación de la transferencia de masa.

Fuente: Sharma *et al.*, 2003.

2.3.1. Primera etapa de la deshidratación osmótica

En la primera etapa de la deshidratación se observa el alimento en estado fresco e intacto estructuralmente en donde el agua comienza a ser eliminada por capilaridad en el transcurso del proceso osmótico véase la figura 03. (Colina, 2010).

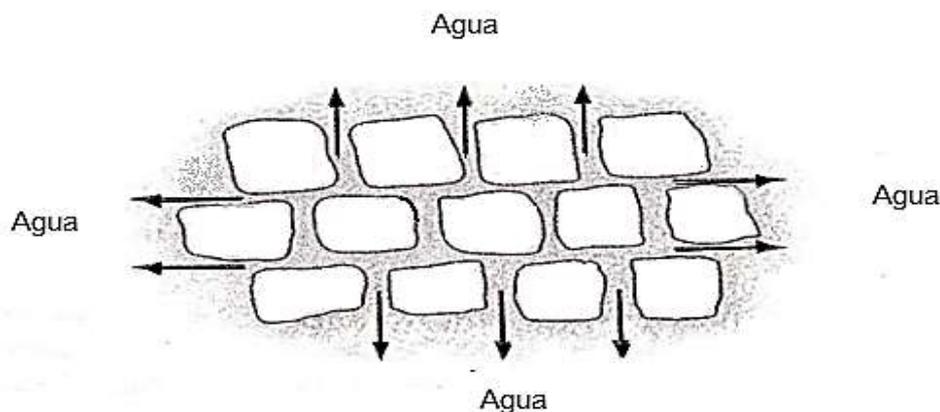


Figura 03. Primera etapa de la deshidratación osmótica.

Fuente: Colina, 2010.

2.3.2. Última etapa de la deshidratación osmótica

El agua interna del alimento se va eliminando, en donde sus células se observan ligeramente compactadas y distribuidas hacia el exterior en un proceso de capilaridad. Mientras que si la velocidad de eliminación de agua incrementa de forma abrupta se presenta un proceso de difusión de agua activa y acelerada en donde finalmente las células se observan deformadas y colapsadas por la influencia de la tensión superficial véase la figura 04. (Colina, 2010).

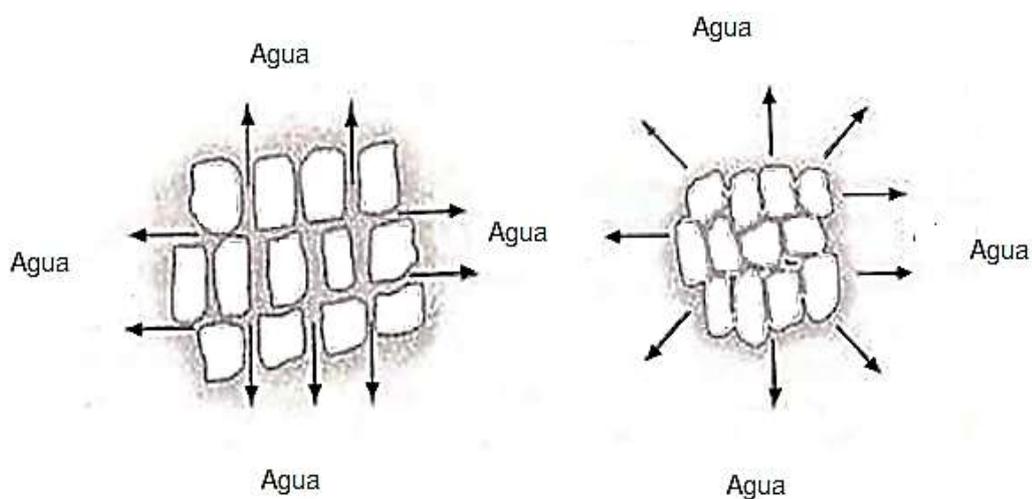


Figura 04. Última etapa de la deshidratación osmótica

Fuente: Colina, 2010.

2.4.2. Factores que influyen en la deshidratación osmótica.

La transferencia de masa durante la deshidratación osmótica ocurre a través de las membranas y paredes celulares. El estado de las membranas celulares puede variar de parcialmente a totalmente permeable. Este fenómeno puede llevar a cambios significativos en la arquitectura de los tejidos. Durante la remoción osmótica de agua de los alimentos, el frente de deshidratación se mueve desde la superficie que está en contacto con la solución hacia el centro. El esfuerzo osmótico asociado puede resultar en la desintegración celular. La causa más probable del daño celular puede atribuirse a la reducción de tamaño causada por la pérdida de agua durante la deshidratación osmótica, resultando en la pérdida de contacto entre la membrana celular externa y la pared celular (Della, 2010).

2.4.2.1. Factores intrínsecos en la deshidratación osmótica

Son aquellos factores inherentes al alimento:

a. Naturaleza del alimento

Naturaleza celular interna del alimento y porosidad del mismo aumentan o disminuyen acorde a la velocidad de transferencia del soluto y el agua en el proceso de deshidratación osmótica (Apaza, 2007). Papayita nativa, es una fruta carnosa, no presenta una forma homogénea por ser oblongo – ovoide y el centro es hueco y se encuentra totalmente ocupado por las semillas envueltas en un tejido mucilaginoso;

b. Tamaño y forma del alimento.

El tamaño y forma del alimento en el proceso son factores que determinan la superficie total del mismo en contacto con la solución. Si se introducirían los alimentos en forma entera; no se lograría obtener el producto con las características deseadas. Por ello se debe reducir su tamaño para de esta forma facilitar la velocidad de deshidratación osmótica. (Sharma *et al.* 2003).

2.4.2.2. Factores extrínsecos

Son aquellos factores en dónde se los puede controlar; citados a continuación:

a. Tiempo de proceso (inmersión)

El tiempo de inmersión del alimento en la solución depende explícitamente del resultado final deseado y las características del alimento como es la textura y estabilidad del mismo (Apaza, 2007). Pero sin embargo se ha definido que este proceso puede efectuarse entre 1 - 18 horas. Se sabe que la mayor pérdida de agua del alimento se presenta durante las primeras horas en la cuales es preferible evaluar cada media hora y determinar sus pesos obtenidos en relación al inicial. (Colina, 2010).

En la medida en que aumenta el tiempo de procesamiento, se produce una mayor pérdida de agua y una mayor ganancia de sólidos, sin embargo no conviene deshidratar más allá de una pérdida de 50% del peso pues la tasa osmótica disminuye en el tiempo. La principal pérdida de agua ocurre

durante las dos primeras horas y la mayor ganancia de sólidos durante los primeros 30 minutos. (Repo y Encina, 2008)

b. Tipo de agente osmótico.

Es la sustancia utilizada para promover la fuerza impulsora osmótica; debe ser no tóxica y poseer sabor agradable. Para seleccionarla se debe considerar tres factores principales:

- Las características sensoriales del producto a deshidratar
- El costo del agente
- El peso molecular del agente

Los agentes osmóticos más frecuentemente usados son: sacarosa para frutas, y cloruro sódico para hortalizas, pescado y carne. Otros agentes osmóticos son: glucosa, fructosa, lactosa, dextrosa, maltosa, polisacáridos, maltodextrina, jarabe de almidón de maíz y combinaciones de todos aquellos. Para mejorar la efectividad del proceso de ósmosis, y reducir el costo del soluto, algunos investigadores han probado el uso de mezclas de solutos con sacarosa, la elección de la mezcla definitiva depende de muchos factores, tales como el costo del soluto, la compatibilidad organoléptica con el producto final y el efecto conservante que pueda tener el soluto en el alimento (Apaza, 2007)

c. Concentración de la solución osmótica

Existen diferentes agentes osmóticos los más comúnmente usados son la sacarosa para frutas y el cloruro de sodio para vegetales, pescados y carnes; si bien también mezclas de solutos han sido probadas. También se pueden utilizar: glucosa, fructosa, dextrosa, maltodextrina, jarabes de almidón de maíz y sus combinaciones.

El aumento de la concentración de la solución incrementa la pérdida de agua del producto y la velocidad de secado ya que la actividad de agua de la solución decrece con un aumento en la concentración de solutos este no implica un aumento en la impregnación de sólidos a la fruta.

La fuerza impulsora para la DO es la diferencia de presiones osmóticas entre el producto y la solución concentrada en la cual esta inmersas (Campos y Flores, 2012).

Según Lenart y Flink (1984), la pérdida de agua en el alimento alcanza el nivel de equilibrio osmótico acorde al aumento en la concentración del jarabe osmodeshidratante; debido a la actividad de agua del jarabe es decir la fuerza impulsora de la transferencia de materia. Al aumentar la concentración del jarabe se forma una densa capa de soluto sobre la superficie del producto, de modo que se acentúa el efecto osmótico y a su vez se reducen las pérdidas de nutrientes. En jarabes con solutos de alto peso molecular se forman barreras similares incluso a bajas concentraciones (Campos y Flores, 2012).

d. Temperatura de la solución osmótica

La temperatura del proceso es uno de los parámetros más importantes en la cinética de pérdida de agua y la ganancia de solutos. La ganancia de solutos es menos afectada que la pérdida de agua por la temperatura ya que a altas temperaturas el soluto no puede difundir tan fácilmente como el agua a través de la membrana celular de los tejidos del producto (Campos y Flores, 2012). A medida que aumenta la temperatura, se producen una mayor pérdida de agua y peso. A pesar de que la tasa de deshidratación aumenta con la temperatura, no conviene sobrepasar los 49 °C ya que se generan problemas por pardeamiento enzimático y se deteriora el sabor y temperaturas mayores a 60 °C modifican el tejido del alimento. (Repo y Encina, 2008)

e. Agitación en el proceso

La agitación es una operación física fundamental en el proceso de deshidratación osmótica que hace la solución más uniforme eliminando gradientes de concentraciones, temperatura y otras propiedades (Apaza, 2007).

f. Relación solución: alimento

La relación solución osmótica: alimento expresa la cantidad de solución requerida por unidad de peso del alimento a procesar cuando se sumerge el alimento en la solución, éste va perdiendo agua de manera progresiva y a una velocidad directamente proporcional al nivel de concentración de la solución. El agua, por tanto, diluye la solución osmótica a la misma

velocidad con que fluye desde el alimento. Esto provoca un descenso muy pronunciado de la fuerza osmótica (Campos y Flores, 2012).

2.5. Ósmosis

Es un fenómeno natural (difusión pasiva) que ocurre cuando dos soluciones acuosas de diversas concentraciones se ponen en contacto a través de una membrana semipermeable, la cual es una película muy fina que permite el paso preferentemente de las moléculas de agua y la retención de las sales disueltas, coloides, bacterias, etc., hasta lograr que ambas soluciones lleguen a equilibrar sus concentraciones. Pasando el solvente de la región más concentrada a la región menos concentrada. En la osmosis ocurre un transporte espontaneo de disolvente de un soluto diluido o solución salina hacia un soluto concentrado o solución salina a través de una membrana semi permeable que permite el paso del disolvente pero impide el paso de los solutos salinos. (Geankoplis, 2008) El proceso osmótico es un tipo de difusión pasiva caracterizada por la inmersión del alimento en donde se basa en el paso parcial de agua removida a través de la membrana semipermeable desde la solución más diluida (hipotónica) a la más concentrada que rodea la membrana (hipertónica - jarabe concentrado de sólidos solubles), la difusión continuará hasta que las dos soluciones tengan la misma concentración a continuación se presenta un esquematización del proceso de osmosis en la figura 05. (Apaza, 2007).

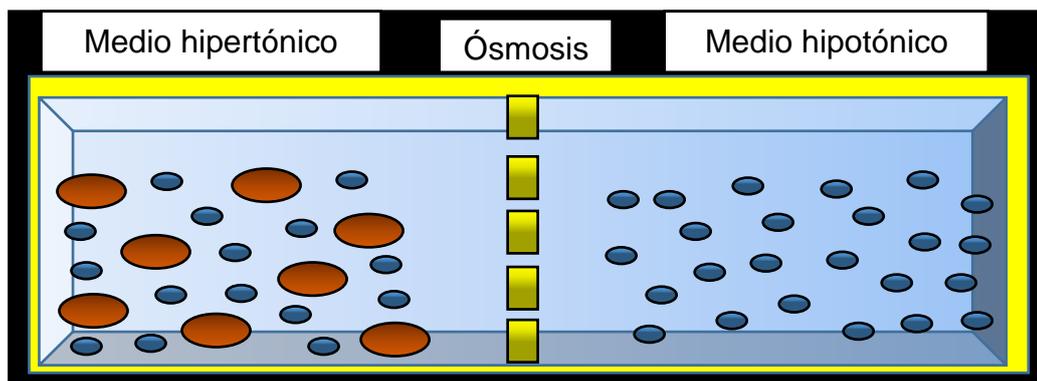


Figura 05: Proceso de ósmosis

Fuente. (Apaza, 2007).

2.6. Sacarosa

La sacarosa es una de las sustancias más empleadas como soluto, debido a su efectividad, conveniencia y sabor deseable. La tasa de eliminación de agua de

eliminación de la fruta por la acción de la sacarosa es rápida al principio pues el sistema trata de equilibrar la concentración de solutos dentro y fuera de la membrana celular, como consecuencia de este intercambio, el jarabe tiene un pronunciado sabor a fruta fresca y podría ser usado como jarabe de mesa o enlatado, El azúcar presenta un peso molecular de 342,30 g/mol y se puede clasificar por su origen (de caña de azúcar, de remolacha), pero también por el grado de refinación de éste. Normalmente la refinación se expresa visualmente a través del color (azúcar moreno, azúcar rubio, blanco), que está dado principalmente por el porcentaje de sacarosa que se le ha extraído. (Martínez, 2012).

2.7. Miel de abeja

La miel es la sustancia natural dulce producida por la abeja o por diferentes subespecies, a partir del néctar de las flores y de otras secreciones extra florales que las abejas liban, transportan, transforman, combinan con otras sustancias, deshidratan, concentran y almacenan en panales. La composición de la miel depende de diversos factores tales como la contribución de la planta, suelo, clima y condiciones ambientales, principalmente. (Ulloa *et al.* 2010). El producto principal generado por la colonia de abejas melíferas como tal, es la miel, producto con unas características físico-químicas muy particulares e interesantes. Las abejas melíferas elaboran la miel a base del néctar recolectado de las flores, convirtiéndola de una sustancia líquida, rala y perecedera, en una sustancia estable y alta en carbohidratos (energía). Esta mayor concentración de azúcares por unidad de espacio hace a su vez posible que el producto sea más resistente a las diferentes actividades llevadas a cabo por organismos que pudiesen dañar la miel. La evaporación de agua hace posible una alta concentración de azúcares (80-83%) por unidad de volumen, lo que genera una presión osmótica elevada. La humedad es un componente fundamental para la conservación de la miel.

La proporción de las diferentes azúcares de una miel tiene un efecto decisivo en sus propiedades físicas y químicas. Los azúcares principales de la miel son la levulosa (fructosa) y la dextrosa (glucosa) y en promedio éstas contabilizan el 77% de lo que llamamos miel. Otros azúcares presentes son; disacáridos como la sacarosa, la maltosa, y el trisacárido melezitosa (Rojas 2011).

El poder energético de la miel favorece al esfuerzo físico y mental y como también ayuda a una mejor asimilación del calcio y de otros minerales (Castillo, 2002).

2.7.2. Composición fisicoquímica de la miel de abeja

Tabla 02: Composición físico química de la miel de abeja.

Componentes	Rango	Contenido Típico
Agua	14 – 22 %	17 %
Glucosa	28 – 44 %	38 %
Fructosa	22 – 40 %	31 %
Sacarosa	0,2 – 7 %	1 %
Maltosa	2 - 16 %	7,5 %
Otros azúcares	0,1 - 8 %	5 %
Proteínas y aminoácidos	0,2 – 2 %	< 1 %
Vitaminas, enzimas, hormonas, ácidos orgánicos y otros.	0,5 – 1 %	< 1 %

Fuente: Gutiérrez, Rodríguez y Vit, 2008

2.8. Maltodextrina

La maltodextrina es un polvo de carbohidratos blanco, blando, de baja dulzura, tiene alta solubilidad y dispersabilidad obtenido del maíz, es un oligosacárido que contienen hasta 9 unidades de glucosa, con un peso molecular en el rango de 1000 a 10000 g/mol (anexo 45) son producidas para su uso comercial y se obtienen a partir de una hidrólisis parcial (descomposición) del almidón. Son menos dulces que los monosacáridos o los disacáridos. Los carbohidratos se presentan en forma de azúcares, almidones y fibras, y son uno de los tres principales macronutrientes que aportan energía al cuerpo humano (los otros son la grasa y las proteínas) Actualmente está comprobado que al menos el 55% de las calorías diarias que ingerimos deberían provenir de los carbohidratos. (Ficha técnica de Acofarma – Anexo 45)

2.9. Coeficiente de difusión (2° Ley de Fick)

Modelo de Crank (1968): Consiste en un grupo de soluciones de la segunda Ley de Fick para diferentes geometrías, condiciones límites y condiciones iniciales desarrollado por Crank. Con este modelo se estima la difusividad efectiva (Def) resolviendo las ecuaciones analíticas o numéricamente. Para determinar el coeficiente de difusión de forma simplificada se puede utilizar la ecuación (10). Esta ecuación corresponde a la solución de la ecuación de la segunda ley de Fick

para láminas infinitas sometidas a unas condiciones en las que el contenido de humedad de la superficie se encuentra en equilibrio con las condiciones del aire y transferencia de masa externa desde la superficie (Campos y Flores, 2012). Considerando la difusión en estado no estacionario tenemos:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial X} \left(D_{ef} \frac{\partial c}{\partial X} \right) \dots \dots \dots Ec. (1)$$

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D_{ef} \frac{\partial^2 c}{\partial X^2} \dots \dots \dots Ec. (2)$$

Donde:

C: concentración

t: tiempo

D_{ef} : Coeficiente de difusión efectivo o aparente.

X: Dimensión en la que se produce la difusión, distancia desde el centro de la lámina.

Para las siguientes suposiciones y condiciones límites para láminas infinitas:

$$C = C_0 \text{ a } t = 0 \qquad -1 < x < +1$$

Donde 1 es el semiespesor de la lámina y C_0 es la concentración inicial

$$C = C_1 \text{ a } t > 0 \qquad x = \pm 1$$

Las soluciones de la ecuación (2) para la difusividad efectiva se detallan a continuación.

$$\frac{H_t - H_e}{H_0 - H_e} = 1 - \sum_{n=0}^{\infty} \frac{8}{(2n+1)^2} \exp \left[-D_{ef} (2n+1)^2 \frac{\pi^2}{4l^2} \right] \dots \dots \dots Ec. (3)$$

$$\frac{H_t - H_e}{H_0 - H_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[-D_{ef} (2n+1)^2 \frac{\pi^2}{4l^2} \right] \dots \dots \dots Ec. (4)$$

Donde:

H: humedad del producto

D_{ef} : Coeficiente de difusión efectivo

Los subíndices "0", "t" y "e" se refieren a las condiciones iniciales, a cualquier tiempo t y al equilibrio, respectivamente.

CAPITULO 3

MATERIALES Y METODOLOGIA

3.1. MATERIALES

3.1.1. Lugar de ejecución

La investigación se desarrolló, en el laboratorio de Química de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas. (UNAJMA), ubicada en el barrio de Santa Rosa del Distrito de Talavera, Provincia de Andahuaylas del Departamento de Apurímac.

3.1.2. Material de estudio

Se utilizó frutos de *Vasconcellea pubescens* (Papayita nativa) en estado pintón color amarillo verdosa, cosechada en el Distrito de San Jerónimo, Andahuaylas.

Se obtuvo una muestra representativa de 1 kg, el cual se deshidrato una cantidad de 20 g en cada agente, mismos grados Brix y temperatura respectivamente 50 °Brix y 30 °C.

- **Universo y/o población:**

La materia prima papayita nativa (*Vasconcellea pubescens*) que se utilizó fue cultivada en el distrito de San Jerónimo ubicada en la región de Apurímac,

- **Muestra:**

Se trabajó con muestras de papayita nativa (*Vasconcellea pubescens*).con un estado de madurez amarillo verdosa seleccionados utilizando siempre el mismo criterio, es decir, similar estado de madurez, tamaño, firmeza y color.

3.2. EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS.

3.2.1. Materia prima

- Papayita nativa de color amarillo – verdoso (4.5 °Brix).

3.2.2. Insumos

- Maltodextrina ($C_6 H_{10} O_5$)_n
- Sacarosa (azúcar comercial)
- Miel de abeja de la granja avícola “Mundo abeja” (80 °Brix)

3.2.3. Equipos y utensilios

- Termómetro digital con rango de medición -10 °C hasta 150 °C
- Refractómetro N°50E de capacidad 0 - 60%
- Balanza analítica de 0.001 g de sensibilidad, de 200 g. de capacidad.
- Estufa con rango de 30 – 250 °C
- Vernier
- Vasos de precipitado de 100 y 500 ml
- Placas Petri
- Pizeta
- Cuchillo
- Probeta de 100 ml
- Cocina industrial
- Olla de acero inoxidable
- Mesa
- Tabla de picar
- Cucharón
- Jarras de polietileno
- Colador
- Cucharas de acero

3.3. METODOLOGIA

3.3.1. Descripción del proceso

- **Recepción:** Se recepcionó los frutos de papayita nativa de la variedad amarillo verdosa en estado pintón cultivada en el distrito de San Jerónimo de la Provincia de Andahuaylas.
- **Selección:** se seleccionó los frutos que estén sanos y sin golpes.
- **Lavado:** Se efectuó con chorro de agua para eliminar la presencia de partículas extrañas adheridas a las paredes de la fruta.
- **Pelado:** se peló los frutos con cuidado con la ayuda de un cuchillo.
- **Troceado:** Se cortaron los frutos de papayita nativa en dos para luego trocearlas en láminas infinitas de espesor L igual a 0.5 cm.
- **Escaldado:** se sumergieron las láminas de papayita nativa en agua a 60 °C por 30 segundos.
- **Drenado 1:** se drenaron las láminas con un colador de metal.

- **Pesado:** se pesó los frutos para cada tratamiento una cantidad de 20g.
- **Preparación de la solución:** se prepararon soluciones de azúcar comercial, miel de abeja y maltodextrina en agua destilada a la misma concentración de 50 °Brix para cada solución.
- **Sumergido de las láminas:** Se sumergieron las láminas infinitas (espesor 0.5 cm) de papayita nativa en los tres agentes osmodeshidratantes en una relación jarabe/fruta 2:1 (volumen: peso) en recipientes de vidrio, durante 6 horas a temperatura de 30 °C, para cada tratamiento se utilizó 20 g de fruta, se utilizaron tres muestras de la fruta, que constituyeron las réplicas para cada tratamiento. Cada veinte minutos se determinaron los sólidos solubles totales tanto en los agentes como en las frutas, así como la masa inicial y final de la misma.
- **Reposo:** se dejó reposar durante 6 horas, agitando delicadamente cada 20 minutos. Se realizaron mediciones de peso, °Brix de la fruta y del jarabe.
- **Drenado 2:** se drenaron las láminas de papayita nativa deshidratada osmóticamente con un colador de metal.
- **Análisis:** se realizaron los cálculos de %GS, %PP, %PA, %ST y Humedad con los datos obtenidos durante y después de la DO de la papayita nativa.

3.3.1.2. Diagrama de flujo del proceso

Proceso de deshidratación osmótica de la papayita nativa

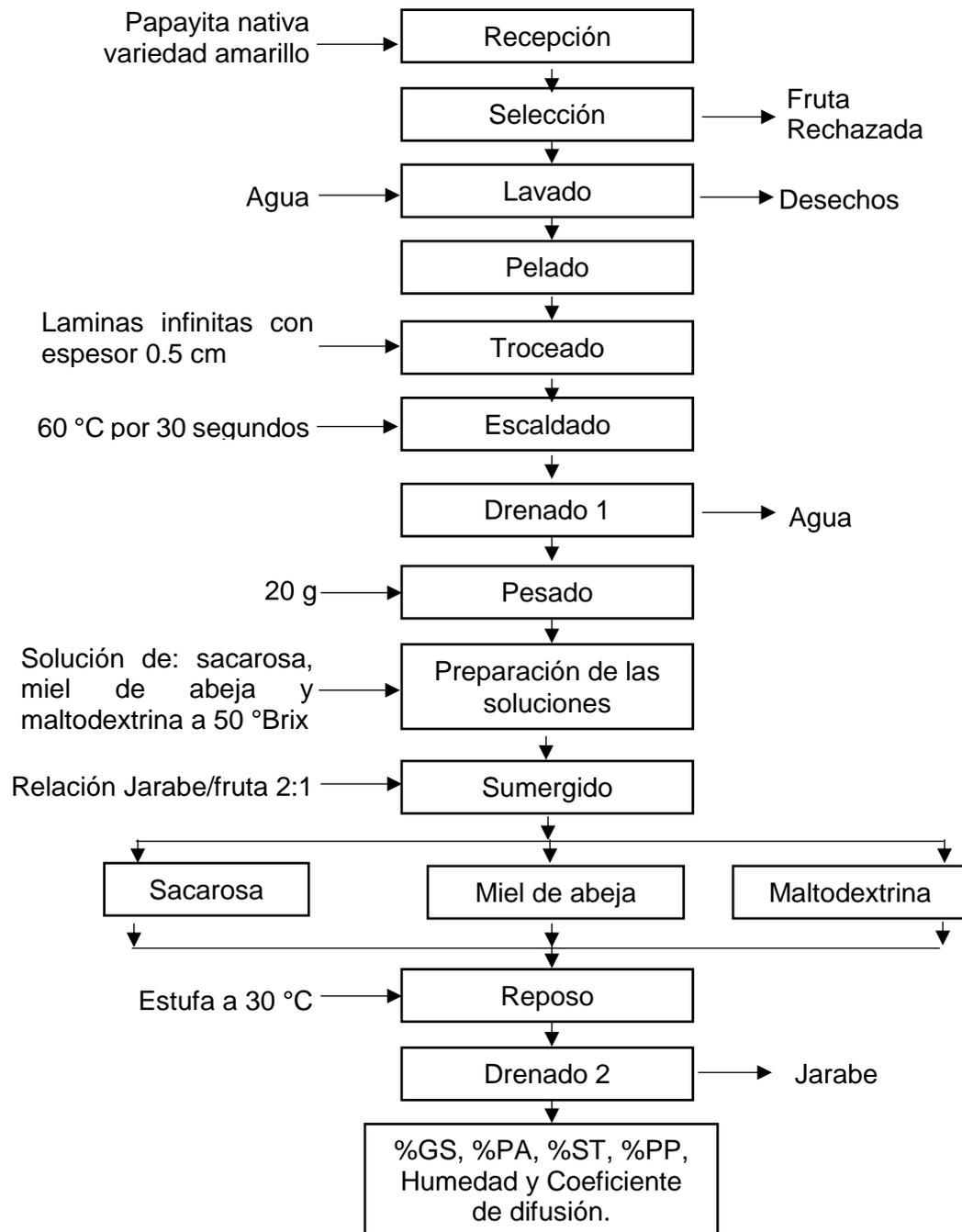


Figura 06: Flujo de operaciones para la deshidratación osmótica de la Papayita nativa.

Fuente: Elaboración propia

3.3.1.3. Metodología para determinar la humedad inicial de la papayita nativa sin deshidratar

La humedad inicial de la papayita nativa se determinó aplicando el siguiente método de AOAC 930.15.

$$\%H = \frac{W_1 - W_2}{W_1} * 100 \dots\dots\dots Ec. (5)$$

Donde:

%H: porcentaje de humedad

W₁: Peso de la humedad fresca (g)

W₂: peso de la muestra seca (g)

3.3.1.4. Metodología para determinar el coeficiente de difusividad

Los valores de difusividad efectiva (D_{ef}) se obtuvieron según propone el modelo de Crank (1964). Se aplica las ecuaciones difusionales integrando la segunda ley de Fick, para tiempos largos de proceso.

$$Y = \frac{H - H_e}{H_0 - H_e} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{\pi^2 D_{ef} t}{4L^2}\right) \dots\dots\dots Ec. (6)$$

$$Y^* = \frac{8}{\pi^2} e^{-\left(\frac{\pi^2 D_{ef} t}{4L^2}\right)} \dots\dots\dots Ec. (7)$$

Donde:

D_e: Es el coeficiente de difusión (m²/s)

Y*: Razón de humedades

t: Tiempo (s)

L: Espesor de la lámina (m)

H: Contenido de agua en el interior de la fruta

H_e: Contenido de agua en el equilibrio (Hasta obtener un peso constante de la fruta – Anexo 42)

H₀: Contenido de agua inicial

Para el cálculo de la difusividad (D_{ef}) se linealiza dicha ecuación y se convierte en la Ecuación (3), donde la pendiente de la ecuación obtenida se iguala a $\frac{-D_e \pi^2}{4l^2 x t}$, de donde se obtiene la D_{ef} ver anexo 01 al 20.

$$\ln Y^* = \ln \frac{8}{\pi^2} - \left(\frac{\pi^2 D_e t}{4l^2} \right) \dots \dots \dots \text{Ec. (8)}$$

3.3.1.5. Metodología para determinar la Ganancia y pérdida de sólidos.

La ganancia de sólidos y pérdida de peso se determinó según las ecuaciones reportadas por Azuara (1998) con los datos obtenidos durante la deshidratación osmótica de la papayita nativa y se calculó con las siguientes ecuaciones:

c. Pérdida de peso (PP).

Se calculó por diferencia entre el peso inicial de la fruta y el peso obtenido de la papayita nativa deshidratada osmóticamente, para cada hora. Se expresará en porcentaje los valores obtenidos de pérdida de peso se muestran en el anexo 38:

$$PP (\%) = \left(\frac{m_0 - m_f}{m_0} \right) * 100 \dots \dots \dots \text{Ec. (9)}$$

Donde:

m_0 : masa inicial de la muestra de papayita nativa fresca.

m_f : masa de muestra deshidratada osmóticamente a tiempo.

d. Pérdida de agua (PA):

Se calculó cada tiempo, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$PA (\%) = \left[\left(1 - \frac{ST^0}{100} \right) - \left(1 - \frac{ST}{100} \right) \left(1 - \frac{PP}{100} \right) \right] * 100 \dots \dots \dots \text{Ec. (10)}$$

Donde:

ST^0 : Contenido de sólidos totales iniciales.

ST : Contenido de sólidos totales para un tiempo, t.

Los valores obtenidos de pérdida de agua se muestran en el anexo 40.

e. Ganancia de solidos (SG).

Se calculó cada tiempo, de acuerdo a la siguiente formula ecuación:

$$GS (\%) = \left[\left(1 - \frac{PP}{100} \right) \frac{ST}{100} - \frac{ST^0}{100} \right] * 100 \dots\dots\dots Ec. (11)$$

Los valores obtenidos de ganancia de sólidos se muestran en el anexo 41.

3.3.1.6. Metodología para determinar la humedad final de la papayita nativa deshidratado osmóticamente.

Humedad final se determinó calculando el contenido de sólidos totales para cada tratamiento según las ecuaciones reportadas por Azuara (1998), Utilizando la ecuación 13. Los valores obtenidos se muestran en el Anexo 42.

a. Contenido de sólidos totales (ST).

Se calculó cada tiempo, de acuerdo a la siguiente formula ecuación:

$$ST (\%) = \left(\frac{m_s}{m_0} \right) * 100 \dots\dots\dots Ec. (12)$$

Donde:

m_s: masa de la papayita nativa seca para un determinado tiempo t.

m₀: masa inicial de la muestra de papayita nativa fresca.

b. Humedad final.

$$H(\%) = 100 - ST(\%) \dots\dots\dots Ec. (13)$$

3.3.2. Análisis estadísticos

3.3.2.2. Diseño DCA

Los resultados obtenidos se procesaron estadísticamente mediante el Diseño Completamente al Azar (DCA), todas las corridas experimentales se realizaron en orden aleatorio completo, se consideró 3 tratamientos con 3 réplicas (cada réplica con 19 observaciones para cada caso), estas se corrieron al azar de manera que los posibles efectos se vayan repartiendo equitativamente entre los tratamientos. Se evaluó estadísticamente los resultados obtenidos usando la media aritmética y la desviación estándar. Así mismo se efectuó análisis de varianza, con un nivel de confianza del 95% para determinar si existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

Para realizar la comparación de los tratamientos, se utilizó el modelo LSD al 95% de significancia, que debe haber entre dos medias muestrales para considerar que los tratamientos correspondientes son significativamente diferentes. Se comparó la ganancia de sólidos, pérdida de peso y humedad final de la papayita nativa deshidratada osmóticamente con sacarosa, miel de abeja y maltodextrina.

Tabla 03: Estructura para el diseño experimental

Tratamientos	Réplicas		
	R1	R2	R3
Sacarosa	S ₁	S ₂	S ₃
Miel de abeja	Ma ₁	Ma ₂	Ma ₃
Maltodextrina	Md ₁	Md ₂	Md ₃

Fuente: Diseño completamente al azar (Gutiérrez y de la vara, 2008).

Donde:

S: Sacarosa

Ma: Miel de abeja

Md: Maltodextrina

R1, R2, R3: Réplicas

Variables independientes:

- ✓ Concentración de azúcar.
- ✓ Concentración de miel de Abeja.
- ✓ Concentración de maltodextrina.

Variables dependientes:

- ✓ Pérdida de humedad en el tiempo
- ✓ Ganancia de sólidos en el tiempo.
- ✓ Pérdida de peso en el tiempo.
- ✓ Concentración de azúcar en el tiempo.
- ✓ Coeficiente de difusividad.

CAPITULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características iniciales de la papayita nativa.

A continuación se presentan las características iniciales, finales y los resultados de difusividad, curva de ganancia de sólidos, curva de pérdida de peso, pérdida de agua y humedad final de la papayita nativa deshidratada osmóticamente en tres agentes edulcorantes de sacarosa, miel de abeja y maltodextrina a una temperatura de 30 °C y 50 °Brix durante 6 horas.

En la Tabla 04 se presenta la determinación de las propiedades iniciales de humedad inicial, sólidos solubles (°Brix) y pH de la fruta antes de ser sometida a la deshidratación osmótica (DO). La Papayita nativa obtenida en el distrito de San Jerónimo presentó propiedades ideales para su experimentación lo que hizo posible realizar la deshidratación osmótica.

Tabla 04: Características iniciales de la papayita nativa antes de la DO.

Componente	Concentración
Humedad (%)	93
°Brix	4.5
pH	4

4.1. Resultados de la determinación y comparación del coeficiente de difusividad efectiva.

Los valores obtenidos de D_{ef} están en el rango de 7.5052×10^{-14} a 1.2062×10^{-13} m²/s Anexo (20) en el cual se observa que la difusividad efectiva es mayor en miel de abeja y sacarosa a diferencia de la maltodextrina según los tratamientos a los que fueron sometidos las láminas infinitas de papayita nativa para ser deshidratada osmóticamente, otros valores de D_{ef} , encontrados son reportados por Vega *et al.* (2006), que muestran valores para la deshidratación de papaya chilena en solución de sacarosa en el orden de 5.54×10^{-10} a 19.32×10^{-10} , Martínez (2012), obtuvo D_{ef} , para tomate de árbol DO el valor de 1.06×10^{-10} m²/s a 9.83×10^{-11} , Tepper (1996), obtuvo D_{ef} , para la deshidratación osmótica de palta en solución de maltodextrina el valor de 7.4×10^{-10} m²/s. La difusividad puede disminuir debido a que la estructura sólida se deforma y se encoge. Según Tepper (1996), la velocidad de difusión depende de la concentración y el tamaño de partículas que

componen el agente osmótico; para la deshidratación de la papayita nativa se utilizó una concentración de 50 °Brix, el tamaño de partícula de cada agente fue de 342.30 g/mol (sacarosa), mayor a 10000 g/mol (miel de abeja) y de 1000 a 10000 g/mol (maltodextrina). En la tabla ANOVA (Anexo 23) se observa que el valor de $p < 0.05$, el cual indica que existe diferencia estadísticamente significativa en la difusividad efectiva para los tres tratamientos de sacarosa, miel de abeja y maltodextrina, puesto que el valor- $p < 0.05$, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los 3 tratamientos con un nivel del 95.0% de confianza, entonces se rechaza la hipótesis nula (H_0) el cual indica que toda las medias son iguales para cada tratamiento ($\mu_{M.ABEJA} = \mu_{MALT.} = \mu_{SAC} = \mu$), para probar dicha diferencia entre los tratamientos se realiza la Prueba de Rango Múltiple por el método LSD. La Tabla 05 muestra una comparación múltiple de cuáles medias es significativamente diferentes de otras según los tratamientos a los que fueron sometidos las láminas de papayita nativa para la difusividad efectiva, observándose que entre los pares de medias sacarosa - miel de abeja no existe diferencia estadísticamente significativa al 95% de confianza; mientras que entre los 2 pares de medias sacarosa – maltodextrina, miel de abeja – maltodextrina si existen diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%. Lo cual prueba lo obtenido en el ANOVA (anexo 23).

Tabla 05. Prueba de rango múltiple por el método LSD al 95% para Difusividad efectiva.

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Miel de abeja	3	1.2062 ± 0.00	b
Sacarosa	3	1.2062 ± 0.00	b
Maltodextrina	3	7.5052 ± 0.00	a

4.2. Resultados de la determinación y comparación de las curvas de ganancia y pérdida de sólidos en la DO de la papayita nativa

Los resultados obtenidos de la ganancia y pérdida de sólidos se muestran en el anexo 25, las curvas se graficaron en función al tiempo de deshidratación, estas se muestran en las Figuras 08 y 09. La determinación de la pérdida de peso acumulado - PP, está referida a la cantidad de agua y sólidos solubles de la papayita nativa pérdidas durante la deshidratación osmótica, esta se realizó a través del método gravimétrico utilizando una balanza analítica marca OHAUS

0.001 g, en la cual se midió el peso inicial y final de la papayita nativa deshidratada. En el Anexo 25, se observa que el tratamiento que permite mayor pérdida de peso es la maltodextrina, seguido de la miel de abeja, de acuerdo a Rios *et al.* (2005), las mieles tienen una composición química que le aporta mayor poder osmótico, esencialmente por sus contenidos en sales, ácidos orgánicos de cadena corta, azúcares reductores del tipo monosacáridos, como glucosa y fructosa, y otros componentes orgánicos, como fenoles y polifenoles, los cuales son grandes jaladores de agua y contribuyen a la deshidratación de la fruta. De acuerdo a la tabla ANOVA (Anexo 26) se obtuvo un valor $-p < 0.05$ por el cual existe una diferencia significativa en la pérdida de peso, de acuerdo a la Prueba de Rango Múltiple (Tabla 06) se observa que entre la sacarosa y la miel de abeja no influye significativamente la pérdida de peso en un 95%, entre la sacarosa - maltodextrina, miel de abeja - maltodextrina si influye significativamente la pérdida de peso en un 95%.

Así mismo se evaluó el contenido de sólidos totales en la papayita nativa deshidratada – ST, como la relación entre la masa de la papayita seca y la papayita fresca; el secado se realizó sobre la papayita deshidratada en un determinador de humedad (estufa). Los resultados de los ST, se muestran en el Anexo 25, en ella se puede apreciar que, el tratamiento realizado con miel de abeja presenta mayor cantidad de sólidos totales.

Por otro lado la humedad de la papayita deshidratada – H, es menor con el tratamiento de Miel de abeja, esto se debe a que presentan mayor porcentaje de sólidos.

De igual forma se ha evaluado la pérdida de agua –PA (Anexo 25), se muestra que el tratamiento que permite mayor pérdida de agua es la maltodextrina seguido de la miel de abeja, Morgado *et al.*, (2013) obtuvo un 62% de pérdida de agua con derivados de miel de abeja llegado las 16 horas de deshidratación osmótica de fruta Bomba (*Carica papaya L*) con 75 °Brix, a diferencia del porcentaje de pérdida de agua obtenida por Morgado *et al.*, (2013), en la deshidratación de la papayita nativa se obtuvo una menor PA de 37.74% (maltodextrina) ya que se trabajó a menor temperatura y menor concentración de jarabe (30 °C, 50 °Brix).

Finalmente, se ha evaluado la ganancia de sólidos – GS (Anexo 25), se puede observar que el tratamiento con miel de abeja presenta mayor ganancia de sólidos, de acuerdo al ANOVA (Anexo 28) se obtuvo un valor $-p < 0.05$ el cual existe una diferencia significativa en la ganancia de sólidos, de acuerdo a la Prueba de Rango

Múltiple (Tabla 07) entre la sacarosa y la miel de abeja no influye significativamente la ganancia de sólidos en un 95%, entre la sacarosa - maltodextrina, miel de abeja - maltodextrina si influye significativamente en la ganancia de sólidos en un 95%. Vega *et al.*, (2006), Observaron que la mejor condición de salida de agua y ganancia de sólidos solubles durante la deshidratación osmótica de la papaya chilena fue a 30 °C, a esta temperatura se trabajó para deshidratar las láminas de papayita nativa (*Vasconcellea pubescens*). En la medida en que aumenta el tiempo de deshidratación, se produce una mayor pérdida de agua y mayor ganancia de sólidos, sin embargo, no conviene deshidratar más allá de una pérdida del 50% del peso pues la tasa osmótica disminuye en el tiempo (Anexo 37). La principal pérdida de agua ocurre en las dos primeras horas y la mayor ganancia de sólidos durante los primeros 30 minutos. (Tepper, 1996)

En la Tabla 06 se observa una comparación múltiple de cuáles medias de pérdida de peso es significativamente diferentes de otras según los tratamientos a los que fueron sometidos las láminas de papayita nativa, observándose que de acuerdo a la prueba LSD entre los pares de medias Sacarosa - Miel de abeja no influye significativamente en la deshidratación osmótica de la papayita nativa en un 95% de confianza; entre los dos pares de medias Sacarosa – Maltodextrina, Miel de abeja - Maltodextrina si influye significativamente en la deshidratación osmótica de la papayita nativa en un nivel de confianza del 95%. Indicando que la mayor media es el mejor, en este caso la maltodextrina permite mayor pérdida de peso a las láminas de papayita nativa.

Tabla 06. Prueba de Rango Múltiple por el método LSD al 95%, para pérdida de peso.

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Miel de abeja	19	2.915 ± 2.96	b
Sacarosa	19	3.07279 ± 2.81	b
Maltodextrina	19	9.26916 ± 9.17	a

En la Tabla 07 se observa una comparación múltiple de cuáles medias es significativamente diferentes de otras según los tratamientos a los que fueron sometidos las láminas de papayita nativa, observándose que de acuerdo a la prueba LSD entre los pares de medias Sacarosa - Miel de abeja no influye significativamente en la deshidratación osmótica de la papayita nativa en un 95% de confianza; entre los dos pares de medias Sacarosa – Maltodextrina, Miel de abeja - Maltodextrina si influye significativamente en la deshidratación osmótica de la papayita nativa en un nivel de confianza del 95%. Indicando que la mayor media es el mejor en este caso la miel de abeja permite la mayor ganancia de sólidos a las láminas de papayita nativa.

Tabla 07. Prueba de Rango Múltiple por el método LSD al 95%, para ganancia de sólidos.

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Maltodextrina	19	7.96926 ± 4.12	b
Sacarosa	19	11.0519 ± 4.37	a
Miel de abeja	19	12.4866 ± 2.23	a

En la Figura 07. Se muestra los porcentajes de ganancia de sólidos de las láminas de papayita nativa según el tiempo de proceso, observándose que la miel de abeja resulto el agente deshidratante de mayor efectividad, pues a los 160 minutos del proceso logro permitir la mayor ganancia de sólidos de la fruta (13.69%) al compararse con los otros dos edulcorantes que llegaron a un 12,24% de GS (sacarosa) y 8 27% de GS a los 120 minutos (maltodextrina) , el proceso de ganancia de sólidos continuo durante 6 horas, este comportamiento después de los 160min., la ganancia de sólidos sigue aumentando para los tres agentes osmódeshidratantes miel de abeja, sacarosa y maltodextrina, llegado los 360 min (Anexo 22). La ganancia de sólidos obtenido para cada agente es 15.38% sacarosa, 16.92% para miel de abeja y 9.37% para maltodextrina, el cual indica que la miel de abeja permite mayor ganancia de sólidos, También se observa que el agente de menor capacidad osmódeshidratante fue la maltodextrina, Tepper Andrea (2010) indica que se debe a que los diferentes polisacáridos que constituyen la maltodextrina no pueden penetrar las membranas celulares debido

a su gran tamaño, por lo que el aumento en el contenido de sólidos solubles se debe básicamente al mono y disacáridos que la componen. Cerca de un 80% de las moléculas de maltodextrina son de alto peso molecular, es por ello que la maltodextrina presenta baja ganancia de sólidos. De acuerdo a la ecuación de la recta obtenida para miel de abeja: Ganancia de sólidos = $- 5.6227 + 0.0515 \cdot (\text{tiempo de DO})$; $Y_1 = B_0 + B_1 X_1$. El coeficiente B_1 es la pendiente de la recta (el cambio medio que se produce en la ganancia de sólidos). El coeficiente B_0 es el punto en el que la recta corta el eje vertical (la ganancia de sólidos que corresponde a un tiempo cero). La pendiente de la recta B_1 indica que, en promedio, a cada incremento del tiempo (X_1) le corresponde un incremento de 0.0515 ganancia de sólidos (Y_1).

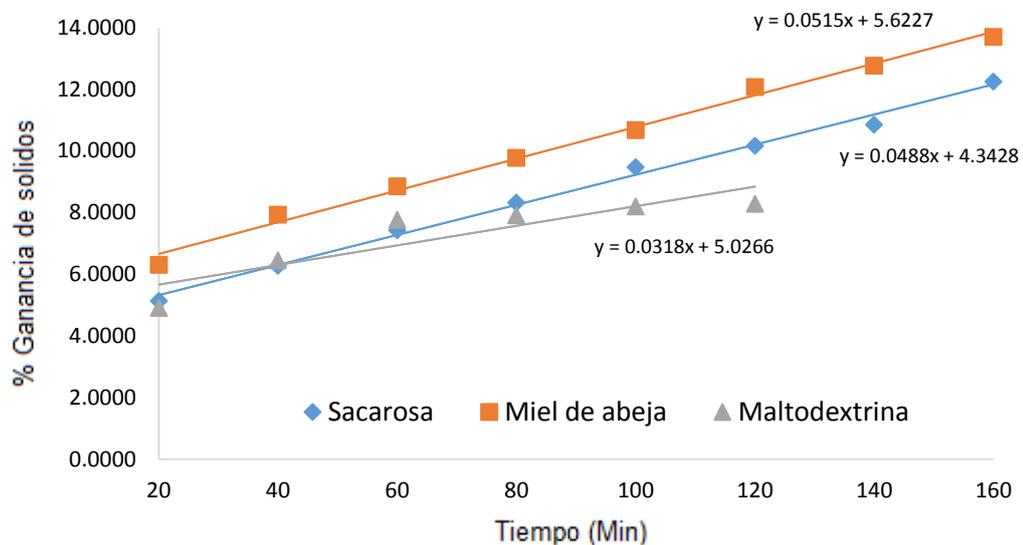


Figura 07. Ajuste de la curva de ganancia de sólidos en función al tiempo de la deshidratación osmótica de papayita nativa en diferentes agentes osmodeshidratantes de sacarosa, miel de abeja y maltodextrina.

En la Figura 08. Se observa que las primeras dos horas son en las que se produce la mayor deshidratación de la fruta, con un porcentaje acumulado de pérdida de peso de 7.53% (maltodextrina), 2.03% (sacarosa), 2.92% (miel de abeja). Resultados similares obtuvieron Morgado *et al.* (2013) para deshidratación osmótica de fruta Bomba. Al concluir las 6 horas del proceso (anexo 21), entre los tres tratamientos, el que permite mayor pérdida de peso es la maltodextrina llegando a un 30.15% de PP., mientras que entre la sacarosa y miel de abeja hay

una mínima diferencia de 0.36% de PP. Resultados similares obtuvieron Ríos *et al.* (2005), expresa que la velocidad de penetración del soluto a la fruta es directamente proporcional al nivel de concentración e inversamente al tamaño molecular del azúcar. De acuerdo a la ecuación de la recta obtenida para maltodextrina: Pérdida de peso = - 0.4103 + 0.0352*(tiempo de DO); $Y_1 = B_0 + B_1X_1$. El coeficiente B1 es la pendiente de la recta (el cambio medio que se produce en la pérdida de peso). El coeficiente B₀ es el punto en el que la recta corta el eje vertical (la pérdida de peso que corresponde a un tiempo cero). La pendiente de la recta B₁ indica que, en promedio, a cada incremento del tiempo (X₁) le corresponde un incremento de 0.0515 pérdida de peso (Y₁).

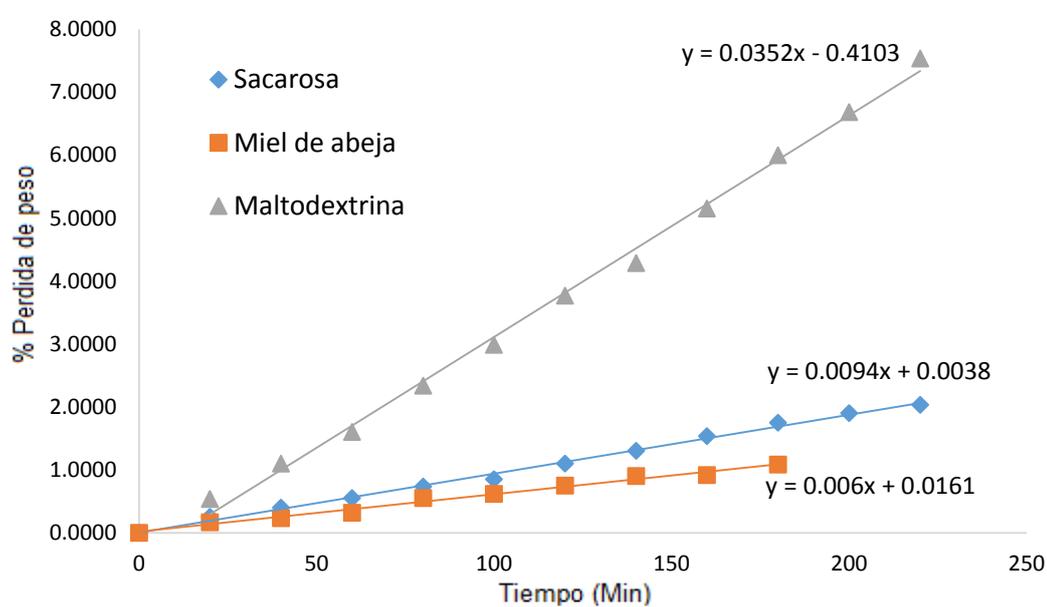


Figura 08. Ajuste de la curva de pérdida de peso en función al tiempo de la DO de papayita nativa en diferentes agentes osmodeshidratantes de sacarosa, miel de abeja y maltodextrina.

4.3. Resultados de la determinación y comparación de humedad final de la papayita nativa DO

La Tabla 08 muestra los resultados del contenido de Humedad final y grados Brix final de la papayita DO en láminas infinitas, Ríos *et al* (2005) indican que la miel de abeja es el que posee mayor capacidad de reducción de agua, esto debido fundamentalmente a su alta concentración de fructuosa (40 – 50 % por peso), Por otro lado al analizar la variación de la concentración de sólidos solubles (°Brix) final en las láminas de papayita nativa existen diferencias significativas entre los

tres agentes osmodeshidratantes, observándose el mayor valor en la miel de abeja, aunque en todos se encontró un incremento con respecto al Brix inicial. Este incremento se debe a la ganancia de solutos, según criterios de Azuara *et al.* (2003), la cantidad de agua eliminada durante el proceso es proporcional a la cantidad de sólidos que penetran a la fruta. También Morgado *et al.* (2013), indican que el contenido de sólidos solubles aumenta en rodajas de la fruta bomba cultivar Maradol roja en soluciones osmodeshidratantes utilizados de Crema de miel, Jarabe de miel y Jarabe de sacarosa llegando a un 27, 26 y 25 °Brix final de la fruta respectivamente.

En la Tabla 08 se puede observar que la maltodextrina presentó menor valor de °Brix final a diferencia de la sacarosa y miel de abeja, esto indica que la maltodextrina permite mayor pérdida de agua de la fruta pero en el caso de ganancia de sólidos es lo contrario de acuerdo al Anexo 23, la maltodextrina no permite ganar sólidos a la fruta. Esto debido a que Tepper Andrea (2010) un 80% de las moléculas de maltodextrina son de alto peso molecular, es por ello que la maltodextrina presenta baja ganancia de sólidos. Por otro lado la miel de abeja permite perder agua a la fruta y obtener mayor ganancia de sólidos indicando que el agente de mayor capacidad osmodeshidratante es la miel de abeja. Similar resultado obtuvo Rios *et al.* (2005) en osmodeshidratación de papaya hawahiana. Rojas, (2011) obtuvo resultados similares de 73.77%, siendo el valor más bajo en humedad conseguida con mayor concentración del agente osmótico y mayor porcentaje de miel. En la Tabla ANOVA (Anexo 30) se observa que el valor de $p < 0.05$, el cual indica que, si hay efecto en la humedad final de la papayita nativa deshidratada osmóticamente con los agentes de: sacarosa, miel de abeja y maltodextrina, puesto que el valor- $p < 0.05$, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza. Entonces se rechaza la hipótesis nula y se realiza la Prueba de Rango Múltiple (Tabla 09) para probar la diferencia entre estos tratamientos, encontrándose que por el método TUKEY un par de medias no presenta diferencia significativa con un nivel del 95% de confianza.

Tabla 08. Características finales de la papayita nativa deshidratada osmóticamente.

Componente	Rep.	Agentes					
		Sac.	Miel		Maltod.		
			ΔH	Abeja	ΔH	ΔH	
Humedad (%)	R1	71.58	21.42	69.20	23.80	80.12	12.88
	R2	71.58	21.42	69.17	23.83	80.14	12.86
	R3	71.45	21.55	69.13	23.87	80.13	12.87
			$\Delta^{\circ}Brix$		$\Delta^{\circ}Brix$		$\Delta^{\circ}Brix$
°Brix	R1	28.42	23.92	30.81	26.31	19.89	15.39
	R2	28.42	23.92	30.83	26.33	19.86	15.36
	R3	28.55	24.05	30.87	26.37	19.87	15.37

Dónde: Sac.: sacarosa, maltod.: maltodextrina, rep.: replicas, ΔH – variación de humedad.

En la Tabla 09 se muestra una comparación múltiple de cuáles medias de humedad final es significativamente diferentes de otras según los tratamientos a los que fueron sometidos las láminas de papayita nativa, observándose que entre el par de medias Sacarosa – Miel de abeja, no existen diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%, mientras que entre los dos pares de medias Sacarosa - Maltodextrina, Miel de abeja – Maltodextrina si existe diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 09. Prueba de Rango Múltiple por el método LSD al 95%, para la humedad final de la papayita nativa DO.

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Miel de abeja	19	75.7363 \pm 6.20	b
Sacarosa	19	77.8311 \pm 6.61	b
Maltodextrina	19	82.9983 \pm 3.37	a

CONCLUSIONES

- La difusividad de la deshidratación osmótica de papayita nativa es mayor en la miel de abeja y sacarosa ya que se obtuvo valores similares de $1.2062 \times 10^{-13} \text{ m}^2/\text{s}$ a comparación de la maltodextrina que es menor, obteniendo el valor de $7.5052 \times 10^{-14} \text{ m}^2/\text{s}$.
- La ganancia de sólidos de la papayita nativa durante la deshidratación osmóticamente fue mayor en la miel de abeja a comparación al resto de los agentes. Por otro lado la pérdida de peso acumulado fue mayor en la maltodextrina a comparación de la sacarosa y miel de abeja.
- La humedad y grados Brix final de la papayita nativa deshidratada osmóticamente fue significativamente diferente para cada agente edulcorante, siendo la maltodextrina el que presento mayor humedad y menor grados Brix final, a comparación de la miel de abeja el cual presentó menor humedad y mayor sólidos solubles. De los tres agentes edulcorantes utilizados en la deshidratación osmótica de papayita nativa el que presentó mayor poder osmótico fue la miel de abeja de acuerdo a los resultados obtenidos.

RECOMENDACIONES

- Evaluar otras variables cómo diferentes concentraciones de edulcorantes, temperaturas y velocidad de agitación y observar su efecto en la deshidratación osmótica de cualquier tipo de fruta.
- Conocer las características y el estado de los solutos a utilizar antes de la deshidratación osmótica.
- Analizar el contenido de humedad y congelación de la miel de abeja para ver la pureza.
- Realizar las pruebas organolépticas del producto obtenido.
- Realizar análisis químicos para conocer las diferencias que existen entre la deshidratación convencional y la deshidratación osmótica de frutas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apaza, C. (2007). Deshidratación osmótica de Alimentos. Boletín de Divulgación Tecnológica Agroindustrial.
- Acevedo, D.; Tirado, D.; Guzmán, L. (2013). Deshidratación osmótica de la pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica L.*) influencia de la temperatura y la concentración. Universidad de Cartagena, programa ingeniería de Alimentos, Facultad de Ingeniería.
- Andrade, E.; Teixeira, M.; Vilela, S.; Antun, M.; Maria, I., (2008). Influencia del agente osmótico en la composición físico-química y en la cinética de secado de la manzana Gala, (Tesis de grado). Universidade Federal de Ceará.
- Arreola, S.; Rosas, M. (2007). Aplicación de vacío en la deshidratación osmótica de higos (*Ficus carica*). Facultad de estudios superiores Cuautitlán, Mexico.
- Azuara, E.; Beristain, C.; Gutiérrez, G. (1998). A method for continuous kinetic evaluation of osmotic dehydration. Lebensmittell-Wissenschaft and technologie.
- Campos, A.; Flores, D., (2012). Deshidratación osmótica de placas de chayote (*sechium edule*) utilizando soluciones hipertónicas de cloruro de sodio y sacarosa. (Tesis de grado). Universidad Veracruzana.
- Castillo, S., (2002). Importancia de la calidad de la miel, revista Agrotecnia, volumen N° 9, pp. 25 – 28.
- Ceballos, G., (2005). Estudios en papaya mínimamente procesada por deshidratación osmótica (Tesis doctoral) universidad politécnica de valencia Departamento de tecnología de alimentos.

- Colina, M., (2010). Deshidratación de Alimentos, Edt. Trillas, México D.F. Della Rocca P.; Mascheroni R., (2011). Deshidratación de ocas por métodos combinados de secado: deshidratación osmótica, secado por microondas y convección con aire caliente. Rev. Proyecciones. vol. 9 N° 2. Buenos Aires – Argentina.
- Della, R.; Mascheroni, R. (2011). Deshidratación osmótica, secado por microondas y convección con aire caliente. Proyecciones, Argentina
- Gabas, A., (1998). Secado de uvas italianas en lecho fijo: tesis para optar el grado de magister en Ingeniería de Alimentos. Campinas. 1998. Universidad Estatal de Campinas. 137p.
- Geankoplis, C., (1998). Procesos De Transporte y Operaciones Unitarias, 3ra edición, Edit. CIESA, México.
- Guevara, A.; Alvines, E., (2011). Influencia de las concentraciones del proceso para osmodeshidratar tomate de árbol, (tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima Perú.
- Gutiérrez, H.; De la Vara, R., (2008). Análisis y diseño de experimentos, 2da Edición, Edit. McGrawHill, México, Pg. 166 – 173.
- Gutierrez, M.; Rodriguez, A.; Vit, P., (2008). Miel de abejas: una fuente de antioxidantes. Fuerza Farmaceutica, volumen 1, pp. 39 – 44.
- Lenart, A.; Flink, J., (1984). Osmotic concentration of potato. II Spatial distribution of the osmotic effect. J. Food Technol.
- Martinez, C., (2012). Efecto de la concentración y temperatura en la deshidratación osmótica del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), (Tesis de grado) Universidad Técnica de Ambato Ecuador. Ambato Ecuador.

- Mavroudis, N.; Gekas, V.; Joholm, I., (1998). Osmotic dehydration of apples – effects of agitation and raw material characteristics. *J. Food Eng.*
- Morgado, M.; Pérez, G.; Pérez D.; Ávila, M., (2014). Deshidratación osmótica de rodajas de fruta bomba (*Carica papaya L*) cultivar Maradol roja en tres agentes edulcorantes. *Ingeniería Agrícola*, volumen 4, pp. 18 – 21.
- Repo, R.; Encina, C., (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuesto bioactivos de frutas nativas peruanas, revista Soc Quim Peru, volumen N° 2, pp. 108 – 121.
- Ríos, M.; Márquez, C.; Ciro, H., (2005). Deshidratación osmótica de frutos de papaya hawaiana (*Carica papaya L.*) en cuatro agentes edulcorantes. (Tesis de grado) Universidad Nacional de Colombia. Colombia.
- Rojas, V., (2011). Estudio de la cinética de deshidratación osmótica en *Claudia (prunus domestica)* mediante el uso de miel de abeja (tesis de grado). Universidad Técnica De Ambato. Ambato Ecuador.
- Sharma, S.; Mulvaney, S.; Risvi, S., (2007). Ingeniería de alimentos: Operaciones Unitarias y práctica de laboratorio. México, Limusa miley. 348p. Singh B.; Panesar P.; Nanda V. 2007. Optimization of osmotic dehydration process of carrot cubes in sucrose solution. *Journal of Food Process Engineering*. V 31 – 2008.
- Tabares, C.; Velásquez, J., (2003). Estudio de la vida de anaquel del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) osmodeshidratado empacado en atmosferas modificadas. (Tesis de grado) Universidad Nacional de Colombia. Colombia.
- Tepper, A., (1996). Transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de palta cv fuerte. (Tesis de grado) Universidad de Chile. Santiago - Chile
- Torres, A.; Guinand, J.; Ineichen, E., (2014). Aplicación de secado osmótico para la obtención de un producto de humedad intermedia de tomate de árbol

(*Solanum betaceum Cav.*). (Tesis de grado) Universidad Simón Bolívar.
Caracas, Miranda. Venezuela.

Treybal, R., (1998). Operaciones de transferencia de masa, 2da edición, Edt.
McGraW-Hill, Pg. 100.

Ulloa, J.; Mondragón, P.; Rodríguez, R.; Reséndiz, J.; Rosas, P., (2010). La miel
de abeja y su importancia, revista fuente año 2, volumen 4, pp 11 – 18.

Vega, A.; Palacios, M.; Boglio E.; Pássaro C.; Jeréz, C; Lemuz R., (2006).
Deshidratación osmótica de la papaya chilena (*Vasconcellea
pubescens*) e influencia de la temperatura y concentración de la solución
sobre la cinética de transferencia de materia, (Tesis de grado).
Universidad de La Serena Chile, Santiago - Chile.

ANEXOS

ANEXO 01. Datos calculados razón de Humedades para el cálculo de la Difusividad efectiva en el Tratamiento sacarosa, réplica 1.

t (s)	Y*	LN Y*
0	1.000000	0
1200	0.612263	-0.49059275
2400	0.544505	-0.60787764
3600	0.475326	-0.74375424
4800	0.419497	-0.86870008
6000	0.351095	-1.04669704
7200	0.310424	-1.16981563
8400	0.268363	-1.31541581

ANEXO 02. Datos calculados razón de Humedades para el cálculo de la Difusividad efectiva en el Tratamiento sacarosa, réplica 2.

t (s)	Y*	LN Y*
0	1.000000	0
1200	0.612074	-0.49090259
2400	0.544117	-0.60859159
3600	0.476409	-0.74147905
4800	0.422360	-0.86189669
6000	0.354334	-1.03751394
7200	0.311958	-1.16488628
8400	0.272423	-1.30039767

ANEXO 03. Datos calculados razón de Humedades para el cálculo de la Difusividad efectiva en el Tratamiento sacarosa, réplica 3.

t (s)	Y*	LN Y*
0	1.000000	0
1200	0.608929	-0.4960532
2400	0.539976	-0.61623033
3600	0.471936	-0.75091105
4800	0.418144	-0.87192836
6000	0.348794	-1.05327457
7200	0.307998	-1.17766241
8400	0.266134	-1.32375444

ANEXO 04. Datos calculados razón de Humedades para el cálculo de la Difusividad efectiva en el Tratamiento miel de abeja, réplica 1.

t (s)	Y*	LN Y*
1200	0.582	-0.541
2400	0.493	-0.707
3600	0.443	-0.815
4800	0.392	-0.936
6000	0.342	-1.073
7200	0.265	-1.326
8400	0.227	-1.481

ANEXO 05. Datos calculados razón de Humedades para el cálculo de la Difusividad efectiva en el Tratamiento miel de abeja, réplica 2.

t (s)	Y*	LN Y*
1200	0.58179616	-0.54163513
2400	0.49320521	-0.70682993
3600	0.44316458	-0.81381407
4800	0.3929725	-0.93401564
6000	0.34187923	-1.07329774
7200	0.26587334	-1.32473524
8400	0.2280733	-1.47808823

ANEXO 06. Datos calculados razón de Humedades para el cálculo de la Difusividad efectiva en el Tratamiento miel de abeja, réplica 3.

t (seg.)	Y*	LN Y*
1200	0.58230297	-0.54076441
2400	0.49381938	-0.70558546
3600	0.44339001	-0.81330552
4800	0.39288463	-0.93423927
6000	0.34643386	-1.06006335
7200	0.26962849	-1.31071024
8400	0.23249436	-1.4588893

ANEXO 07. Datos calculados razón de Humedades para el cálculo de la Difusividad efectiva en el Tratamiento maltodextrina, réplica 1.

t (s)	Y*	LN Y*
3600	0.207947	-1.57047194
4800	0.194702	-1.63628516
6000	0.182119	-1.70309383
7200	0.162914	-1.81453339
8400	0.151656	-1.88614293
9600	0.137086	-1.98714614
10800	0.119868	-2.1213679

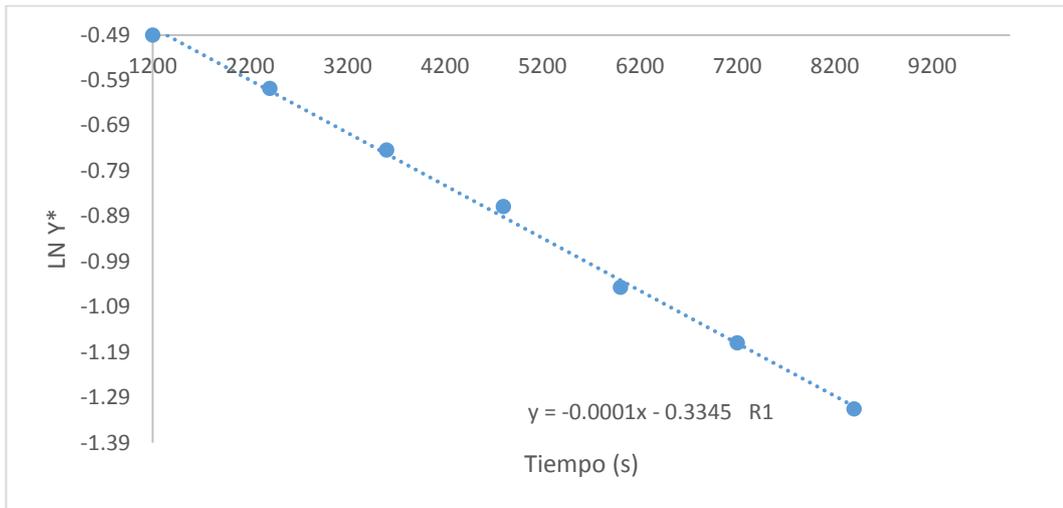
ANEXO 08. Datos calculados razón de Humedades para el cálculo de la Difusividad efectiva en el Tratamiento maltodextrina, réplica 2.

t (s)	Y*	LN Y*
3600	0.207947	-1.57047194
4800	0.194702	-1.63628516
6000	0.182119	-1.70309383
7200	0.162914	-1.81453339
8400	0.151656	-1.88614293
9600	0.137086	-1.98714614
10800	0.119868	-2.1213679

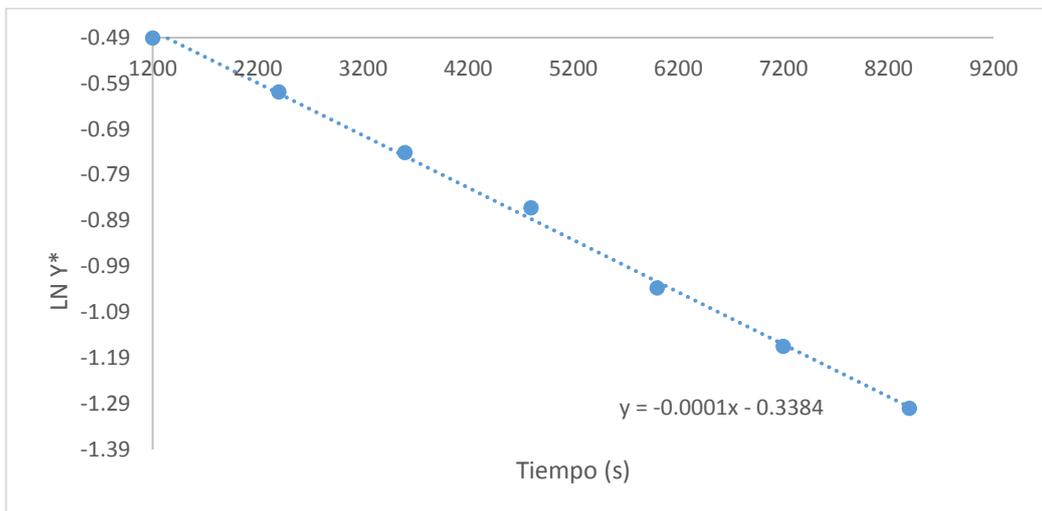
ANEXO 09. Datos calculados razón de Humedades para el cálculo de la Difusividad efectiva en el Tratamiento maltodextrina, réplica 3.

t (s)	Y*	LN Y*
3600	0.207947	-1.57047194
4800	0.194702	-1.63628516
6000	0.182119	-1.70309383
7200	0.162914	-1.81453339
8400	0.151656	-1.88614293
9600	0.137086	-1.98714614
10800	0.119868	-2.1213679

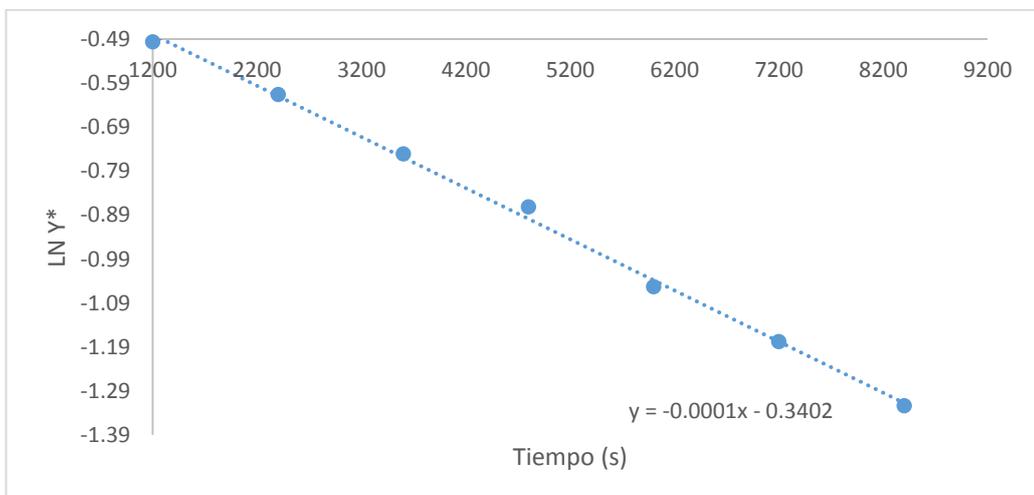
ANEXO 10. Ln Y* vs. Tiempo para el tratamiento sacarosa, replica 1.



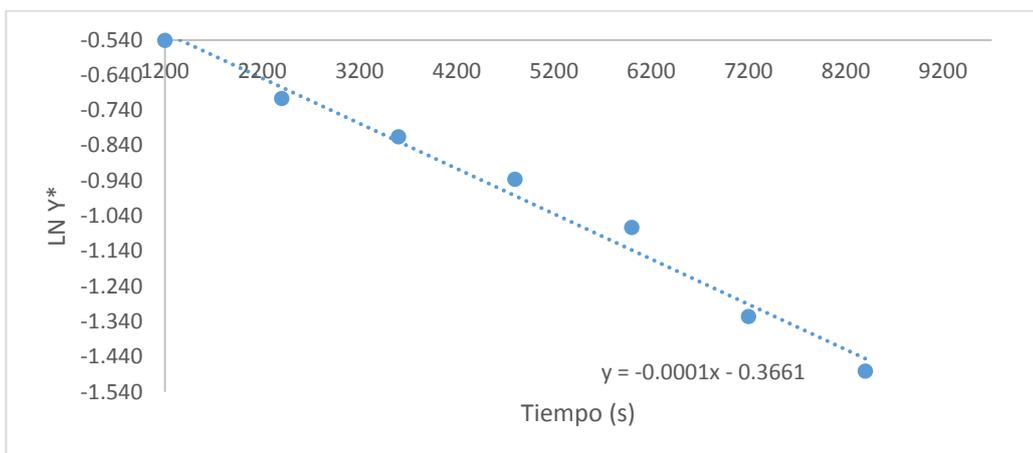
ANEXO 11. Ln Y* vs. Tiempo para el tratamiento sacarosa, replica 2.



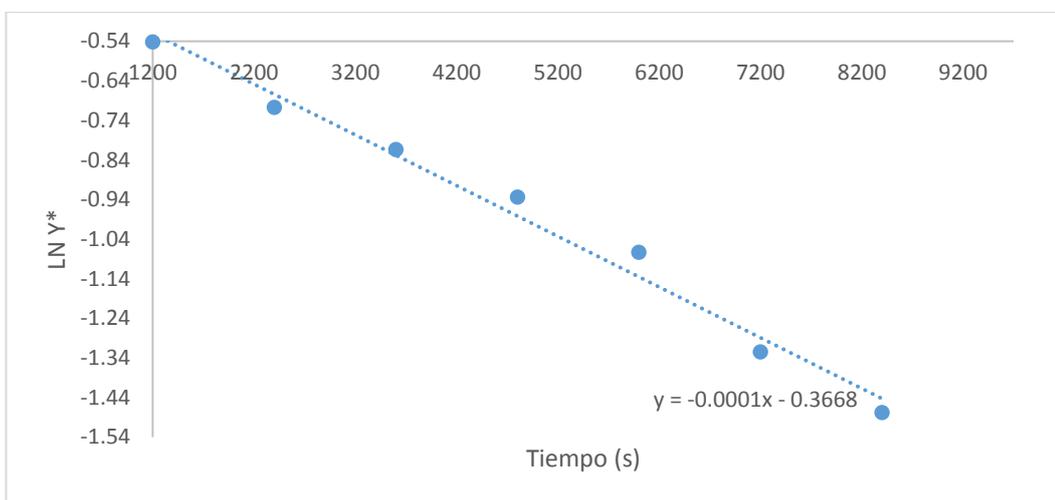
ANEXO 12. Ln Y* vs. Tiempo para el tratamiento sacarosa, replica 3.



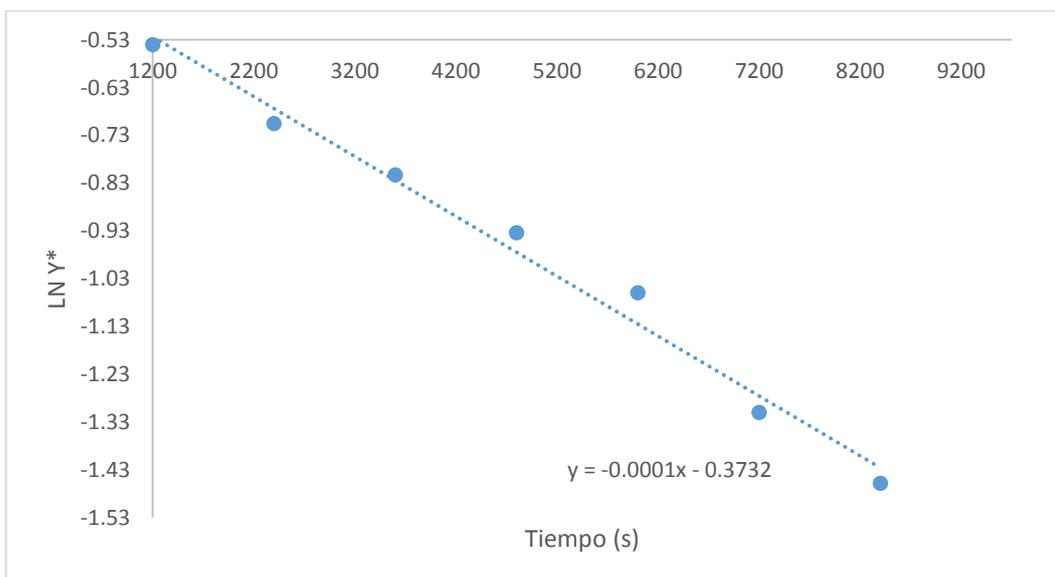
ANEXO 13. Ln Y* vs. Tiempo para el tratamiento miel de abeja, replica 1.



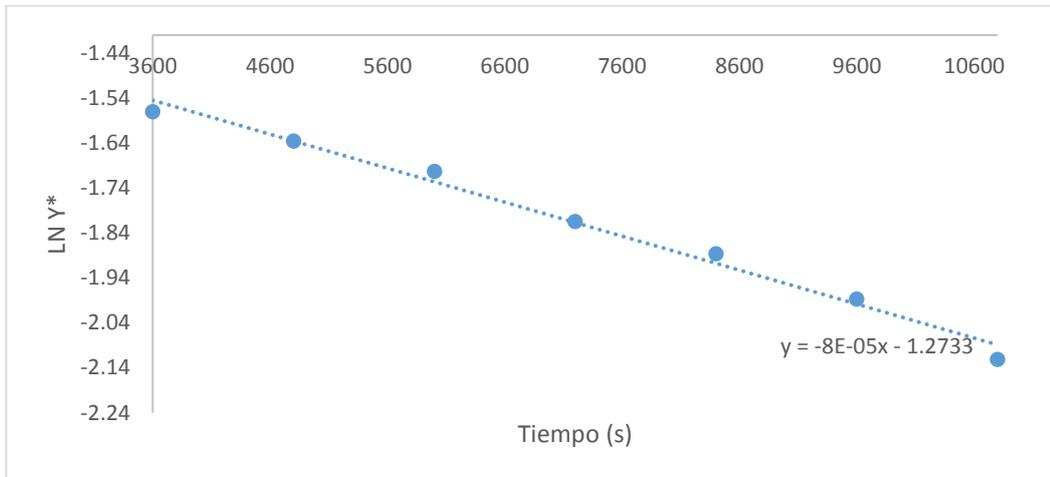
ANEXO 14. Ln Y* vs. Tiempo para el tratamiento miel de abeja, replica 2.



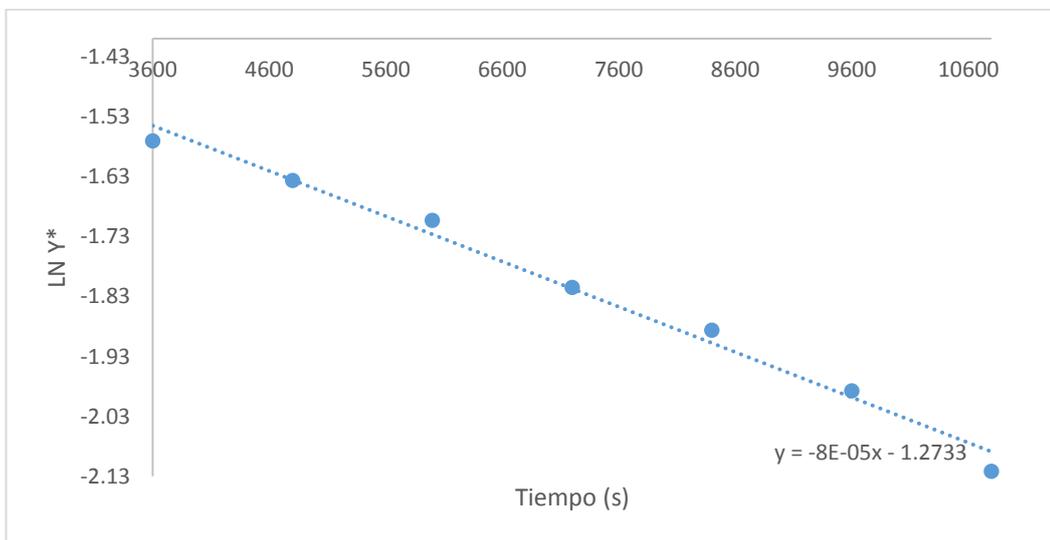
ANEXO 15. Ln Y* vs. Tiempo para el tratamiento miel de abeja, replica 3.



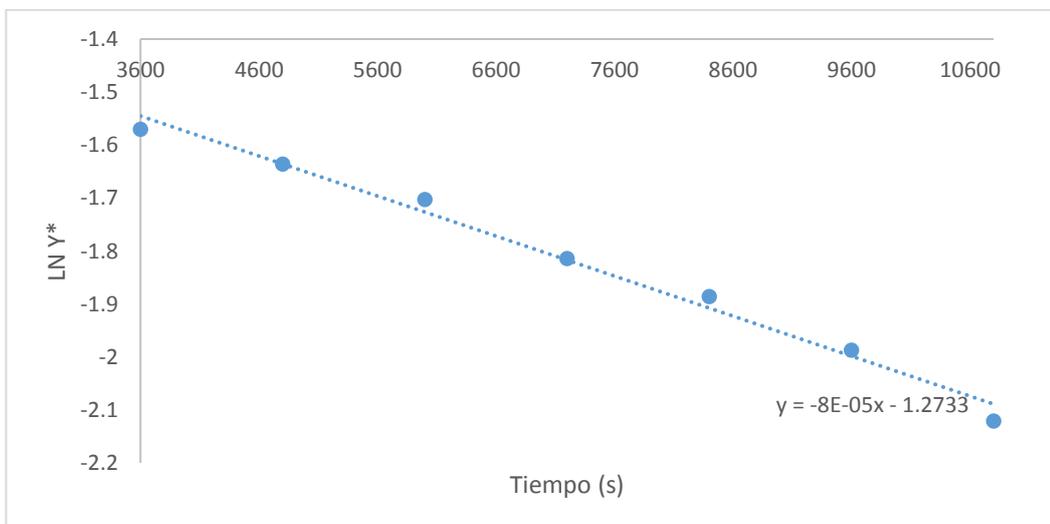
ANEXO 16. Ln Y* vs. Tiempo para el tratamiento maltodextrina, replica 1.



ANEXO 17. Ln Y* vs. Tiempo para el tratamiento maltodextrina, replica 2.



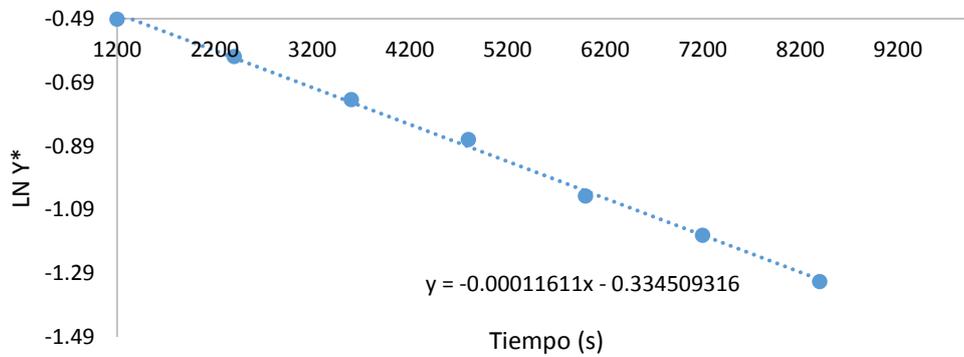
ANEXO 18. Ln Y* vs. Tiempo para el tratamiento maltodextrina, replica 3.



ANEXO 19. Calculo demostrativo del coeficiente de difusividad.

Se grafica Ln Y* en ordenadas contra el tiempo t, se obtendrá una línea recta, de cuya pendiente es posible establecer el valor del coeficiente de difusión. La

pendiente obtenida se iguala a la siguiente ecuación $\frac{Def \pi^2}{4 L^2} * t$.



Obtenemos la pendiente en este caso (-0,0001)

Este valor los reemplazamos en la siguiente ecuación:

$$Def = \frac{\text{valor pendiente} * 4 * L^2}{-\pi^2 * t} * t$$

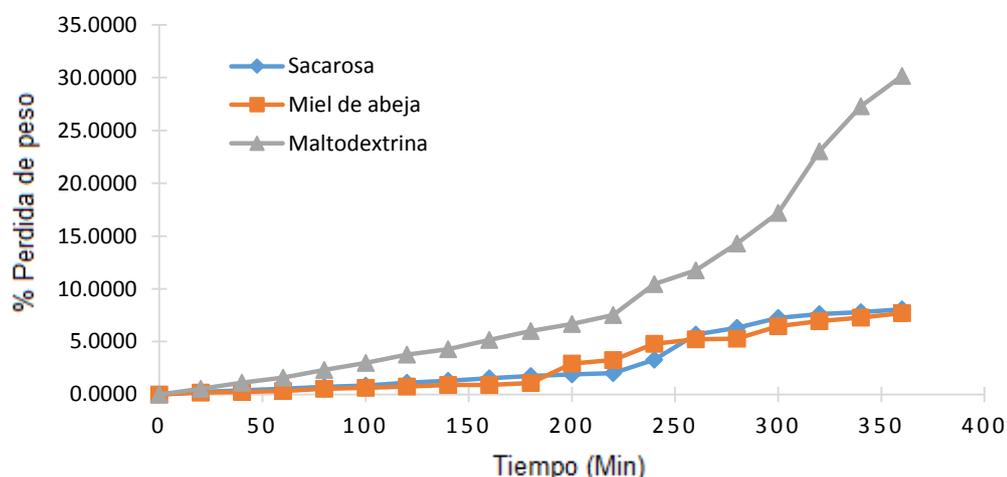
$$Def = \frac{-0.0001 * 4 * (0.005)^2}{-(\pi)^2 * 8400}$$

$$Def = 1.2062 * 10^{-13}$$

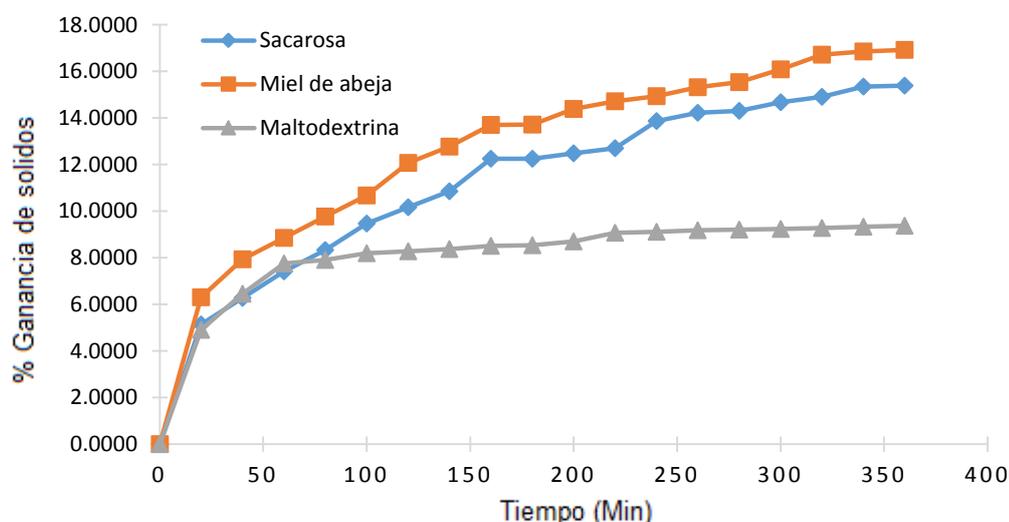
ANEXO 20. Valores calculados del coeficiente de difusividad efectiva para los tres tratamientos.

Tratamiento	R1	R2	R3
Sacarosa	1.2062X10 ⁻¹³	1.2062X10 ⁻¹³	1.2062X10 ⁻¹³
Miel de abeja	1.2062X10 ⁻¹³	1.2062X10 ⁻¹³	1.2062X10 ⁻¹³
Maltodextrina	7.50524X10 ⁻¹⁴	7.50524X10 ⁻¹⁴	7.50524X10 ⁻¹⁴

Anexo 21. Comportamiento de la pérdida de peso en función al tiempo de la DO de papayita nativa en diferentes agentes osmodeshidratantes de sacarosa, miel de abeja y maltodextrina.



Anexo 22. Comportamiento de la ganancia de sólidos función al tiempo de la DO de papayita nativa en diferentes agentes osmodeshidratantes de sacarosa, miel de abeja y maltodextrina.



ANEXO 23. ANOVA para la difusividad efectiva.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-p</i>
Tratamientos	79.3548	2	39.6774	1.00594E32	0.0000
Error	0	6	0		
Total (Corr.)	79.3548	8			

ANEXO 24. Resumen Estadístico para la difusividad efectiva.

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Sacarosa	3	1.2062	0	0%	1.2062	1.2062
Miel de abeja	3	1.2062	0	0%	1.2062	1.2062
Maltodextrina	3	7.5052	0	0%	7.5052	7.5052
Total	9	3.30587	3.1495	95.27%	1.2062	7.5052

ANEXO 25. Resultados de los parámetros de ganancia de sólidos, pérdida de peso acumulado y pérdida de agua.

Tratamientos	Replicas	T° (°C)	°Brix	GS %	PP (acumulado) %	PA %	ST %	H % (DO)
Sacarosa	R1	30	50	15.35	8.25	27.97	28.42	71.58
	R2	30	50	15.35	8.20	27.98	28.42	71.58
	R3	30	50	15.44	7.75	27.84	28.55	71.45
Miel de abeja	R1	30	50	16.92	7.70	29.96	30.80	69.20
	R2	30	50	16.92	8.30	29.99	30.83	69.17
	R3	30	50	16.92	7.10	29.99	30.87	69.13
Maltodextrina	R1	30	50	9.39	31.85	37.76	19.88	80.12
	R2	30	50	9.37	27.70	37.74	19.86	80.14
	R3	30	50	9.37	30.90	37.74	19.87	80.13

ANEXO 26. ANOVA para %PP (acumulado).

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-p</i>
Tratamientos	499.036	2	249.518	7.43	0.0014
Error	1812.98	54	33.5737		
Total (Corr.)	2312.02	56			

ANEXO 27. Resumen Estadístico para % PP (acumulado).

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>
Sacarosa	19	3.07453	2.95594	96.1429%	0.033
Miel de abeja	19	2.92116	2.80363	95.9766%	0.117
Maltodextrina	19	9.27442	9.16364	98.8055%	0.1
Total	57	5.09004	6.42192	126.166%	0.033

ANEXO 28. ANOVA para % GS.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-p</i>
Tratamientos	530.897	2	265.448	8.51	0.0006
Error	1683.85	54	31.1823		
Total (Corr.)	2214.74	56			

ANEXO 29. Resumen Estadístico para % GS.

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>
Sacarosa	19	22.1699	6.19876	27.9602%	4.5
Miel de abeja	19	24.2488	6.60302	27.2303%	4.5
Maltodextrina	19	17.7895	3.59184	20.1908%	4.5
Total	57	21.4028	6.15543	28.76%	4.5

ANEXO 30. ANOVA para % de humedad.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-p</i>
Tratamientos	530.897	2	265.448	8.51	0.0006
Error	1683.85	54	31.1823		
Total (Corr.)	2214.74	56			

ANEXO 31. Resumen Estadístico para % de humedad.

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>
Sacarosa	19	77.8311	6.19784	7.96319%	71.51
Miel de abeja	19	75.7363	6.6148	8.73399%	69.264
Maltodextrina	19	82.9983	3.37316	4.06413%	80.4
Total	57	78.8552	6.2888	7.97512%	69.264

ANEXO 32. ANOVA para % PA.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-p</i>
Tratamientos	744.087	2	372.043	12.19	0.0000
Error	1648.53	54	30.5284		
Total (Corr.)	2392.62	56			

ANEXO 33. Resumen Estadístico para % PA.

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>
Sacarosa	19	20.8468	7.23639	34.7121%	0
Miel de abeja	19	22.6342	7.80473	34.482%	0
Maltodextrina	19	34.1259	8.49331	24.8881%	0
Total	57	25.869	9.73843	37.6452%	0

ANEXO 34. ANOVA para % de ST.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-p</i>
Tratamientos	744.087	2	372.043	12.19	0.0000
Error	1648.53	54	30.5284		
Total (Corr.)	2392.62	56			

ANEXO 35. Resumen Estadístico para % ST.

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>
Sacarosa	19	11.0519	4.11671	37.2489%	0
Miel de abeja	19	12.4866	4.36811	34.9823%	0
Maltodextrina	19	7.96926	2.22833	27.9615%	0
Total	57	10.5026	4.09777	39.0168%	0

ANEXO 36. Calculo demostrativo de las Tasas de Variación por Hora (TVH)

Tiempo (hora)	Sacarosa	TVH
1	7.42	$(10.16 - 7.42) / 7.42 * 100 = 37.02$
2	10.16	$(12.24 - 10.16) / 10.16 * 100 = 20.49$
3	12.24	$(13.86 - 12.34) / 12.34 * 100 = 13.19$
4	13.86	$(14.67 - 13.86) / 13.86 * 100 = 5.85$
5	14.67	$(15.38 - 14.67) / 14.67 * 100 = 4.85$
6	15.38	Promedio = 16.28

ANEXO 37. TVH para Ganancia de Sólidos.

Tiempo (hora)	Sacarosa	Miel de abeja	Maltodextrina	TVH (Sac.)	TVH (Miel)	TVH (Malt.)
1	7.42	8.85	7.76	37.02	36.46	6.68
2	10.16	12.08	8.28	20.49	13.39	3.20
3	12.24	13.69	8.54	13.19	9.10	6.66
4	13.86	14.94	9.11	5.85	10.78	1.39
5	14.67	16.55	9.24	4.85	2.23	1.53
6	15.38	16.92	9.38			
			Promedio	16.28	14.39	3.89

ANEXO 38. Resultados obtenidos del % de pérdida de peso acumulado

% PP (acumulado)															
°Brix	T°	Tiempo		SACAROSA				MIEL DE ABEJA				MALTODEXTRINA			
		Hora	Min.	R1	R2	R3	Prom.	R1	R2	R3	Prom.	R1	R2	R3	Prom.
50	30	1	0	0.000	0.000	0.100	0.033	0.150	0.100	0.100	0.117	0.050	0.100	0.150	0.100
50	30		20	0.250	0.300	0.200	0.250	0.200	0.150	0.150	0.167	0.700	0.450	0.450	0.533
50	30		40	0.300	0.500	0.400	0.400	0.250	0.250	0.200	0.233	1.300	0.800	1.200	1.100
50	30		60	0.300	0.700	0.650	0.550	0.350	0.350	0.250	0.317	1.600	1.350	1.850	1.600
50	30	2	80	0.450	0.950	0.800	0.733	0.450	0.350	0.850	0.550	2.900	1.650	2.450	2.333
50	30		100	0.600	0.950	1.000	0.850	0.500	0.450	0.900	0.617	3.750	2.100	3.100	2.983
50	30		120	0.750	1.300	1.250	1.100	0.550	0.550	1.150	0.750	4.950	2.650	3.700	3.767
50	30	3	140	0.900	1.600	1.400	1.300	0.650	0.650	1.400	0.900	5.100	3.450	4.300	4.283
50	30		160	1.250	1.700	1.650	1.533	0.700	0.650	1.400	0.917	6.200	4.350	4.900	5.150
50	30	4	180	1.600	1.800	1.850	1.750	0.800	0.800	1.650	1.083	7.050	5.150	5.800	6.000
50	30		200	1.750	1.950	2.000	1.900	6.100	0.800	1.850	2.917	7.600	6.050	6.400	6.683
50	30	5	220	2.000	2.000	2.100	2.033	6.850	0.950	1.950	3.250	8.700	6.950	6.950	7.533
50	30		240	5.250	2.150	2.450	3.283	7.000	5.350	2.100	4.817	10.400	8.400	12.550	10.450
50	30	6	260	5.950	5.850	5.200	5.667	7.100	6.450	2.100	5.217	12.300	9.800	13.150	11.750
50	30		280	6.600	6.900	5.450	6.317	7.350	6.200	2.350	5.300	18.150	10.700	14.050	14.300
50	30	7	300	7.900	7.650	6.200	7.250	7.500	6.750	5.100	6.450	20.350	15.750	15.450	17.183
50	30		320	8.000	7.900	6.900	7.600	7.600	6.950	6.250	6.933	26.600	21.600	20.900	23.033
50	30	8	340	8.100	8.050	7.250	7.800	7.700	7.300	6.800	7.267	32.600	22.600	26.650	27.283
50	30		360	8.250	8.200	7.750	8.067	7.700	8.300	7.100	7.700	31.850	27.700	30.900	30.150

ANEXO 39. Resultados obtenidos del % de solidos totales

% SOLIDOS TOTALES															
°Brix	T°	Tiempo		SACAROSA				MIEL DE ABEJA				MALTODEXTRINA			
		Hora	Min.	R1	R2	R3	Prom.	R1	R2	R3	Prom.	R1	R2	R3	Prom.
				50	30	0	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500
50	30	1	20	13.802	13.786	13.802	13.797	15.456	15.471	15.471	15.466	13.484	13.468	13.452	13.468
50	30		40	15.427	15.413	15.442	15.427	17.782	17.795	17.795	17.791	15.632	15.705	15.705	15.680
50	30		60	17.087	17.034	17.060	17.060	19.108	19.108	19.120	19.112	17.497	17.628	17.524	17.550
50	30		80	18.426	18.327	18.340	18.364	20.424	20.424	20.446	20.432	17.760	17.825	17.695	17.760
50	30	2	100	20.067	19.956	19.989	20.004	21.745	21.765	21.666	21.725	18.161	18.256	18.268	18.228
50	30		120	21.043	20.970	20.960	20.991	23.750	23.759	23.683	23.731	18.357	19.351	18.314	18.674
50	30		140	22.052	21.916	21.955	21.975	24.750	24.750	24.659	24.720	18.421	19.468	18.421	18.770
50	30	3	160	24.038	23.907	23.972	23.972	26.082	26.082	25.982	26.048	18.684	18.581	18.578	18.614
50	30		180	24.038	23.907	23.972	23.972	26.175	26.082	25.982	26.080	18.713	18.666	18.633	18.671
50	30		200	24.375	24.248	24.296	24.306	27.074	27.074	26.974	27.041	18.898	18.972	18.812	18.894
50	30	4	220	24.659	24.589	24.613	24.620	27.151	27.749	27.635	27.512	19.481	19.347	19.465	19.431
50	30		240	26.297	26.258	26.297	26.284	27.431	28.071	27.968	27.823	19.524	19.426	19.506	19.486
50	30		260	26.944	26.914	26.980	26.946	28.156	28.325	28.640	28.374	19.579	19.566	19.630	19.591
50	30	5	280	26.615	26.817	27.321	26.917	28.517	28.581	28.984	28.694	19.615	19.587	19.672	19.625
50	30		300	27.344	27.426	27.564	27.445	29.984	29.070	29.344	29.466	19.665	19.604	19.731	19.666
50	30		320	27.685	27.713	27.926	27.775	30.621	30.669	30.671	30.653	19.712	19.675	19.795	19.727
50	30	6	340	28.328	28.418	28.485	28.410	30.714	30.756	30.700	30.723	19.790	19.774	19.827	19.797
50	30		360	28.417	28.423	28.551	28.464	30.808	30.834	30.865	30.836	19.882	19.857	19.868	19.869

ANEXO 40. Resultados obtenidos del % de pérdida de agua

% PERDIDA DE AGUA															
°Brix	T°	Tiempo		SACAROSA				MIEL DE ABEJA				MALTODEXTRINA			
		Hora	Min.	R1	R2	R3	Prom.	R1	R2	R3	Prom.	R1	R2	R3	Prom.
50	30	1	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50	30		20	8.208	8.208	8.208	8.208	8.161	8.161	8.161	8.161	29.040	29.040	29.040	29.040
50	30		40	14.482	14.468	14.482	14.477	15.966	15.980	15.980	15.975	33.569	33.557	33.546	33.557
50	30		60	15.982	15.968	15.995	15.982	18.113	18.125	18.125	18.121	35.069	35.120	35.120	35.103
50	30	2	80	17.513	17.463	17.488	17.488	19.336	19.336	19.347	19.340	35.647	35.647	35.647	35.647
50	30		100	18.748	18.657	18.668	18.691	20.552	20.552	20.572	20.558	35.787	35.787	35.787	35.787
50	30		120	20.262	20.159	20.190	20.204	21.771	21.789	21.698	21.753	35.920	35.920	35.920	35.920
50	30	3	140	21.162	21.095	21.085	21.114	23.622	23.629	23.560	23.604	36.122	36.122	36.122	36.122
50	30		160	22.093	21.968	22.004	22.022	24.545	24.545	24.460	24.516	36.241	36.241	36.241	36.241
50	30		180	23.925	23.804	23.864	23.864	25.773	25.773	25.681	25.743	36.395	36.395	36.395	36.395
50	30	4	200	23.925	23.804	23.864	23.864	25.767	25.773	25.681	25.741	36.576	36.576	36.576	36.576
50	30		220	24.236	24.119	24.163	24.173	26.689	26.689	26.597	26.658	36.772	36.772	36.772	36.772
50	30		240	24.498	24.434	24.455	24.462	26.761	27.312	27.207	27.093	36.919	36.919	36.919	36.919
50	30	5	260	26.009	25.973	26.009	25.997	27.019	27.609	27.514	27.381	37.051	37.051	37.051	37.051
50	30		280	26.606	26.578	26.639	26.608	27.688	27.844	28.135	27.889	37.254	37.254	37.254	37.254
50	30		300	26.302	26.488	26.954	26.581	28.021	28.080	28.453	28.185	37.498	37.498	37.498	37.498
50	30	6	320	26.975	27.050	27.122	27.049	29.376	29.455	29.707	29.513	37.589	37.589	36.891	37.356
50	30		340	27.290	27.315	27.512	27.372	29.871	29.730	29.917	29.839	37.645	37.645	36.947	37.412
50	30		360	27.974	27.984	27.843	27.934	29.957	29.995	29.989	29.980	37.7568	37.7358	37.736	37.743

ANEXO 41. Resultados obtenidos del % de ganancia de sólidos

% GANANCIA DE SÓLIDOS (GS)															
°Brix	T°	Tiempo		SACAROSA				MIEL DE ABEJA				MALTODEXTRINA			
		Hora	Min.	R1	R2	R3	Prom.	R1	R2	R3	Prom.	R1	R2	R3	Prom.
50	30	1	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50	30		20	5.141	5.130	5.141	5.137	6.296	6.306	6.306	6.303	4.919	4.907	4.896	4.907
50	30		40	6.276	6.266	6.286	6.276	7.921	7.930	7.930	7.927	6.419	6.470	6.470	6.453
50	30		60	7.435	7.398	7.417	7.417	8.847	8.847	8.855	8.850	7.722	7.813	7.740	7.758
50	30	2	80	8.371	8.302	8.310	8.328	9.767	9.767	9.782	9.772	7.905	7.950	7.860	7.905
50	30		100	9.517	9.439	9.462	9.473	10.689	10.703	10.634	10.675	8.186	8.152	8.260	8.199
50	30		120	10.198	10.148	10.140	10.162	12.090	12.095	12.043	12.076	8.322	8.216	8.292	8.277
50	30	3	140	10.903	10.809	10.836	10.849	12.788	12.788	12.724	12.767	8.410	8.410	8.310	8.377
50	30		160	12.290	12.199	12.245	12.245	13.718	13.718	13.648	13.695	8.551	8.479	8.477	8.502
50	30		180	12.290	12.199	12.245	12.245	13.783	13.718	13.648	13.717	8.571	8.538	8.515	8.541
50	30	4	200	12.526	12.437	12.471	12.478	14.411	14.411	14.341	14.388	8.700	8.752	8.640	8.698
50	30		220	12.724	12.676	12.692	12.697	14.465	14.882	14.803	14.717	9.107	9.014	9.096	9.072
50	30		240	13.868	13.841	13.868	13.859	14.661	15.107	15.036	14.935	9.138	9.069	9.125	9.111
50	30	5	260	14.220	14.220	14.220	14.220	15.167	15.285	15.505	15.319	9.176	9.167	9.211	9.185
50	30		280	14.090	14.231	14.584	14.302	15.419	15.464	15.746	15.543	9.201	9.182	9.241	9.208
50	30		300	14.600	14.657	14.753	14.670	16.444	15.806	15.996	16.082	9.236	9.193	9.282	9.237
50	30	6	320	14.838	14.858	15.006	14.901	16.710	16.710	16.710	16.710	9.269	9.243	9.327	9.279
50	30		340	15.287	15.350	15.397	15.345	16.850	16.850	16.850	16.850	9.323	9.312	9.349	9.328
50	30		360	15.350	15.353	15.443	15.382	16.920	16.920	16.920	16.920	9.388	9.370	9.378	9.379

ANEXO 42. Resultados obtenidos del % de humedad final

% HUMEDAD															
°Brix	T°	Tiempo		SACAROSA				MIEL DE ABEJA				MALTODEXTRINA			
		Hora	Min.	R1	R2	R3	Prom.	R1	R2	R3	Prom.	R1	R2	R3	Prom.
50	30	1	0	95.500	95.500	95.500	95.500	95.500	95.500	95.500	95.500	95.500	95.500	95.500	95.500
50	30		20	86.198	86.214	86.198	86.203	84.544	84.529	84.529	84.534	86.516	86.532	86.548	86.532
50	30		40	84.573	84.587	84.558	84.573	82.218	82.205	82.205	82.209	84.368	84.295	84.295	84.320
50	30		60	82.913	82.966	82.940	82.940	80.892	80.8922	80.88	80.888	83.540	83.540	83.540	83.540
50	30	2	80	81.574	81.673	81.660	81.636	79.576	79.5755	79.554	79.568	83.340	83.340	83.340	83.340
50	30		100	79.933	80.044	80.011	79.996	78.255	78.2352	78.334	78.275	83.150	83.150	83.150	83.150
50	30		120	78.957	79.030	79.040	79.009	76.250	76.2413	76.317	76.269	82.860	82.860	82.860	82.860
50	30		140	77.948	78.084	78.045	78.025	75.250	75.2496	75.341	75.280	82.690	82.690	82.690	82.690
50	30	3	160	75.962	76.093	76.028	76.028	73.918	73.9184	74.018	73.952	82.470	82.470	82.470	82.470
50	30		180	75.962	76.093	76.028	76.028	73.925	73.9184	74.018	73.954	82.210	82.210	82.210	82.210
50	30		200	75.625	75.752	75.704	75.694	72.926	72.9261	73.026	72.959	81.930	81.930	81.930	81.930
50	30		220	75.341	75.411	75.387	75.380	72.849	72.2513	72.365	72.488	81.720	81.720	81.720	81.720
50	30	4	240	73.703	73.742	73.703	73.716	72.569	71.9292	72.032	72.177	81.530	81.530	81.530	81.530
50	30		260	73.056	73.086	73.020	73.054	71.844	71.6754	71.360	71.626	81.240	81.240	81.240	81.240
50	30		280	73.385	73.183	72.679	73.083	71.483	71.4194	71.016	71.306	80.890	80.890	80.890	80.890
50	30		300	72.656	72.574	72.496	72.575	70.016	69.9296	69.656	69.867	80.760	80.760	81.760	81.093
50	30	5	320	72.315	72.287	72.074	72.225	69.479	69.6315	69.429	69.513	80.680	80.680	81.680	81.013
50	30		340	71.572	71.562	71.715	71.616	69.386	69.3441	69.351	69.360	80.520	80.550	80.550	80.540
50	30		360	71.510	71.510	71.510	71.510	69.292	69.2665	69.235	69.264	80.400	80.400	80.400	80.400
Xe	50		30	6	71.510	71.510	71.510	71.510	69.292	69.2665	69.235	69.264	80.400	80.400	80.400

Xe: Humedad de equilibrio.

ANEXO 43. Resultados obtenidos de la deshidratación osmótica de papayita nativa.

Tiempo		Datos de la deshidratación osmótica de la papayita nativa (°Brix de la solución)								
Horas	Minutos	SACAROSA			MIEL DE ABEJA			MALTODEXTRINA		
		S1	S2	S3	M1	M2	M3	MALT. 1	MALT. 2	MALT. 3
1	0	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	20	45	46	45	44	45	45	46	46	45
	40	44	46	44	43	44	44	45	45	43
	60	44	44	44	43	43	43	44	44	43
2	80	43	43	43	42	42	42	43	44	43
	100	42	43	42	41	42	41	42	43	42
	120	42	43	41	40	41	41	42	43	42
3	140	42	42	40	39.5	40	40	42	43	42
	160	40	42	40	39	40	39	42	43	42
	180	40	42	40	39	40	39	42	43	42
4	200	40	42	39	38.5	39	39	42	43	42
	220	40	42	39	38	39	38	41	42	42
	240	38	41	38	38	39	38	41	42	42
5	260	38	41	38	38	38	38	41	42	42
	280	38	40	38	38	38	37	41	42	42
	300	38	39	38	37.5	37	37	41	42	42
6	320	38	39	38	37	37	36	41	42	41
	340	37	39	37	37	37	36	40	42	41
	360	37	39	37	37	37	36	40	41	41
	380	37	39	37	37	37	36	40	41	41

ANEXO 44: Fotografías de la investigación.



Fotografía 01. Muestras de papayita nativa en estado de madures verde - amarillo



Fotografía 02: Papayita nativa pelada manualmente.



Fotografía 03: Extracción de las semillas de la papayita nativa.



Fotografía 04: Payitas listas para ser cortadas.



Fotografía 05: Medida del espesor la papayita nativa con ayuda de un vernier.



Fotografía 06: Escaldado de la papayita nativa.



Fotografía 07: Preparación de los agentes osmodeshidratantes.



Fotografía 08: Deshidratación osmótica de la papayita nativa a 30°C



Fotografía 09: Observación de los grados Brix.



Fotografía 10: Muestras de papayita nativa DO.

MALTODEXTRINA**DESCRIPCION GENERAL**

La maltodextrina, es un polvo de carbohidratos blanco, blando, de baja dulzura, tiene alta solubilidad obtenido del maíz, a pesar de sus bajas características higroscópicas es un extensor y aportador de sólidos ideal.

análisis químico

DE (dextrosa) : 9.0 – 12.0
 Humedad : 6.00% max.
 Minerales : 0.6%
 pH : 4.0 – 6.0
 solubilidad : >98
 Arsénico : <0.5

análisis microbiológico

Coliformes : < 30 ufc/g
 Bacillos : < 3000
 Salmonella : ausencia
 Hongos y levaduras : 30 ufc/g

Composición típica de los carbohidratos

Monosacáridos : 0.8%
 Disacáridos : 2.9%
 Trisacáridos : 4.4%
 Tetra sacáridos : 3.8%
 Pentasacáridos y superiores : 88.1%

Aplicaciones

Se utiliza en la industria como humectante y espesante, para estabilizar alimentos con muchas grasas, para dispersar ingredientes secos, para favorecer el secado por aspersion de sabores, jugos de frutas u otros productos difíciles de secar, y como fuente de carbohidratos en bebidas energéticas, proporciona tantas calorías como el azúcar.

Packing

Bolsa interna de polietileno laminado de 100 micras completamente sellado y bolsa de papel kraft multilaminada con barrera antihumedad. Peso neto de 25 kg de producto.

Almacenaje y manipuleo

Almacenar en un ambiente seco y fresco a temperaturas menores a los 25°C y a una humedad relativa menor al 60%. Abierta la bolsa debe tenerse cuidado de sellar el empaque de polietileno para prevenir la captación de humedad. El tiempo de vida útil es mínimo de 12 meses.

Call Center: (51-1)2611548 Teléfonos: (51-1)3710841 / (51-1) 3710104 / (51-1)3581870 Fax: (51-1)3710335 E-mail: ventas@eurofarma.com.pe; ventas.institucional@eurofarma.com.pe; venta.industrial@eurofarma.com.pe
 Web: www.eurofarma.com.pe

Anexo 45: Cuadro de operacionalización de variables

DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE LA PAPAYITA NATIVA (<i>Carica pubescens</i>) EN TRES AGENTES OSMODESHIDRATANTES.							
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	DEFINICIÓN DE OPERACIONES			RECOLECCIÓN DE DATOS	
			VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DISEÑO O MÉTODO	TÉCNICA	INSTRUMENTO
GENERAL							
¿Cuál es la influencia de tres agentes edulcorantes en la deshidratación osmótica de papayita nativa?	Determinar la influencia de tres agentes edulcorantes, en la deshidratación osmótica de papayita nativa.	Los agentes edulcorantes miel de abeja, maltodextrina y sacarosa influyen en la deshidratación osmótica de la papayita nativa (<i>Vasconcellea pubescens</i>).	Variables independientes: Concentración de azúcar. Concentración de miel de Abeja. Concentración de maltodextrina	Se determinó el efecto de tres agentes edulcorantes en la deshidratación osmótica de la papayita nativa (<i>Vasconcellea pubescens</i>)	Experimental	se determinó mediante la ley de Fick Se determinó mediante ecuaciones Se determinó los sólidos totales para la humedad final	Equipo: Estufa Placas Petri Balanza analítica Registro de datos
ESPECIFICO							
	Determinar y comparar la ganancia y pérdida de sólidos en la deshidratación osmótica de papayita nativa con tres agentes edulcorantes.	Los agentes edulcorantes influyen en la ganancia y pérdida de sólidos durante la deshidratación osmótica de la papayita nativa.	Variables dependientes: Pérdida de humedad en el tiempo. Pérdida de peso en el tiempo. Velocidad de deshidratación.	se determinó y comparo la ganancia y pérdida de sólidos en la deshidratación osmótica de la papayita nativa	Experimental	Se determinó mediante ecuaciones.	Estufa Placas Petri Balanza analítica Registro de datos
	Determinar y comparar el coeficiente de Difusividad de los agentes edulcorantes utilizados para la deshidratación osmótica de la papayita nativa.	Los agentes edulcorantes influyen en el coeficiente de difusividad de la papayita nativa deshidratada osmóticamente.	Concentración de azúcar en el tiempo. Difusividad efectiva.	se determinó y comparo la difusividad en la deshidratación osmótica de la papayita nativa	Experimental	Se determinó mediante la ley de Fick	Registro de datos
	Determinar y comparar la humedad y °Brix final de la papayita nativa deshidratada osmóticamente.	Los agentes edulcorantes influyen en la humedad y °Brix final de la papayita nativa deshidratada osmóticamente.		se determinó y comparo la humedad final de la papayita nativa DO	Experimental	Se determinó los sólidos totales para determinar la humedad.	Registro de datos