

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

COLEGIO DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

“Deshidratación osmótica de tejocote (*Crataegus pubescens*) en medio dinámico empleando soluciones de sacarosa, maltodextrina y sacarosa-maltodextrina”

TESIS PROFESIONAL

Para obtener el título de:

INGENIERO EN ALIMENTOS

Presenta:

ANGELO HUERTA QUIROZ

DIRECTOR DE TESIS

M.C. Ana Lilia Soriano Morales

CO-DIRECTOR

Dra. María Elena Ramos Cassellis

Puebla, Puebla.

Junio 2015

ÍNDICE

	INDICE DE FIGURAS	2
	INDICE DE TABLAS	4
	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
	JUSTIFICACION	7
	OBJETIVO GENERAL	8
	OBJETIVOS ESPECIFICOS	8
	HIPÓTESIS	8
	CAPITULO I. MARCO TEÓRICO	10
1.1	TEJOCOTE	10
1.1.1	Taxonomía	11
1.1.2	Producción	12
1.1.3	Valor Nutritivo	13
1.1.4	Propiedades del Tejocote	14
1.2	DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA	15
1.2.1	Factores que influyen den la deshidratación osmótica	19
1.2.1.1	Temperatura de la solución osmótica	19
1.2.1.2	Presión de operación	19
1.2.1.3	Agitación de la solución osmótica	19
1.2.1.4	Concentración de la solución osmótica	20
1.2.1.5	Tipo de soluto	20
1.2.1.6	Geometría y tamaño del producto	21
1.2.1.7	Relación masa de la solución/masa del producto	21
1.2.2	Solutos	21
1.2.2.1	Maltodextrina	22
1.2.2.2	Sacarosa	24
1.2.2.2.1	Propiedades de la sacarosa	25
1.2.2.2.2	Usos de la sacarosa	25
1.2.2.2.3	Tipos de sacarosa	26
1.2.2.2.4	Riesgos para la salud	26
1.3	Numero de Reynolds	27
2	CAPITULO II. METODOLOGÍA	28
2.1.	MATERIA PRIMA	31
2.1	MÉTODOS	31
2.2.1	Operaciones de acondicionamiento	31
2.2.2	Adicion de Ácido Cítrico y Metabisulfito de Sodio	31
2.2.3	Contenido de humedad y acidez titulable en materia fresca y deshidratada osmóticamente	32
2.2.4	Actividad de agua, color y solidos solubles en materia prima fresca y deshidratada osmóticamente	33
2.2.5	Deshidratacion osmótica	34
2.2.5.1	Preparación de solutos y soluciones	35
2.2.6	Numero de Reynolds	35
2.3	ARREGLO EXPERIMENTAL	36
3	CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
3.1	CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DE LA MATERIA PRIMA	38
3.2	DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA	39
3.3	ARREGLO EXPERIMENTAL	53
4	CONCLUSIONES	65
5	BIBLIOGRAFÍA	68

INDICE DE FIGURAS

Figura	Nombre	Página
1	Tejocote	10
2	Modelo de zonas adecuadas de adaptación de tejocote	13
3	Esquema mostrando los distintos flujos que se consideran al modelar la deshidratación osmótica	17
4	Diagrama general de trabajo	30
5	Estufa de vacío	32
6	Muestras de acides titulable	32
7	Aqualab	33
8	Color Flex	34
9	Refractómetro de mano	34
10	Curvas de la pérdida de masa de rebanadas de tejocote durante la deshidratación osmótica con una solución de 30% de azúcar sometidos a los pretratamientos.	40
11	Curvas de la pérdida de agua de rebanadas de tejocote durante la deshidratación osmótica con una solución de 30% de azúcar sometidos a los pretratamientos	40
12	Curvas de la pérdida de masa de rebanadas de tejocote durante la deshidratación osmótica con una solución de 40% de azúcar sometidos a los pretratamientos.	42
13	Curvas de la pérdida de agua de rebanadas de tejocote durante la deshidratación osmótica con una solución de 40% de azúcar sometidos a los pretratamientos.	42
14	Curvas de la pérdida de masa de rebanadas de tejocote durante la deshidratación osmótica con una solución de 40% de maltodextrina sometidos a los pretratamientos.	44
15	Curvas de la pérdida de agua de rebanadas de tejocote durante la deshidratación osmótica con una solución de 40% de maltodextrina sometidos a los pretratamientos.	44

Figura	Nombre	Página
16	Curvas de la pérdida de masa de rebanadas de tejocote durante la deshidratación osmótica con una solución de 40% de maltodextrina sometidos a los pretratamientos.	46
17	Curvas de la pérdida de agua de rebanadas de tejocote durante la deshidratación osmótica con una solución de 40% de maltodextrina sometidos a los pretratamientos.	46
18	Curvas de la pérdida de masa de rebanadas de tejocote durante la deshidratación osmótica con una solución de azúcar 30% y maltodextrina 40% sometidos a los pretratamientos.	48
19	Curvas de la pérdida de agua de rebanadas de tejocote durante la deshidratación osmótica con una solución de azúcar 30% y maltodextrina 40% sometidos a los pretratamientos.	48
20	Curvas de la pérdida de masa de rebanadas de tejocote durante la deshidratación osmótica con una solución de azúcar 40% y maltodextrina 30% sometidos a los pretratamientos.	50
21	Curvas de la pérdida de agua de rebanadas de tejocote durante la deshidratación osmótica con una solución de azúcar 40% y maltodextrina 30% sometidos a los pretratamientos.	50

INDICE DE TABLAS

Tabla	Nombre	Página
1	Clasificación taxonómica del tejocote	12
2	Usos y ventajas de algunos solutos osmóticos	22
3	Composición de la maltodextrina	23
4	Tratamientos y soluciones hipertónicas	35
5	Características fisicoquímicas de la materia comparadas con valores de referencia	38
6	Número de Reynolds de las 6 diferentes soluciones Osmóticas.	52
7	aw de rebanadas de tejocote deshidratadas osmóticamente con diferentes tratamientos .	54
8	Humedad de rebanadas de tejocote deshidratadas Osmóticamente con diferentes tratamientos	56
9	Acidez titulable de rebanadas de tejocote deshidratadas Osmóticamente con diferentes tratamientos	58
10	ΔE de rebanadas de tejocote deshidratadas osmóticamente con diferentes tratamientos	60
11	°Brix de rebanadas de tejocote deshidratadas osmóticamente con diferentes tratamientos	62

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años se ha originado un gran cambio en los patrones de consumo de diversos productos alimenticios, en respuesta a la demanda del mercado. Los consumidores demandan productos de alta calidad, y que beneficien su salud, como un aporte de fibra, probióticos, antioxidantes y en algunos casos que reduzcan su presión arterial; pero que sean de amplia disponibilidad, ya que ahora el tiempo disponible para la preparación de las comidas es limitado (Sanjinez, et al; 2011)

El tejocote (*Crataegus pubescens*) es un fruto que se come crudo, en conserva, jalea o mermelada, además se usa para hacer ponche. El árbol se cultiva con fines decorativos y de sombra por lo atractivo de sus frutos, habita en bosques de encino, recientemente se ha demostrado que puede ser empleado en la elaboración de productos en los cuales se desea obtener una consistencia de gel debido al alto contenido de pectina. (Moreliaolx, 2011).

Se ha encontrado que la deshidratación osmótica en combinación del secado nos da como resultado un producto al que se le aumenta la vida de anaquel, ya que tiene una menor a_w , además de tener un riesgo menor de contaminación al reducir la disponibilidad de agua y costos de almacenamiento; dando como resultado un producto que esté disponible todo el año, permitiendo el desarrollo de nuevos productos que puedan incursionar en el área gourmet.

Se sabe que algunos agentes osmóticos como la sacarosa, glucosa, sal, lactosa, jarabe de maíz y glicerol ocupados en deshidratación de algunas frutas y hortalizas

para alargar su vida útil no son del todo agrado del consumidor ya que hay un aumento en el valor calórico y la intensidad de dulzor es elevada. (Díaz, 2003).

La Secretaria de Desarrollo Rural del Estado de Puebla ha tomado cartas en el asunto y busca apoyar a los productores de los municipios de Huejotzingo y San Andrés Calpan para que las pérdidas de producción de tejocote vayan disminuyendo.

Por lo tanto, el fin de esta investigación es determinar mediante que soluto o mezcla de los mismos se da una mayor pérdida de agua y ganancia de sólidos, aplicando el método de deshidratación osmótica, para conservar el tejocote más tiempo y evitar pérdidas mayores de cosecha.

JUSTIFICACIÓN

El tejocote es un fruto que se encuentra a partir de noviembre y obteniendo las últimas cosechas en el mes de enero, su producción en México es muy amplia ya que diversos estados tienen producción de este fruto; Puebla sigue siendo el principal productor de tejocote ya que cuenta con el municipio de San Andrés Calpan, que ocupa el primer lugar en producción a nivel nacional, ya que produce entre 25 mil y 30 mil toneladas anuales de tejocote (Sagarpa, 2012).

Es un producto que no se encuentra todo el año, ya que es temporal; aun no se han encontrado métodos para conservarlo más tiempo y tener una disponibilidad durante todo el año por lo que se buscara lograrlo mediante la deshidratación osmótica.

El producto resultante de la deshidratación osmótica tiene una gran aplicación; por lo tanto se determinará que concentración de la soluciones osmóticas es la más adecuada para la perdida de agua y su vida de anaquel sea más prolongada y se pueda almacenar el producto para trabajos o investigaciones posteriores, ya que se puede utilizar para extraer altas cantidades de pectina para elaboración de jaleas y mermeladas.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la pérdida de agua y ganancia de sólidos, durante la deshidratación osmótica con diferentes agentes osmóticos como maltodextrina y sacarosa a diferentes concentraciones, sometiendo el tejocote (*Crataegus pubescens*).

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Someter a operaciones de acondicionamiento a la materia prima.
- Determinar el contenido de humedad y acidez titulable, en tejocote fresco y deshidratado osmóticamente.
- Medir actividad de agua, color y sólidos solubles en tejocote fresco y deshidratado osmóticamente.
- Deshidratar osmóticamente a 40 °C y 150 rpm el tejocote con sacarosa, maltodextrina y sacarosa – maltodextrina a diferentes concentraciones.
- Determinar el número de Reynolds y viscosidad.
- Determinar porcentaje de pérdida de agua y porcentaje de ganancia de solutos.

HIPÓTESIS

La combinación sacarosa-maltodextrina como solutos en la deshidratación osmótica de tejocote aumenta la pérdida de agua y ganancia de sólidos.

CAPITULO I

MARCO TEORICO



CAPITULO 1. MARCO TEORICO

1.1 TEJOCOTE

El tejocote es un fruto que sólo se encuentra disponible durante la segunda mitad del año y que tiene mayor demanda durante diciembre; sin embargo, su valor y sabor son tan apreciados en el mercado nacional que su producción se incrementa año con año, sobre todo en estados como Durango (norte de México), Jalisco y Michoacán (occidente), y Guerrero y Oaxaca (sur). De hecho, su nombre se deriva de la palabra náhuatl “texócotl” que significa fruta agria silvestre o dura, y se sabe que su utilización inició desde antes de la Colonia.

Es un producto agridulce, de color anaranjado o amarillo, semejante a una manzana pequeña de 1 a 2 centímetros de diámetro y que posee de cuatro o seis semillas en su interior, como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Tejocote

En efecto, múltiples poblaciones asentadas en el actual territorio mexicano ya empleaban a este vegetal con fines nutricionales, medicinales y de ornato, aunque su cultivo era escaso y se prefería recolectarlo en bosques fríos localizados en las laderas de los montes, donde comúnmente crece junto a pinos y encinos.

Además, es importante mencionar que el consumo del fruto cocido, acompañado con miel de abeja, es útil en caso de tos, resfriados, gripe, infecciones en estructuras de los pulmones (bronquitis, neumonía), por lo que incluirlo en la dieta habitual durante la temporada fría es muy benéfico. Asimismo, ayuda en caso de diarrea y estreñimiento, ya que posee sustancias digestivas (pectinas y fibra); por otro lado, puede reducir el dolor articular y sirve para disminuir los niveles de grasa en la sangre cuando se toma licuado con jugo de naranja o toronja (Salud y medicinas, 2013).

1.1.1 Taxonomía

Hay reportadas 13 especies en México siendo las más comúnmente utilizadas *Crataegus mexicana* y *Crataegus gracilior* aunque en la parte norte del país sobre todo Coahuila y Nuevo León es también comestible el tejocote rojo (*Crataegus greggiana*)

Está distribuido en la mayor parte de las zonas montañosas de México, sobre todo en el eje neovolcánico (desde el estado de Veracruz hasta el estado de Jalisco), la Sierra Madre Oriental (entre los estados de Hidalgo, Tamaulipas, San Luis Potosí, Coahuila y Nuevo León), la Sierra Madre del Sur (Sierra de Oaxaca y Guerrero) y los altos de Chiapas. Su clasificación taxonómica se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación taxonómica del tejocote

Reino	Vegetal	
División	Plantae	
Subdivisión	Spermatophyta	
Clase	Magnoliophytina	
Subclase	Magnoliopsida	
Orden	Rosidas	
Familia	Rosales	
Subfamilia	Rosaceas	

(SEMARNAT, 2001)

1.1.2 Producción

En México el principal productor de tejocote es el Estado de Puebla con alrededor del 86.2 % de la producción nacional, seguido por el Estado de Oaxaca con el 5 %, Chiapas con el 2.5%, Jalisco con el 2%, Distrito Federal con el 1.8%, Estado de México con 1.4% y Zacatecas con 1.2%; los cuales conforman las 3 mil 455 toneladas de producción de tejocote sembradas en una superficie de 678 hectáreas a nivel nacional (Contrapeso, 2013).

Las zonas con condiciones excelentes para la producción de tejocote se ubican en la Sierra Norte de Puebla y las regiones serranas de los estados de México y Michoacán donde existe un gran potencial para cultivar este frutal. Además están alejadas de la principal zona de producción que es la región de Calpan-Huejotzingo en Puebla (Nuñez-Colin *et al.* 2008, Nuñez-Colin y Sanchez Vidaña, 2011). Estudios que se han hecho en los últimos años sobre las regiones con condiciones favorables para cultivar tejocote se encuentran especificadas el Figura 2.

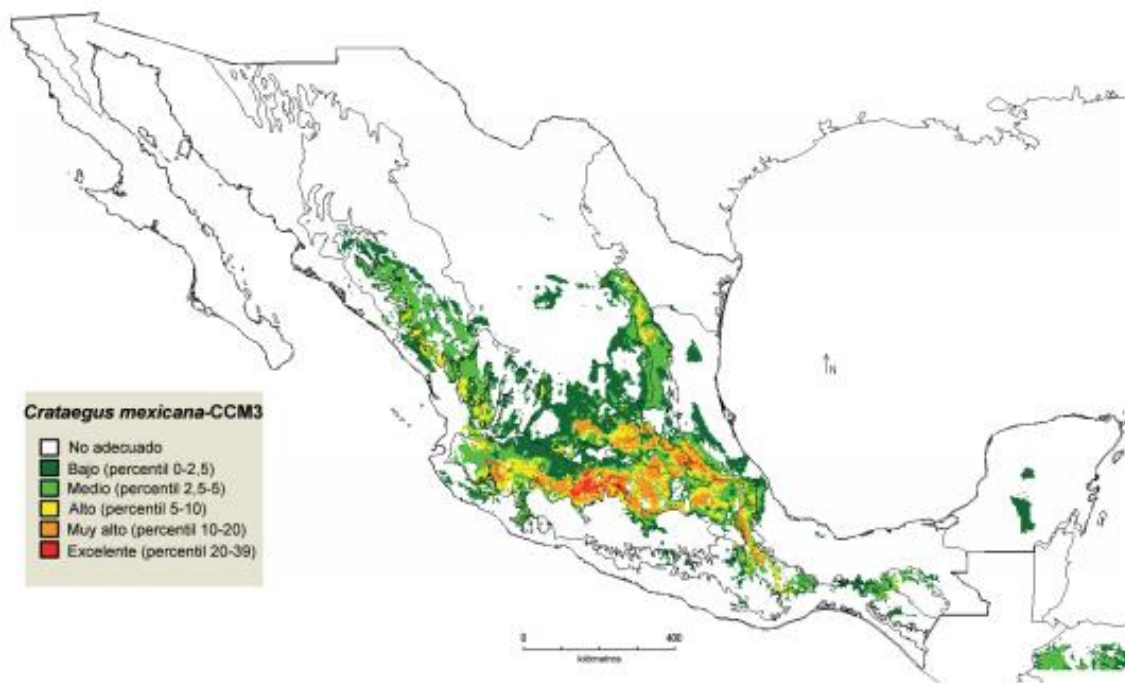


Figura 2. Modelo de las zonas adecuadas de adaptación de tejocote (Govindasamy *et al.*, 2003)

1.1.3 Valor Nutritivo

Cuando la temporada de frío comienza, es bueno el consumo del tejocote, un pequeño fruto con increíble valor nutricional, que es utilizado en muchos hogares mexicanos durante las fiestas navideñas. Redondo, de color amarillo y con un diámetro de entre 3 y 4 centímetros, este fruto contiene altos niveles de calcio, por lo que es ideal para proteger huesos y el cerebro, pero sobre todo para la coagulación sanguínea, por su alto contenido de hierro que favorece a la producción de hemoglobina.

Contiene además vitaminas del complejo B y vitamina C, que fortalecen el sistema inmunológico y contribuyen en la absorción de hierro; neutralizan sustancias que oxidan y destruyen a las células del organismo (radicales libres). Otra de sus cualidades, es que disminuye la cantidad de glucosa en la orina y la sangre, por lo que es conveniente que lo consuma la gente enferma de diabetes. Muchas personas

que padecen esta enfermedad la han podido controlar gracias al consumo de raíz de tejocote machacada y remojada en alcohol

Protege los pulmones por su alto contenido de Vitamina C, de ahí su sabor amargo, que si se mezcla con miel o hecho en almíbar, adquiere un sabor irresistible para jaleas y ates que endulzan nuestro paladar; el fruto no es lo único útil del tejocote, pues los aztecas y purépechas, utilizaban sus hojas y raíz para tratar problemas digestivos y expulsar parásitos intestinales. Sus hojas amargas, ayudan al tratamiento de infección en la orina y controlan la presión arterial elevada.

El tejocote por su tamaño, suele deshuesarse para los niños pequeños y darles solo la pulpa, que ayuda a sus defensas en el frío invierno, además de sazonar el delicioso ponche que tanto gusta en las temporadas decembrinas mexicanas. Pero no sólo en este país se puede conseguir, también el tejocote se exporta a otros lugares del mundo, y aunque a precios muy elevados, valdrá la pena por su sabor y nutrición. (Lyncott, 2012).

1.1.4 Propiedades del tejocote

- Favorece al cerebro y la coagulación sanguínea
- Protege a los pulmones
- Ayuda a fortalecer defensas a niños en temporada de invierno
- Refuerza y cura vías respiratorias y riñones
- Disminuye la cantidad de colesterol en la sangre
- Ayuda a curar la diarrea
- Es diurético y antiespasmódico
- Las hojas y la raíz ayudan a tratar problemas digestivos y eliminar lombrices intestinales (Biblioteca digital de la medicina Mexicana, 2009)

1.2 DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

La reducción del contenido de agua en los alimentos es uno de los métodos comúnmente empleados para la conservación o transformación. Las tecnologías más utilizadas están basadas en la evaporación del agua, aunque recientemente, cobra gran interés la deshidratación osmótica debido a las bajas temperaturas usadas (20-50°C), lo cual evita el daño de productos termolábiles, además de reducir los costos de energía para el proceso. Este tratamiento produce dos efectos principales: flujo de agua desde el producto hacia la solución hipertónica y flujo de solutos hacia el interior del alimento, estas aplicaciones pueden mejorar las propiedades nutricionales, sensoriales y funcionales, además de aumentar la estabilidad durante el almacenamiento, modifican el contenido de sólidos al final del proceso de deshidratación osmótica (Sebastián *et al*; 2008).

La deshidratación osmótica ofrece las siguientes ventajas:

1. Previene el daño celular causado por exceso de calor
2. Alta retención características nutricionales de materia prima
3. Inversión mínima inicial y menor costo operacional.
4. No se producen cambios de fase del agua contenida en el alimento durante el proceso.
5. El color, aroma, sabor y textura del alimento se modifican mínimamente.
6. Permite el procesamiento de pequeños volúmenes de producto.
7. En la mayoría de los casos no se requiere de tratamientos químicos previos.
8. Aumenta la vida útil del alimento ya que disminuye su actividad de agua, inhibiendo el crecimiento de microorganismos.
9. Al reducir el contenido de agua disminuye el peso del producto, lo cual reduce los costos de empaque y transporte.
10. Luego de finalizada la operación, se puede utilizar la solución osmótica como materia prima en la formulación de otros productos (Delia, 2010).

Este proceso emplea principalmente la eliminación de agua del alimento y de impregnar materiales al alimento con agentes osmóticos, como sal, glucosa, jarabe de maíz, glicerol, dextrosa, sacarosa, etc. Para el tratamiento osmótico, los materiales (tejidos de plantas o animales) se introducen en una solución acuosa con elevada presión osmótica, por ejemplo, con una concentración relativamente alta de sustancias disueltas.

Durante la deshidratación osmótica, la diferencia en concentración de las sustancias disueltas en el fluido celular del tejido y la solución osmótica, pueden ocurrir dos transferencias de masa contracorriente (Khim, *et al*; 2005)

Se considera que la membrana celular es semipermeable, con lo que solo es posible transferencia de agua y de sales y azúcares naturales (fructuosa, glucosa) a través de ella hacia el espacio extracelular (Transporte Transmembranario Plasmalemmático, TTP), o aun hacia una célula adyacente (Transporte Transmembranario Simplástico, TTS). Una vez que el agua y los constituyentes naturales alcanzan los espacios extracelulares, se transfieren hacia la solución osmótica. A su vez, los solutos de la solución osmótica se transfieren hacia el producto mediante un mecanismo semejante pero de dirección opuesta (Transporte Difusional-Convectivo, TDC), como la muestra la Figura 3. Puesto que la pared celular es permeable a la mayoría de los solutos utilizados en la deshidratación osmótica, el espacio comprendido entre la membrana celular también es considerado como espacio intercelular a los fines del modelado (Spiazzi, *et al*; 2001).

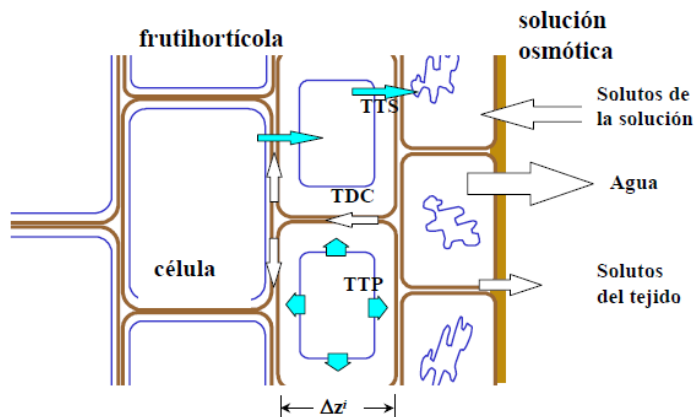


Figura 3. Esquema mostrando los distintos flujos que se consideran al modelar la deshidratación osmótica (Spiazzi, *et al*; 2001)

La deshidratación osmótica pasa por varios estados de equilibrio; uno de ellos se manifiesta en la mayor pérdida de agua desde el alimentos hacia la disolución concentrada y la menor ganancia de solidos solubles hacia el interior del alimento. La alta viscosidad de las disoluciones produce un menor grado de impregnación en el equilibrio (Giraldo *et al*; 2005).

Este tipo de procesos no causa daño a nivel celular, esto es importante porque después se ´pueden hacer alimentos con mejores características sensoriales que, además, se pueden reconstituir hidratándolos para hacerlos más parecidos a su estado natural.

Otros procedimientos físicos o químicos, por ejemplo el secado con aire, son my baratos, pero hacen que los alimentos pierdan vitaminas y algunas propiedades sensoriales, como el sabor, olor y la textura. Incluso se ha comprobado que las técnicas mixtas, como utilizar la deshidratación osmótica en la etapa preliminar y luego finalizar la conservación con el secado, mejoran sustancialmente el aspecto, el sabor y las propiedades nutrimentales.

Gracias a la deshidratación osmótica se ha logrado también extender la vida pos cosecha de frutas delicadas como la guayaba, en combinación de sacarosa, sin alterar algunas de sus propiedades, por lo el desarrollo de tecnología que incorpore este proceso tendría importantes beneficios económicos, sociales y nutrimentales en un estado agrícola (Melchor, 2006).

La deshidratación osmótica produce en el producto una disminución de la actividad de agua (aw), prolongando así la vida útil de las frutas u hortalizas. No obstante, el nivel alcanzado por la aw en los productos deshidratados osmóticamente no es suficiente para proporcionar mayor estabilidad durante el almacenamiento. Además de su utilización como pre tratamiento, la deshidratación osmótica tiene otras aplicaciones en la producción de materia prima para ser incorporada como ingrediente en productos de frutas tales como jaleas, mermeladas, helados, lácteos, confitados y semielaborados, todo lo cual le abre una excelente posibilidad para el aprovechamiento y la exportación (Ayala *et al*, 2009).

Los procesos de secado, al someter el producto a un proceso de deshidratación osmótica antes del mismo, permiten aumentar la capacidad de los secadores y el rendimiento de los productos finales. En trabajos recientes se ha encontrado que la deshidratación osmótica permite modificar la composición del producto y, como consecuencia, mejorar sus propiedades nutricionales, sensoriales, y funcionales.

1.2.1 Factores que influyen en la velocidad de deshidratación

1.2.1.1 Temperatura de la solución osmótica

La temperatura presenta dos efectos, uno de ellos es que el aumento de temperatura favorece la agitación molecular y por consiguiente mejora la velocidad de difusión, el otro es la modificación de la permeabilidad de la membrana celular con un incremento de la temperatura. Para la mayoría de las especies vegetales el rango de temperatura al cual las membranas de las células se modifican es entre los 50 y 55 °C aproximadamente.

1.2.1.2 Presión de operación

Cuando se lleva a cabo la deshidratación osmótica a vacío se favorece el proceso de transferencia de agua ya que permite retirar los gases ocluidos en espacios intracelulares y ser ocupados por la solución osmótica, incrementando el área disponible para la transferencia de masa. Por otro lado la aplicación de vacío al proceso de deshidratación osmótica no afecta la ganancia de solutos por parte del alimento (Parzanese, 2012).

1.2.1.3 Agitación de la solución osmótica

La agitación es una operación física que hace más uniforme a un fluido, generando una distribución homogénea de las propiedades del sistema. La deshidratación osmótica normalmente se lleva a cabo con agitación de la solución para reducir o

evitar la resistencia externa del sistema osmótico para incrementar la pérdida del agua. La influencia de la velocidad de agitación en los procesos osmóticos no ha sido estudiada ampliamente encontrándose escasos trabajos sobre este aspecto (Ayala et al; 2009).

1.2.1.4 Concentración de la solución osmótica

La pérdida de agua y la velocidad de secado aumentan con el incremento de la concentración de la solución osmótica, ya que la actividad de agua de la solución decrece con un aumento en la concentración de solutos. Cuanto mayor sea la concentración de soluto de la solución osmótica mayor será la diferencia de presión osmótica entre esta y el producto, lo cual aumentara la velocidad de salida de agua del producto, Sin embargo debe tenerse en cuenta que las concentraciones muy altas de soluto pueden causar que se forme una capa de este sobre la superficie de las frutas lo que dificultaría de agua.

1.2.1.5 Tipo de soluto

La elección del soluto depende del tipo del producto a tratar, del costo del soluto, compatibilidades sensoriales con el producto terminado y preservación adicional otorgada por el soluto al producto final y de la influencia del soluto sobre las características sensoriales del producto tratado. El soluto más difundido es la sacarosa para frutos y el cloruro de sodio para vegetales, pescados y carnes. Otros agentes osmóticos pueden ser: glucosa, fructuosa, dextrosa, lactosa, maltosa, polisacáridos, maltodextrina, jarabes de almidón de maíz y sus mezclas.

1.2.1.6 Geometría y tamaño del producto

Dependiendo del tipo de geometría y tamaño que presente el producto varía la superficie por unidad de volumen expuesta a la acción de la solución osmótica. Diferentes estudios demostraron que si se tienen productos de menor tamaño (la superficie por unidad de volumen aumenta) se eleva la pérdida de agua, por el contrario si se tiene trozos de fruto, u otro alimento, de tamaño superiores (la superficie por unidad de volumen disminuye) la pérdida de agua es menor.

1.2.1.7 Relación masa de solución/masa de producto

Cuanto mayor sea la relación masa de solución sobre la masa del producto a tratar (es decir cuanto mayor sea la cantidad de jarabe respecto a la cantidad de fruta) mayor será la pérdida de agua y la ganancia de solutos (Parzanese, 2012)

1.2.2 Solutos

La selección adecuada de solutos osmóticos y de su concentración permitirá controlar la actividad de agua, así como el pH. Sin embargo bajo estas condiciones, es posible llevar a cabo la adición de antimicrobianos que permitan aumentar el tiempo de vida del producto, especialmente de aquellos con alto contenido de humedad; es por eso que en la tabla 4 encontramos los usos y ventajas de algunos solutos osmóticos.

Tabla 2. Usos y ventajas de algunos solutos osmóticos.

NOMBRE	USOS	VENTAJAS
Cloruro sódico P.M= 58.848 g/mol	Carnes y verduras. Soluciones superior 10%	Alta capacidad de depresión de a_w .
Sacarosa P.M.=342 g/mol	Frutas	Reduce el pardeamiento y aumenta retención de volátiles
Lactosa P.M.= 342.30 g/mol	Frutas	Sustitución parcial de sacarosa
Glicerol P.M.=92.09 g/mol	Frutas y Verduras	Mejora la textura

1.2.2.1 Maltodextrina

La maltodextrina es un polisacárido con un peso molecular promedio de 1800 g/mol, no endulcorante, con un aporte nutricional de 4 calorías por gramo, obtenido de la hidrólisis parcial, ácida y/o enzimática del almidón de papa, arroz o maíz. Ha sido reconocida por la FDA como sustancias GRAS (generally recognized as safe). Su composición química consiste en unidades de D-glucosa unidas con enlaces $\alpha(1-4)$ y con un bajo número de enlaces $\alpha(-1,6)$ en posición aleatoria. Se caracteriza por tener entre 2 y 20 equivalentes de dextrosa (DE). Se ha determinado que para microencapsulación son más efectivas las MD con 10-20 equivalentes de dextrosa. La aplicación de la maltodextrina en el proceso de encapsulación está asociada a la baja viscosidad a altos contenidos de sólidos, buena solubilidad, capacidad de formar películas y bajo costo (Lopera *et al*; 2009).

Es un polvo blanco compuesto por dextrosa, maltosa, triosas y polisacáridos.

Tabla 3. Composición de maltodextrina

COMPONENTE	% MASA
Dextrosa	1
Maltosa	3
Triosas y Polisacáridos	96

(Ciacomeq, 2012)

Esta combinación de carbohidratos provee energía de larga duración porque el propio organismo va degradándola en moléculas de glucosa que son que son absorbidas rápidamente. De esta forma liberan energía en forma gradual y progresiva. De fácil digestión permite una rápida recuperación de la energía.

Sus cualidades están referidas a su baja higroscopicidad, buena solubilidad y bajo poder edulcorante. Además, cabe destacar que este producto puede ser almacenado por un tiempo prolongado sin que se deterioren sus propiedades.

La maltodextrina es el carbohidrato de elección de los alimentos energéticos con bajo aporte de calorías, por su gran solubilidad, buen sabor y rápida absorción (Ciacomeq, 2012).

Este polímero de dextrosa es obtenido a partir del almidón natural del maíz mediante procesos enzimáticos aunque también pueden ser extraídas de otros cereales como trigo o centeno y de otros alimentos ricos en carbohidratos como el plátano o la yuca.

Es un ingrediente de uso extendido en gran cantidad de productos alimenticios; esto se debe a que siendo insípida, posee propiedades interesantes para la fabricación de alimentos:

- Es humectante y espesante.
- Dispersa correctamente otros aditivos e ingredientes.
- Es añadida para el secado “en spray” de otros alimentos, dado que tiene la capacidad de encapsular sabores y conservarlos para su posterior uso industrial.
- Estabiliza alimentos con gran cantidad de grasas, alargando así su durabilidad.

Es de gran utilidad en aquellas personas que requieren una fuente constante de carbohidratos y/o de energía durante todo el día, en recuperación de individuos con enfermedades debilitantes o post-stress y en deportistas que deben mantener los depósitos de glucógeno del musculo y del hígado lo más llenos posible.

Tiene la capacidad de aportar gran cantidad de calorías sin generar las molestias digestivas que ocasiona el azúcar simple en grandes cantidades; entre otras tiene la capacidad de transformar el aceite en polvo y que, al introducir el alimento a la boca, se rehidrate y rompa los sabores y sabores que contenía este aceite (Ebm, 2012).

Una de las referencias que se tiene del uso de maltodextrina es en aguacate, en donde se usó una combinación de NaCl_2 para una deshidratación osmótica la cual tuvo buenos resultados ya que se llegó a perder 39.4% del peso inicial. Además de ser usada en alimentos para bebés, bebidas cítricas en polvo, caramelos, pastelería, sopas, caldos y productos lácteos (Ciacomeq, 2012).

1.2.2.2 Sacarosa

La sacarosa es el término apropiado para describir el azúcar común. Dos azúcares simples, glucosa y fructosa, se combinan para formar el hidrato de carbono

complejo conocido como sacarosa. Independientemente de cómo se llama, la sacarosa se utiliza para endulzar los alimentos y ofrecer al consumidor un impulso de energía. Hay dos tipos principales de azúcar común: azúcar moreno (marrón) y azúcar blanco.

1.2.2.2.1 Propiedades de la sacarosa.

La sacarosa es fina, incolora, inodora y tiene un sabor dulce. La sacarosa da un impulso de energía rápida para el cuerpo. Es fermentable y absorbe humedad.

La sacarosa es comúnmente conocida como azúcar de mesa. La sacarosa es una combinación de glucosa y fructosa. Desempeña un papel importante en la nutrición humana y se forma a través de la vida vegetal, no vida animal. La sacarosa tiene propiedades químicas y físicas que son interesantes de conocer y comprender.

1.2.2.2.2 Usos de la sacarosa.

La sacarosa tiene usos como edulcorante, fuente de energía, conservante, cebo, producto de belleza y limpieza, en fermentación, jardinería o dar volumen y peso.

Es un hidrato de carbono que proporciona energía. Los fabricantes intentan reunir y perfeccionar principalmente la sacarosa de la caña de azúcar y la remolacha azucarera. Los múltiples usos de la sustancia impulsaron la industria de la sacarosa y la hicieron altamente rentable. Algunos de los usos de sacarosa son comunes en los hogares, pero otros te sorprenderán.

1.2.2.2.3 Tipos de sacarosa.

Existen dos tipos de azúcar: blanco o moreno. El azúcar blanco se obtiene de la caña de azúcar o remolacha azucarera. El moreno es azúcar blanco con melaza.

El azúcar blanco se crea a partir de la caña de azúcar o la remolacha azucarera. Puede consistir en cristales muy finos, sólo cristales de tamaño medio o ser embalados conjuntamente en cubos de azúcar. Los cristales finos son los mejores para cocinar ya que se disuelven más rápido y son fáciles de remover.

El azúcar moreno es simplemente azúcar blanco con una cantidad muy pequeña de melaza añadida. La única diferencia es la coloración marrón y que el azúcar moreno es más húmedo que el azúcar blanco. El azúcar moreno puede ser sustituido en lugar del azúcar blanco al cocinar. Hay una forma de azúcar moreno que difiere ligeramente del azúcar blanco que se conoce como azúcar moreno natural. Está hecho de azúcar en bruto y, naturalmente, tiene un color marrón, en lugar de obtener su color de la melaza.

1.2.2.2.4 Riesgos para la salud.

La sacarosa se ha relacionado con varios efectos negativos para la salud. Comer demasiado azúcar puede conducir a caries dentales. La sacarosa es también muy alta en calorías. Si se ingieren grandes cantidades de sacarosa su cuerpo la almacenará en forma de grasa y esto puede conducir a la obesidad. La sacarosa también eleva los niveles de glucosa en sangre y puede afectar negativamente a las personas con hipoglucemia o diabetes.

1.3 NUMERO DE REYNOLDS

El número de Reynolds (Re) es un parámetro adimensional cuyo valor indica si el flujo sigue un modelo laminar o turbulento. El número de Reynolds depende de la velocidad del fluido, del diámetro de tubería, o diámetro equivalente si la conducción no es circular, y de la viscosidad cinemática o en su defecto densidad y viscosidad dinámica.

En una tubería circular se considera:

- $Re < 2300$ El flujo sigue un comportamiento laminar.
- $2300 < Re < 4000$ Zona de transición de laminar a turbulento.
- $Re > 4000$ El fluido es turbulento.

$$Re = \frac{d \cdot D \cdot v}{\mu}$$

Re: Número de Reynolds

d: Densidad (densidad del agua = 1000 kg/m^3)

v: Velocidad del fluido

D: Diámetro de la tubería o su Diámetro equivalente

μ : Viscosidad dinámica (viscosidad dinámica del agua = $0,001002 \text{ Pa}\cdot\text{s}$), (Valvias, 2013).

1.3.1. INFLUENCIA DEL RE EN LA DESHIDRATACION OSMOTICA

La agitación es una operación física que hace más uniforme a un fluido, generando una distribución homogénea de las propiedades del sistema. La DO normalmente se lleva a cabo con agitación de la solución para reducir o evitar la resistencia externa del sistema osmótico para incrementar la pérdida de agua.

La influencia de la velocidad de agitación en los procesos osmóticos no ha sido estudiada ampliamente, encontrándose escasos trabajos sobre este aspecto. (Moreira, *et al*; 2003) estudiaron el efecto de la agitación de la solución de sacarosa sobre las cinéticas de deshidratación en cilindros de manzana y concluyeron que la velocidad de agitación influenció positivamente la pérdida de agua (a_w), mientras que para la ganancia de sólidos (GS) no resultó significativa. (Panagiotou *et al*; 1999) deshidrataron osmóticamente manzana, banano y kiwi a diferentes velocidades de agitación y observaron que la ganancia de solutos fue influenciada por la agitación y la a_w fue independiente de la misma.

La relación a_w /GS es un índice adecuado para evaluar la efectividad del proceso de deshidratación osmótica y se le considera como parámetro de calidad. Valores altos de esta relación indican la mejor condición del proceso osmótico (Matuska *et al.*, 2006).

CAPITULO II

METODOLOGIA



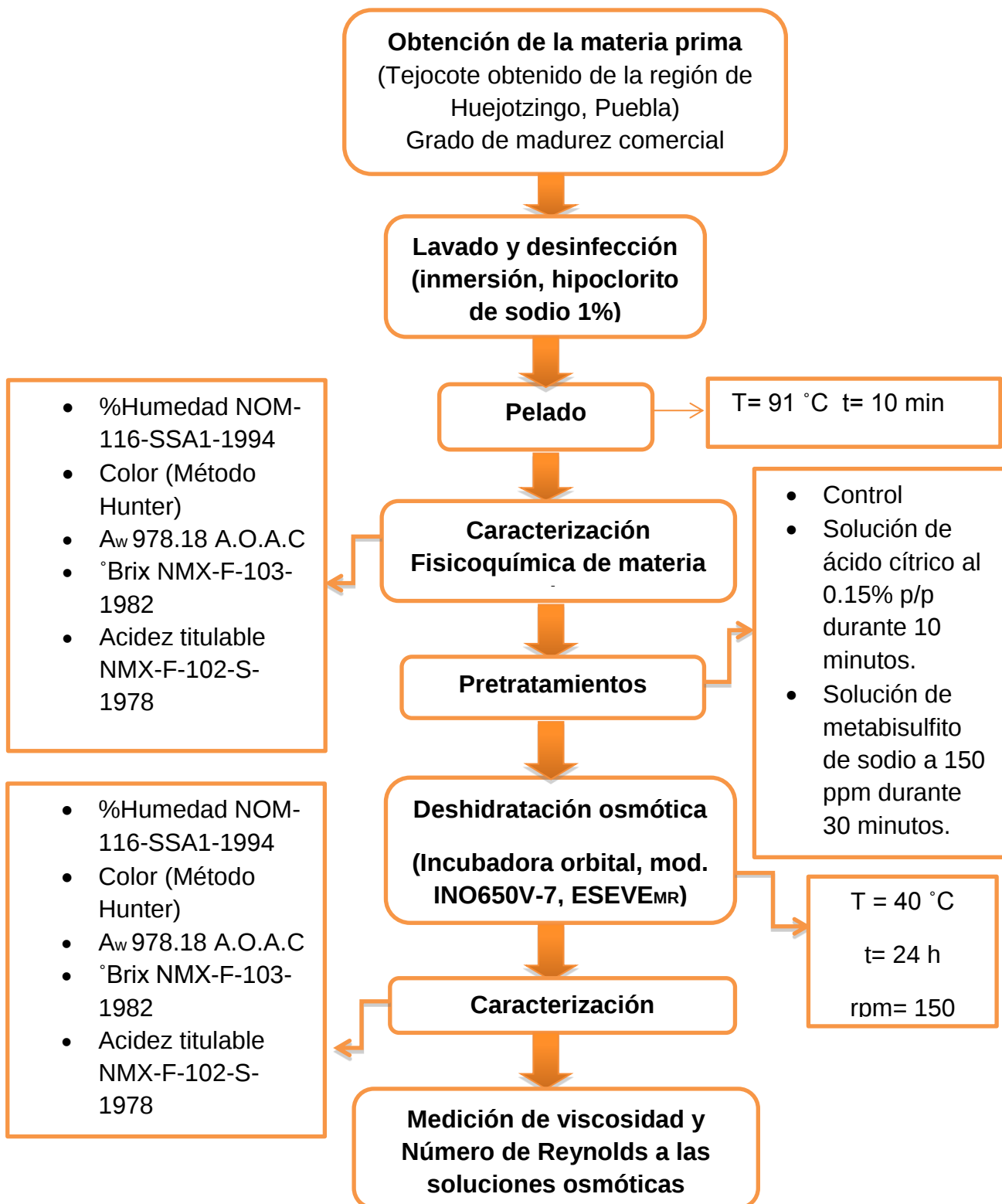


Figura 4. Diagrama general de trabajo

2.1 MATERIA PRIMA

El tejocote se adquirió de cosechadores de la región de Huejotzingo en el Estado de Puebla. La maltodextrina 10 ED (Equivalentes Dextrosa) y la sacarosa refinada en una tienda especializada en materias primas.

2.2 MÉTODOS

2.2.1. Operaciones de acondicionamiento

- Selección. Se realizó por medio del color del fruto ya que si el mismo era un amarillo pálido indicaba una madurez comercial.
- Lavado y desinfección. se efectuó por una inmersión con agua purificada en combinación con hipoclorito de sodio al 1% m/v.
- Pelado y cortado. A 91°C por 10 min, el fruto se cortó en cuatro partes iguales de tal modo que sea un corte en forma de media luna.

2.2.2 Adición de ácido cítrico y metabisulfito de sodio

- Se pesaron de 730 hasta 750 g de tejocote pelado para cada tratamiento y se sometieron en solución de ácido cítrico al 0.15% p/p durante 10 minutos; así como se hará en una solución de metabisulfito de sodio a 150 ppm durante 30 minutos y posteriormente se enjuaga con abundante agua y sometimos estos dos tratamientos junto con uno sin tratamiento a congelación para su almacenamiento.

2.2.3 Contenido de humedad y acidez titulable en materia prima fresca y

Deshidratada osmóticamente

- Humedad. Se determinó por medio de la norma oficial mexicana NOM-116-SSA1-1994; en este método se coloca una gasa a la charola, ya que de esta manera se incrementa la superficie de contacto y la circulación del aire de la muestra, favoreciendo la evaporación durante el tratamiento térmico.



Figura 5. Estufa de vacío

- Acidez titulable. Se realizó mediante la NMX-F-102-S-1978; en donde se tomaron 25 ml de muestra para titularla con NaOH al 0.1 N, usando como indicador la fenolftaleína.



Figura 6. Muestras de Acidez titulada

2.2.4 Actividad de agua, color y sólidos solubles en materia prima fresca y deshidratada osmóticamente.

- Actividad de agua (A_w). Se llevó a cabo por medio del método A.O.A.C. 978.18 con un higrómetro punto de rocío Aqualab CX3-TE, que se muestra en la Figura 7, a una temperatura constante.



Figura 7. Aqualab CX3-TE

- Color. Se determinó con un Color Flex Standard Box Hunterlab. Da 3 valores (Espacio de color de Hunter) L, a, b, donde:

L = (luminosidad). Su valor en 0 es negro y 100 blanco.

a= (rojo-verde). Los valores positivos son rojos, los negativos son verdes y 0 es neutro.

b= (azul-amarillo). Los valores positivos son azules, y los negativos son amarillos y 0 es neutro.



Figura 8. Color Flex Standard

- Solidos solubles (°Brix). Se realizó bajo la NMX-F-103-1982; para determinar la concentración de sacarosa; el °Brix es equivalente al porcentaje de peso de la sacarosa contenida en una solución acuosa. Se realizará con un refractómetro de la marca Atago.



Figura 9. Refractómetro de mano

2.2.5 Deshidratación osmótica

Una vez descongelado el tejocote de los 3 diferentes tratamientos se sometieron en soluciones que se muestran en la tabla 2, con la cual estuvo en agitación constante durante 24 h a una temperatura de 40°C. Cada una de las pruebas de deshidratación osmótica se hizo por duplicado.

Se pesó cada 60 min el tejocote de las soluciones con un previo secado con papel absorbente.

2.2.5.1 Preparación de solutos y soluciones

Tabla 4. Tratamientos y soluciones hipertónicas

Tratamiento	% p/p Maltodextrina/sacarosa
Control	30 – 0
	40 – 0
	0 – 30
	0 – 40
	30 – 40
	40 – 30
Ácido cítrico	30 – 0
	40 – 0
	0 – 30
	0 – 40
	30 – 40
	40 – 30
Metabisulfito de sodio	30 – 0
	40 – 0
	0 – 30
	0 – 40
	30 – 40
	40 – 30

2.2.6 MEDICIÓN DE VISCOSIDAD Y NUMERO DE REYNOLDS A LAS SOLUCIONES OSMÓTICAS

Se midió la viscosidad a cada una de las soluciones osmóticas a diferentes concentraciones (sacarosa 30,40; maltodextrina 30,40; y sacarosa-maltodextrina 30-

40,40-30) que se ocuparon en la deshidratación osmótica con un viscosímetro de vacío de Cannon-Manning; de igual manera se calculó la densidad de las mismas soluciones con el método del picnómetro.

Una vez obtenida la viscosidad y la densidad, se calculó el número de Reynolds a cada una de las soluciones osmóticas a diferentes concentraciones (sacarosa 30,40; maltodextrina 30,40; y sacarosa-maltodextrina 30-40,40-30) que se ocuparan en la deshidratación osmótica mediante la fórmula: $Re = \frac{\rho v s D}{\mu}$

2.3 ARREGLO EXPERIMENTAL

Los datos de las variables dependientes fueron analizados aplicando un ANOVA en base a un diseño completamente aleatorizado con n=2. Las medias de los valores serán comparadas con la prueba de Tukey a un nivel de significancia de $\mu = 0.05$, empleando el paquete estadístico MINITAB (v.16.1)

Deshidratación osmótica de tejocote, t=40°C $\omega = 150\text{rpm}$			
VARIABLES INDEPENDIENTES			VARIABLES DEPENDIENTES
Condición	Variables	Nivel (%)	
Ácido cítrico (0.15 % p/p)	Sacarosa	30	% Pérdida de agua
		40	
	Maltodextrina	30	% Ganancia de sólidos
		40	
	Sacarosa-Maltodextrina	30 – 40	Actividad de agua
		40 – 30	
Metabisulfito de sodio (150 ppm)	Sacarosa	30	Color
		40	
	Maltodextrina	30	Humedad
		40	
	Sacarosa-Maltodextrina	30 – 40	% acidez (expresado en meq. Ácido málico)
		40 – 30	

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DE LA MATERIA PRIMA

Se tomaron 2 kg del tecojote y se midieron las siguientes características fisicoquímicas.

Tabla 5. Características fisicoquímicas de la materia prima comparadas con valores de referencia.

CARACTERISTICA FISICOQUIMICA		VALOR	
		OBTENIDO	REPORTADO
Aw		0.955	0.922 (De la Cruz,E,,2007)
% Humedad		89.03	75.99(De la Cruz,E,,2007)
Color	L	59.87	60.1 (Velasco A. (2012).
	a	11.85	8.47 (Velasco A. (2012).
	b	40.70	25 (Velasco A. (2012).
°Brix		1.3	3.8 (De la Cruz,E,,2007)
Acidez (% ácido málico)		0.179	0.09 (De la Cruz,E,,2007)

En la tabla 4 encontramos las características fisicoquímicas de la materia prima, de las cuales la actividad de agua se encuentra por arriba de lo reportado en De la Cruz (2007), por lo cual se tiene un tejocote con una mejor textura, esto quiere decir que nuestra materia prima es mucho más jugosa y tierna, pero un poco más delicada, en este caso los agentes osmóticos tuvieron un papel importante ya que permitió atrapar las moléculas de agua más rápido.

Esta actividad de agua es alta por lo cual el tejocote se vuelve un fruto altamente perecedero.

La humedad reportada por De la Cruz, 2007 está por debajo de lo obtenido en la materia prima. Este valor puede variar de acuerdo a las condiciones climáticas en las cuales se desarrolle el cultivo, al grado de madurez y a la variedad.

En cuanto al color reportado en Velasco, 2012 nos indica que nuestra materia prima es menos luminosa, más amarilla y un poco menos rojiza. La importancia del control colorimétrico en alimentos se debe, entre otros, al uso de color como índice de valor económico. Por ejemplo la madurez optima de los tejocotes está asociada con el desarrollo óptimo de color, ya que es más fácil medir el color (Velasco A. 2012).

Los °Brix están por debajo de lo reportado por De la Cruz, 2007. Lo anterior coincide con lo expuesto por GOULD, 1992 el cual señala que existe una relación inversa entre el contenido de sólidos solubles y el rendimiento, variedades con altos niveles de rendimiento tienden a tener bajos contenidos de solidos solubles, mientras que cultivares, con bajo rendimiento, contienen una alta cantidad de sólidos solubles.

En lo que respecta a la acidez titulable está muy por arriba de lo reportado en De la Cruz, 2007, los ácidos orgánicos presentes en los alimentos influyen en el sabor, color y estabilidad; lo cual quiere decir que nuestra materia prima es de mejor calidad y de sabor más agradable que el utilizado en la investigación ya antes mencionada.

3.2 DESHIDRATACION OSMOTICA

La pérdida de masa se expresa como porcentaje de la masa inicial de la muestra. La pérdida de agua se calcula adicionando a la pérdida de masa referida a la masa inicial de la muestra y expresada como porcentaje.

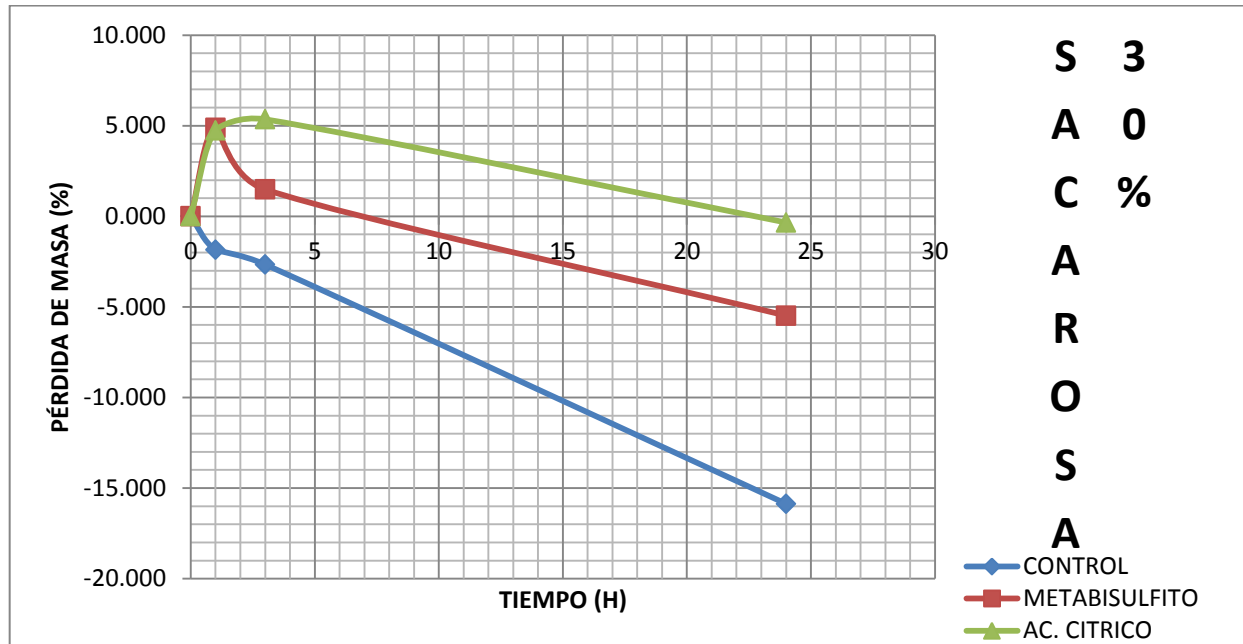


Figura 10. Curvas de la pérdida de masa de rebanadas de tejocote durante la deshidratación osmótica con una solución de 30% de azúcar sometidos a los pretratamientos.

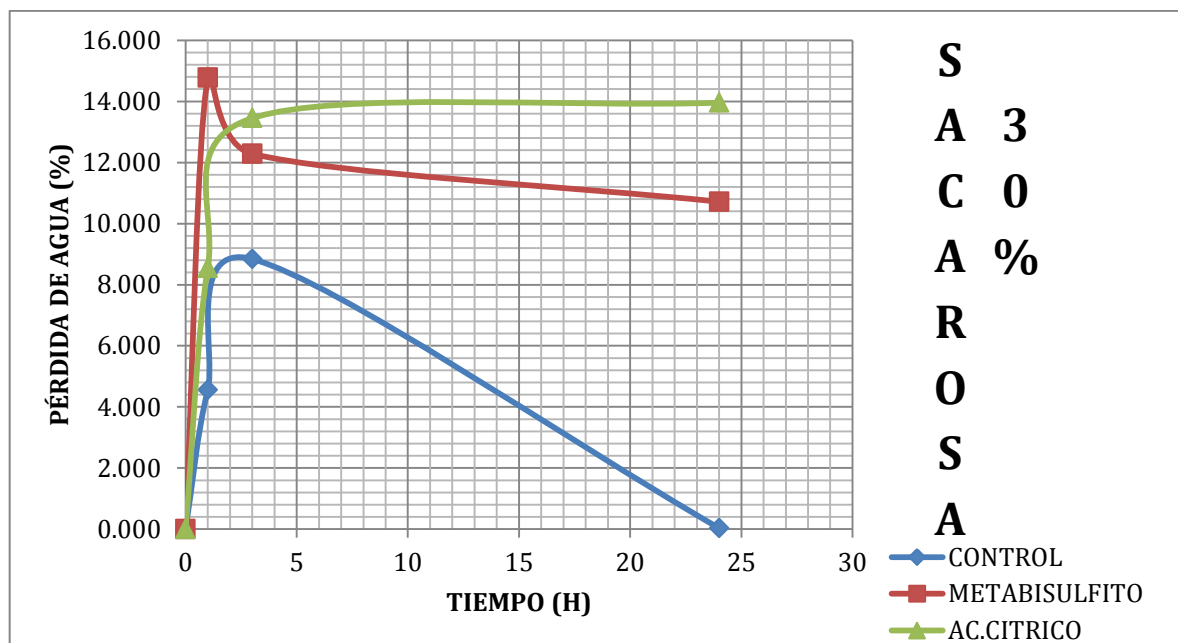


Figura 11. Curvas de la pérdida de agua de rebanadas de tejocote durante la deshidratación osmótica con una solución de 30% de azúcar sometidos a los pretratamientos.

Como podemos observar en la Figura 10, el control tuvo un comportamiento más uniforme tomando en cuenta que no hubo pérdida de masa si no ganancia, ya que el tratamiento de metabisulfito y ácido cítrico demostraron un cambio drástico en las curvas obtenidas debido a que en la primera hora tuvieron pérdida de masa, pero al volver a medir a las 3 horas hubo un aumento de masa derivando así la forma de sus gráficas.

El aumento de masa se debió al peso molecular de este soluto (sacarosa), ya que al haber intercambio de agua del alimento por solutos de la solución ocupada en la deshidratación osmótica hacen que el fruto tenga un valor mayor en masa gracias a los 342.296 g/mol que tiene la azúcar como peso molecular basándonos en lo reportado por Bianchi, M. et al. (2000) en su artículo científico de transferencia de masa en deshidratación osmótica de frutas.

En la figura 11 nos podemos dar cuenta que el control y el tratamiento de metabisulfito tuvieron comportamientos inestables ya que en las primeras 3 horas tuvieron pérdidas de agua como se esperaba pero después de las 24 horas hubo ganancia de agua y podemos decir que esto se debió a que el metabisulfito no es un agente secuestrante como el ácido cítrico por lo cual no tiene la capacidad de retener los solutos y evitar q haya intercambio del agua contenida en el alimento con los solutos de la solución osmótica; y así obtener este tipo de comportamientos al momento de graficar los datos obtenidos.

En el caso del tejocote sin tratamiento es decir “control” no tiene alguna sustancia o aditivo que actúe como conservador o antioxidante, por lo cual el intercambio de agua contenida en el alimento con los solutos de la solución osmótica es libre y el comportamiento va a ser inestable.

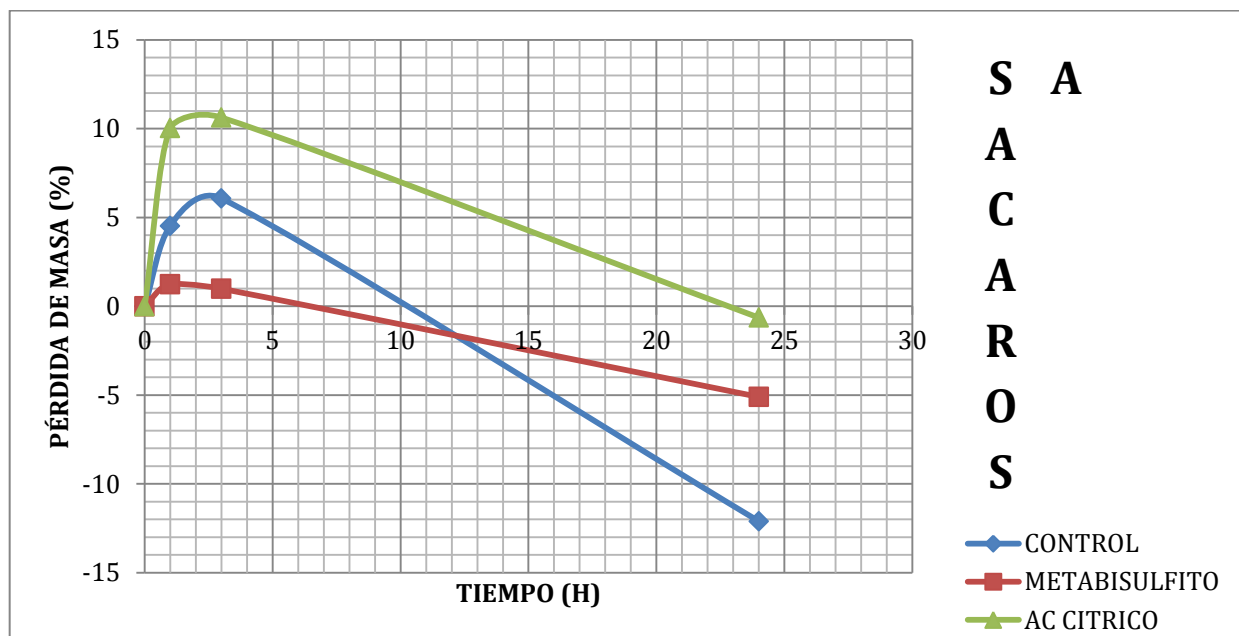


Figura 12. Curvas de la pérdida de masa de rebanadas de tejocote durante la deshidratación osmótica con una solución de 40% de azúcar sometidos a los pretratamientos.

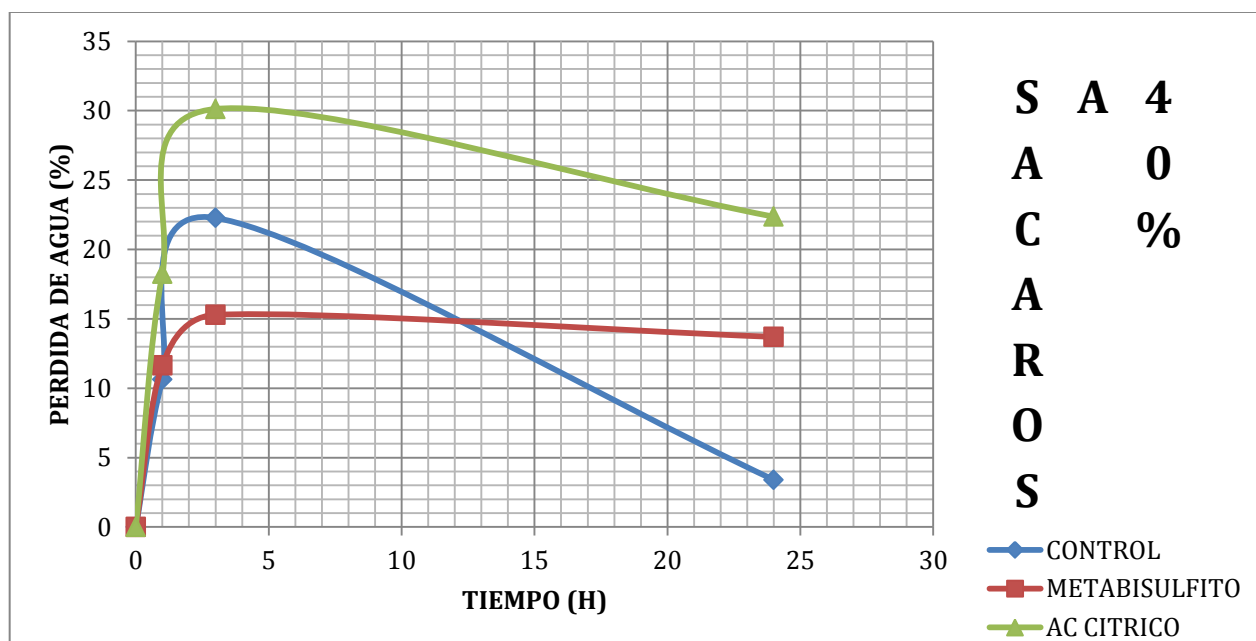


Figura 13. Curvas de la pérdida de agua de rebanadas de tejocote durante la deshidratación osmótica con una solución de 40% de azúcar sometidos a los pretratamientos.

En la figura 12 podemos observar que la muestra control y la muestras de ácido cítrico tienen un comportamiento similar en la pérdida de agua ya que en las primeras 3 horas hubo pérdida de masa 3 horas hubo pérdida de masa, pero después de las 24 horas hubo un aumento de masa. A diferencia de metabisulfito con los otros dos tratamientos; este tratamiento en la primera hora tuvo pérdida de masa pero a partir de las 3 horas hubo una ganancia de peso.

El resultado final de los tres tratamientos fue que hubo ganancia de masa y se debió a lo ya explicado anteriormente del peso molecular del soluto empleando en esta solución osmótica que en este caso fue la sacarosa al 40%.

La figura 13 nos muestra que en los tres tratamientos hubo ganancia de agua, pero en el caso del control fue mayor; la ganancia de agua se debió a que gracias a la presión ejercida por la alta concentración de sacarosa en la solución osmótica generó espacios intracelulares más grandes lo cual permitió la fácil migración de agua del alimento hacia la solución osmótica con el soluto de la solución osmótica hacia el alimento e inversamente después de 24 horas.

El control tuvo una mayor ganancia de agua debido a que no contiene algún conservador como ácido cítrico o metabisulfito que detengan un poco la migración del agua contenida en el alimento y el soluto de la solución osmótica.

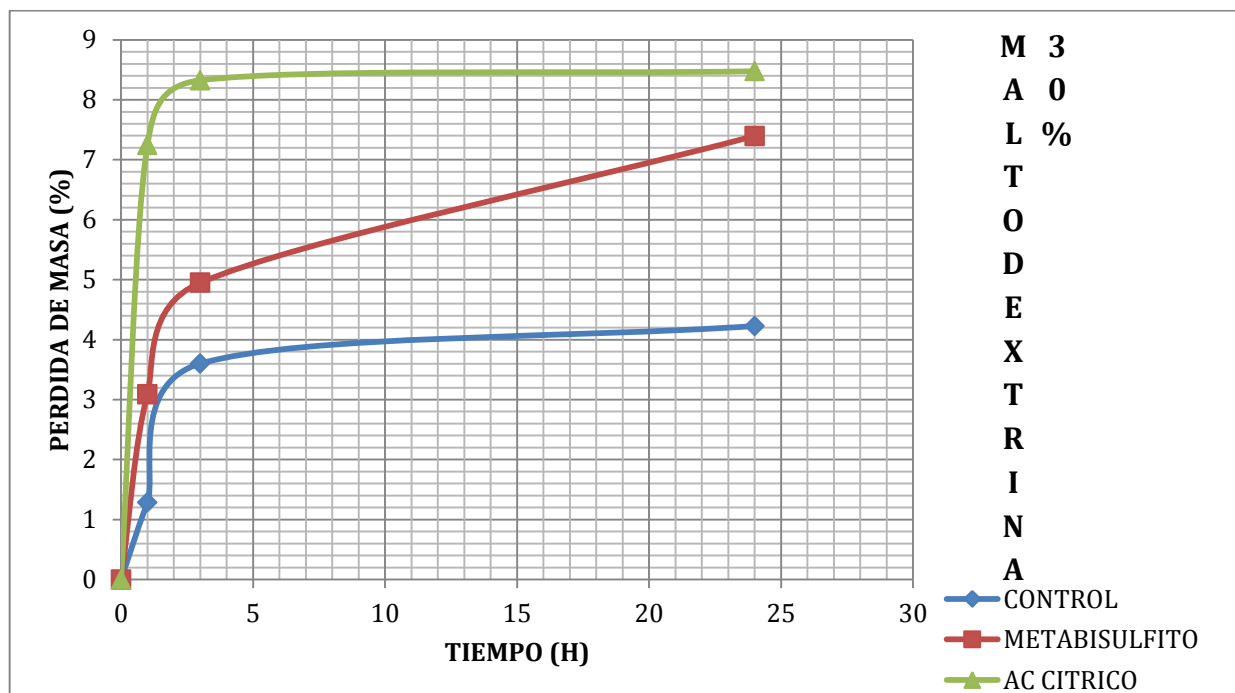


Figura 14. Curvas de la pérdida de masa de rebanadas de tejocote durante la deshidratación osmótica con una solución de 30% de maltodextrina sometidos a los pretratamientos.

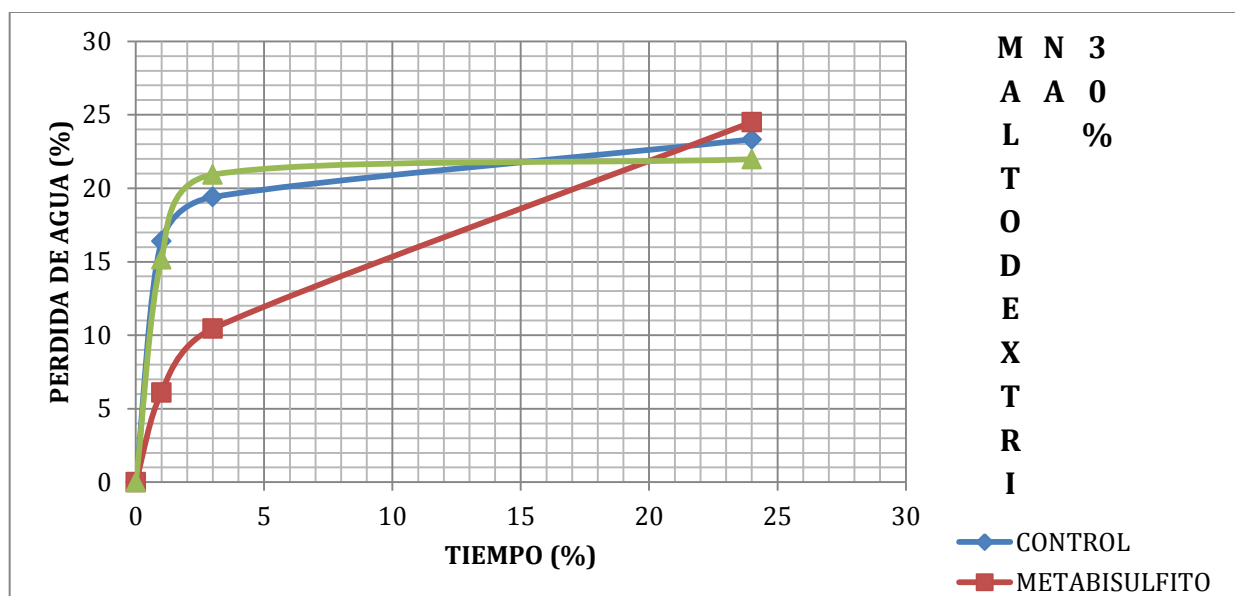


Figura 15. Curvas de la pérdida de agua de rebanadas de tejocote durante la deshidratación osmótica con una solución de 30% de maltodextrina sometidos a los pretratamientos.

La figura 14 nos muestra que hubo un comportamiento más regular donde el control tuvo menor porcentaje de pérdida de masa. Iniciando con una pérdida de 1.287% a la primera hora, posteriormente se midió después de 2 horas obteniendo 3.6% de pérdida de masa; la última medición se hizo después de 24 horas donde nos resulta una pérdida de masa de 4.227%.

En el caso del ácido cítrico y metabisulfito tuvieron pérdidas de peso mayores pero podemos decir que el tratamiento de ácido cítrico es el idóneo para pérdida de masa ya que en la primera hora se obtuvo 3.089% en el caso de metabisulfito y 7.248% con ácido cítrico habiendo una diferencia de más del 3%; a las 3 horas se volvió a medir la pérdida de masa obteniendo 4.950% en metabisulfito y 8.326% en ácido cítrico manteniendo el mismo rango de diferencia con respecto a la primera medición. Transcurridas 24 horas se hizo la última medición obteniendo pérdidas de 7.397% en metabisulfito y 8.476% en ácido cítrico, reduciendo la diferencia existente entre estos dos tratamientos con respecto a las dos anteriores mediciones.

En la figura 15 nos podemos dar cuenta que en los casos del control y ácido cítrico tuvieron pérdidas mayores de contenido de agua en las 3 primeras horas pero después de 24 horas el que perdió más cantidad de agua fue el tratamiento de metabisulfito en unión con la gráfica anterior de pérdida de masa podemos decir que el tratamiento de metabisulfito fue el que perdió mayor agua y gano más solutos, mencionando que el ácido cítrico fue el que menos agua perdió y menos ganancia de solutos obtuvo.

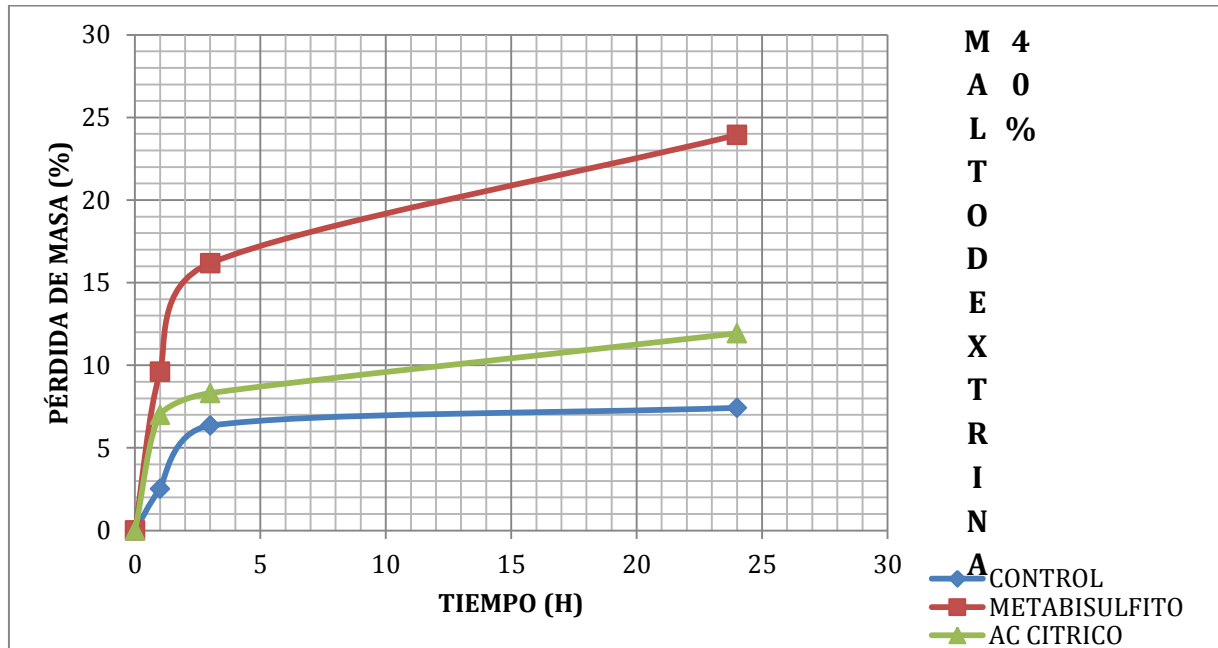


Figura 16. Curvas de la pérdida de masa de rebanadas de tejocote durante la deshidratación osmótica con una solución de 40% de maltodextrina sometidos a los pretratamientos.

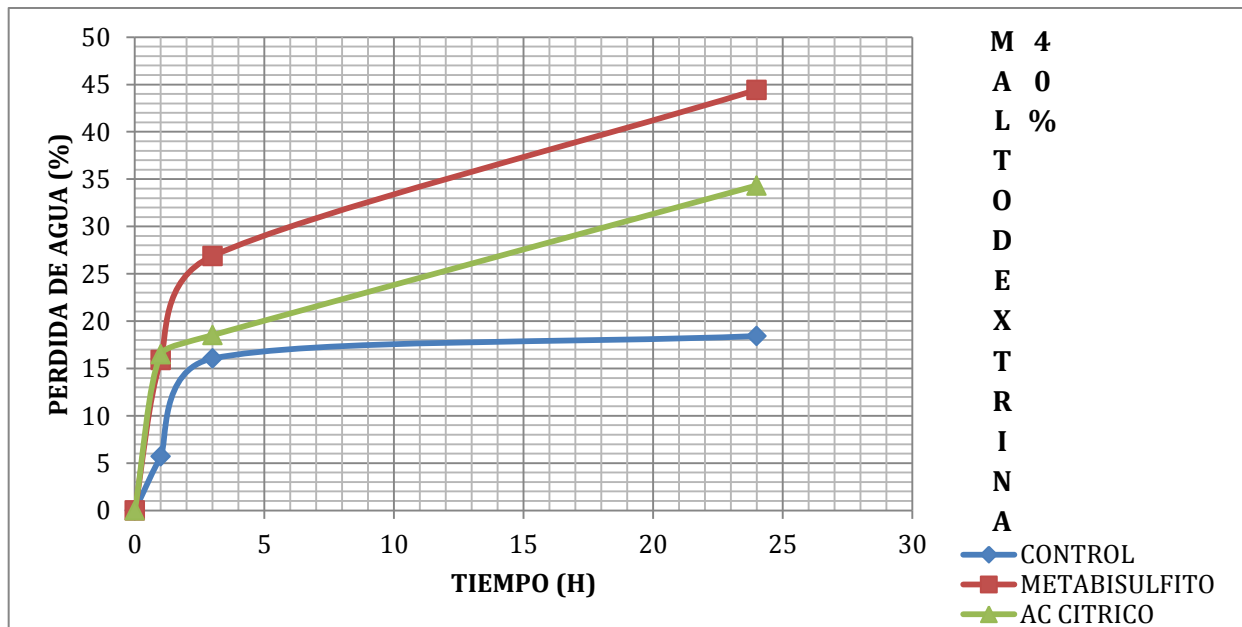


Figura 17. Curvas de la pérdida de agua de rebanadas de tejocote durante la deshidratación osmótica con una solución de 40% de maltodextrina sometidos a los pretratamientos.

La figura 16 nos muestra la gráfica del comportamiento de la pérdida de masa de maltodextrina 40%, observando que el tratamiento de metabisulfito de sodio tuvo mayor pérdida de masa desde la primera hora de medición ya que tuvo 9.607% de pérdida finalizando con el 23.939% de pérdida.

Hay una diferencia considerable entre el metabisulfito y los otros dos tratamientos, ya que su pérdida final del ácido cítrico fue de 11.936% y del control la pérdida final fue de 7.425% por lo cual deducimos que el mejor tratamiento para la pérdida de masa con maltodextrina 40% es el metabisulfito de sodio.

La figura 17 nos muestra el comportamiento del porcentaje de la pérdida de agua en maltodextrina 40% y observamos que el comportamiento va en relación con la gráfica del comportamiento de la pérdida de masa, ya que el metabisulfito de sodio tuvo la mayor pérdida de agua obteniendo como pérdida final 44.439%.

A diferencia de la pérdida de masa donde hubo gran diferencia entre los 3 tratamientos, en la pérdida de agua se acortó la diferencia entre el metabisulfito de sodio y ácido cítrico, ya que desde la primera hora tuvieron una pérdida similar, después en la segunda medición y tercera fue donde el metabisulfito obtuvo mayor pérdida de agua.

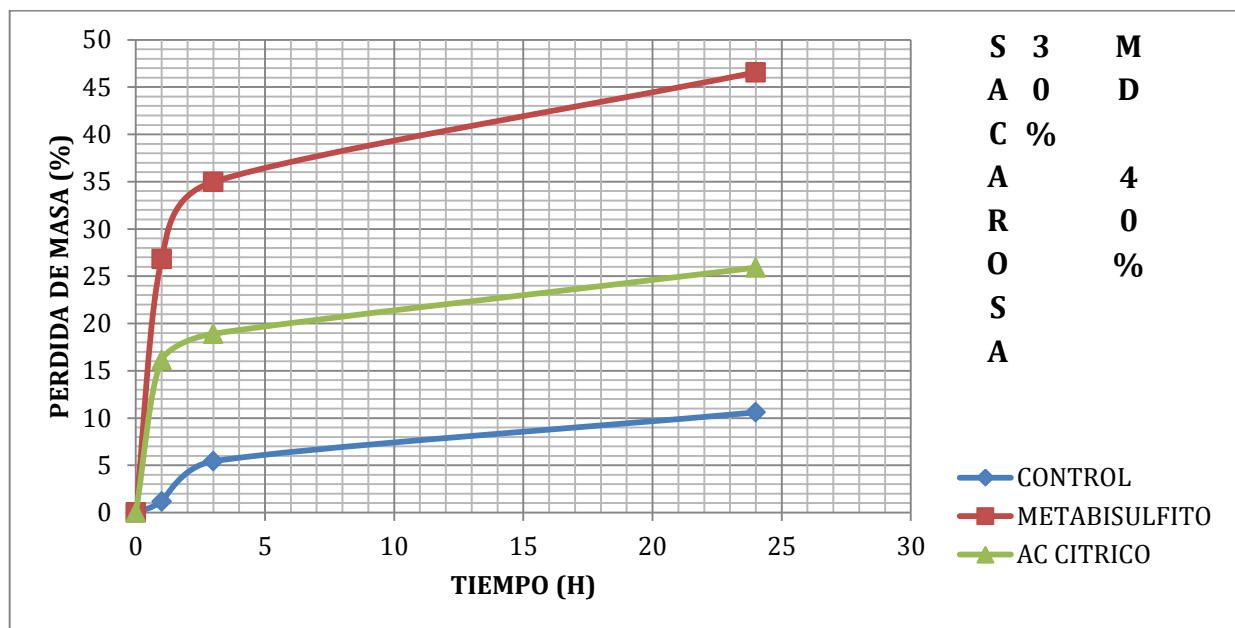


Figura 18. Curvas de la pérdida de masa de rebanadas de tejocote durante la deshidratación osmótica con una solución de azúcar 30% y maltodextrina 40% sometidos a los pretratamientos.

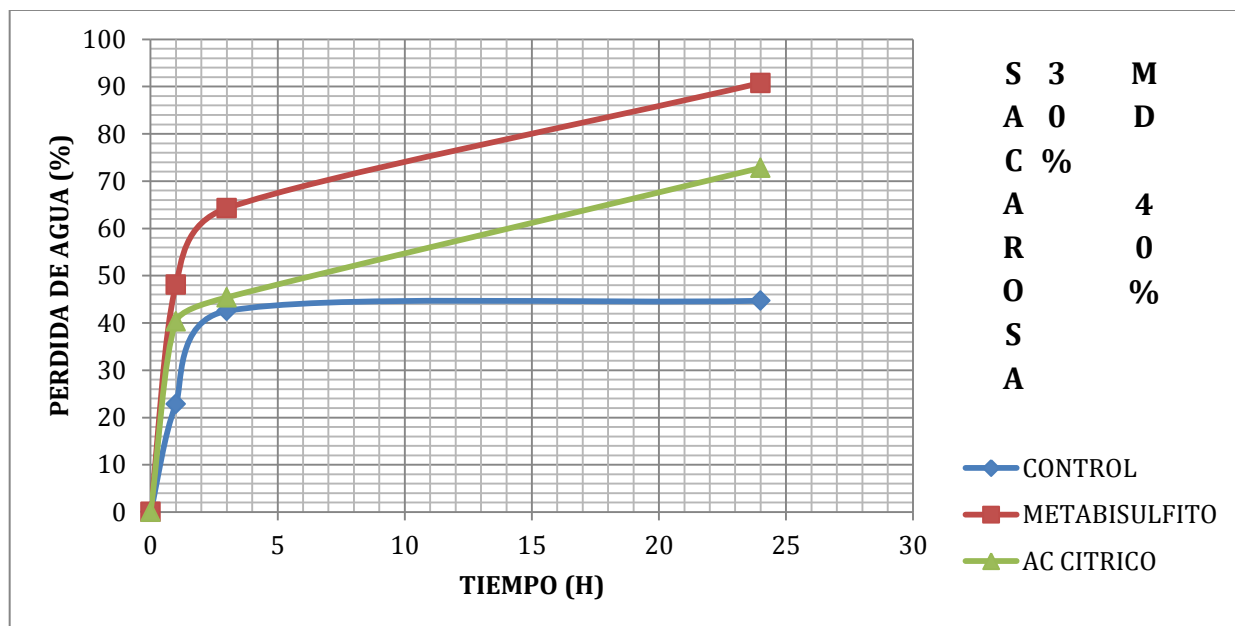


Figura 19. Curvas de la pérdida de agua de rebanadas de tejocote durante la deshidratación osmótica con una solución de azúcar 30% y maltodextrina 40% sometidos a los pretratamientos.

La figura 18 nos muestra que la combinación de sacarosa con maltodextrina hace que el fruto pierda una cantidad considerable de su masa, podemos observar que en combinación con el metabisulfito de sodio puede llegar a perder cerca de la mitad de su peso inicial. En esta gráfica observamos que en el tratamiento de metabisulfito hubo una pérdida de 46.568%, creando una gran diferencia entre el ácido cítrico y el control ya que obtuvieron de pérdida de masa final 25.908% y 10.599% respectivamente; deduciendo que para obtener mayor pérdida de masa la combinación idónea es con metabisulfito de sodio.

Podemos observar en base a la figura 19 que la pérdida de agua es muy alta ya que en el caso del metabisulfito de sodio llega a perder hasta el 90.768% de agua dejando el fruto casi seco y lo pudimos notar en la parte experimental.

En el caso del ácido cítrico y control la pérdida fue menor pero también se puede considerar que hubo una gran pérdida debido a que el ácido cítrico, la pérdida de agua final fue del 72.808% y del control de 44.699% dando como resultado un fruto con aspecto cristalino y con una gran cantidad de solutos.

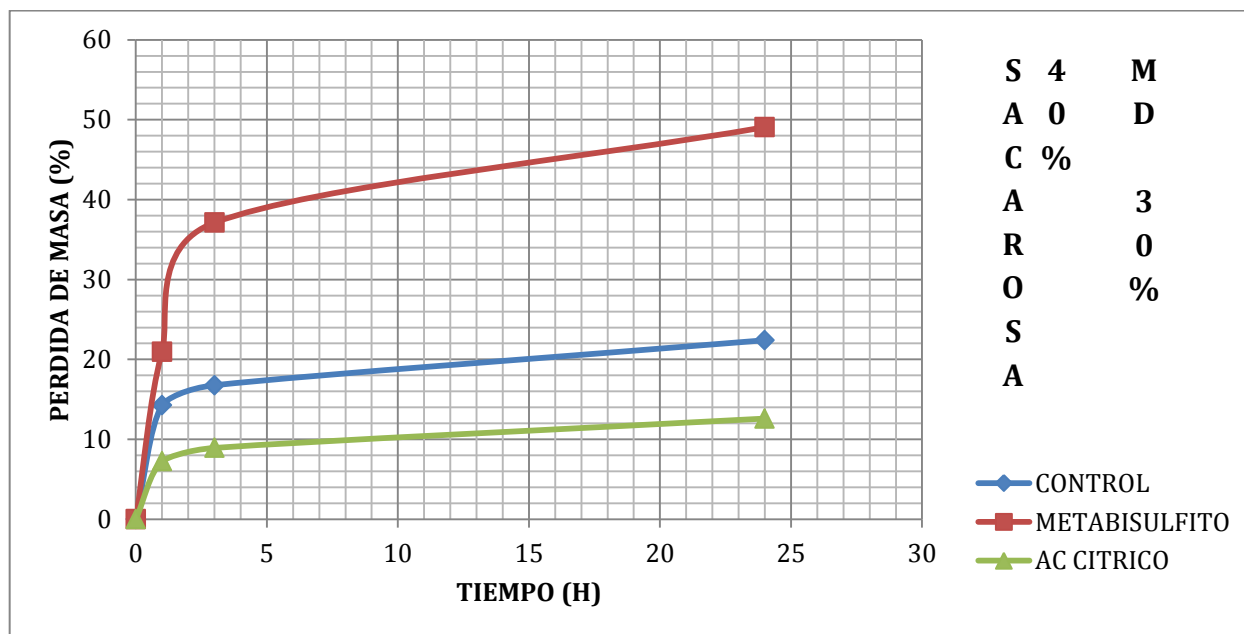


Figura 20. Curvas de la pérdida de masa de rebanadas de tejocote durante la deshidratación osmótica con una solución de azúcar 40% y maltodextrina 30% sometidos a los pretratamientos.

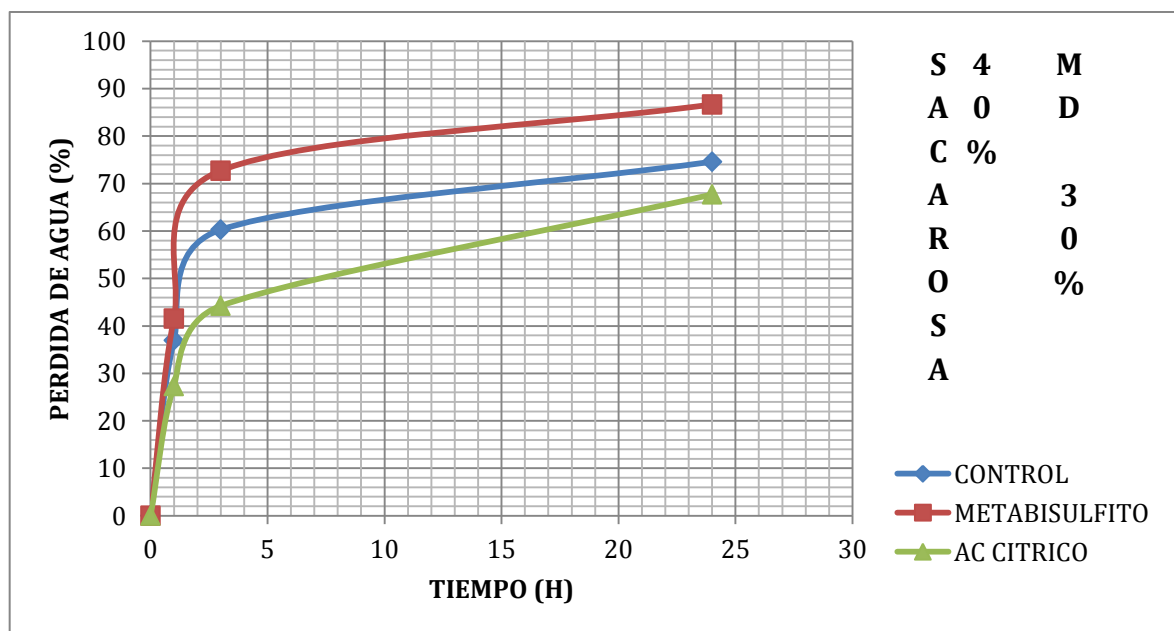


Figura 21. Curvas de la pérdida de agua de rebanadas de tejocote durante la deshidratación osmótica con una solución de azúcar 40% y maltodextrina 30% sometidos a los pretratamientos.

En esta figura 20 nos podemos dar cuenta que la pérdida de masa fue inferior al tratamiento de azúcar 30% con maltodextrina 40% y esto se debió a la concentración menor de maltodextrina que, debido a su concentración genera más presión; por lo tanto, genera más espacios intracelulares donde hay un mejor intercambio de agua del alimento con soluto de la solución osmótica.

La mayor pérdida de agua se dio con el tratamiento de metabisulfito de sodio ya que obtuvo una pérdida final del 49.069%, seguido por el ácido cítrico con una pérdida del 22.402% y finalmente el control con una pérdida de 12.6%; obteniendo al metabisulfito de sodio como el mejor tratamiento para la pérdida de masa.

La figura 21 nos muestra que la pérdida de agua es menor a la concentración de azúcar 30 con maltodextrina 40%, ya que la pérdida mayor fue del 86.669% correspondiente al metabisulfito de sodio; pero a diferencia de la concentración anterior la diferencia entre los 3 tratamientos fue menor debido a que el control obtuvo una pérdida del 74.602% y el ácido cítrico de 67.7% de pérdida de agua.

Podemos decir que esta solución osmótica tuvo un comportamiento más regular en los 3 diferentes tratamientos pero si el objetivo es eliminar la disponibilidad de agua este no sería el adecuado ya que la anterior solución arrojó resultados de pérdida de agua mayores.

3.2.1 NUMERO DE REYNOLDS DE LAS SOLUCIONES OSMOTICAS

Tabla 6. Numero de Reynolds de las 6 diferentes soluciones osmóticas.

SOLUCIÓN OSMÓTICA	NUMERO DE REYNOLDS	TIPO DE FLUJO
Sacarosa 30%	0.187	LAMINAR
Sacarosa 40%	0.179	LAMINAR
Maltodextrina 30%	0.189	LAMINAR
Maltodextrina 40%	0.181	LAMINAR
Sacarosa-Maltodextrina 30%-40%	0.167	LAMINAR
Sacarosa-Maltodextrina 40%-30%	0.170	LAMINAR

De acuerdo a los resultados del número de Reynolds que se muestran en la tabla 5, podemos notar que se encuentran en el rango $2100 < Re$ por lo cual determinamos que las seis diferentes soluciones osmóticas son de flujo laminar; concluyendo que el tipo de agente osmótico utilizado en nuestra deshidratación osmótica no influye en el cambio de fluido.

En lo reportado en Ayala *et al*, 2009, nos dice que el número de Reynolds solo puede variar aumentando la velocidad de agitación; por lo tanto, el tipo de flujo cambia con respecto a la velocidad y como nuestra Deshidratación Osmótica se llevó a cabo solo

a una velocidad de 150 rpm el tipo de flujo fue el mismo para las seis diferentes soluciones osmóticas.

3.3 ARREGLO EXPERIMENTAL

Se realizó un análisis de varianza para evaluar el defecto de las variables de operación, como son el tipo de aditivo, el tipo de soluto empleado y la concentración de este soluto durante la deshidratación osmótica.

En las siguientes tablas se muestran los valores obtenidos de la caracterización fisicoquímica del tejocote deshidratado osmóticamente.

Tabla 7. a_w de rebanadas de tejocote deshidratadas osmóticamente con diferentes tratamientos .

SOLUCION OSMÓTICA	ADITIVO	a_w	VALOR DE REFERENCIA
Sacarosa 30%	Control	$0.9395 \pm 0.0064^*$	0.990 (Landaeta et al, 2008)
	Metabisulfito de sodio	$0.9475 \pm 0.0007^*$	
	Ácido cítrico	$0.9150 \pm 0.0113^*$	
Sacarosa 40%	Control	$0.9220 \pm 0.0000^*$	
	Metabisulfito de sodio	$0.9390 \pm 0.0057^*$	
	Ácido cítrico	$0.9130 \pm 0.0042^*$	
Maltodextrina 30%	Control	0.9480 ± 0.0042	
	Metabisulfito de sodio	0.9565 ± 0.0021	
	Ácido cítrico	0.9380 ± 0.0071	
Maltodextrina 40%	Control	0.9505 ± 0.0007	
	Metabisulfito de sodio	0.9540 ± 0.0000	
	Ácido cítrico	0.9170 ± 0.0169	
Sacarosa-Maltodextrina 30% 40%	Control	0.8650 ± 0.0311	
	Metabisulfito de sodio	0.8680 ± 0.0042	
	Ácido cítrico	0.8650 ± 0.0134	
Sacarosa-Maltodextrina 40% 30%	Control	0.8490 ± 0.0113	
	Metabisulfito de sodio	0.8280 ± 0.0311	
	Ácido cítrico	0.8345 ± 0.0106	

Resultado a_w con el símbolo * tienen diferencia significativa al 95% de confianza.

El contenido más bajo de actividad de agua se encontró en las rebanadas de tejocote sometidas en la combinación de la solución osmótica compuesta de sacarosa al 40% y maltodextrina al 30% y la solución osmótica que mayor actividad de agua registro fue la de maltodextrina al 40%.

Por el resultado del análisis de datos podemos decir que no hay una gran variación entre los acondicionamientos excepto en sacarosa al 30% y sacarosa 40%, ya que podemos notar que hay una diferencia significativa entre el control, el metabisulfito de sodio y el ácido cítrico, debido a la desviación estándar que presentan las tablas ya que si hay una gran diferencia entre ellas; por lo tanto, podemos decir que la sacarosa utilizada como soluto de la solución hipertónica para la deshidratación osmótica no es adecuada ya que hace que el comportamiento de la actividad de agua hace que sea significativamente diferente.

En el caso de la solución osmótica compuesta por la combinación de sacarosa al 40% y maltodextrina al 30%, el que menor actividad de agua registro fue el tratamiento en donde se utilizó como aditivo el metabisulfito de sodio; por lo consiguiente podemos decir que el metabisulfito de sodio es el aditivo más conveniente para la conservación del producto ya que con él, el contenido de agua es menor y se vuelve un alimento menos perecedero, es decir el crecimiento microbiano que conlleva a un deterioro del alimento disminuye debido a la disponibilidad de agua.

Los resultados obtenidos en los tratamientos resultaron mayores en lo reportado en Landaeta et al, 2008, lo cual nos indica que el contenido de agua disponible entre el durazno y el tejocote es menor, por lo tanto el tejocote es un alimento más perecedero y se puede deteriora en menor tiempo que el durazno.

Tabla 8. Humedad de rebanadas de tejocote deshidratadas osmóticamente con diferentes tratamientos

SOLUCION OSMÓTICA	ADITIVO	HUMEDAD	VALOR DE REFERENCIA
Sacarosa 30%	Control	51.213 ± 0.181*	75.99 ± 3.18 (De la Cruz, 2007)
	Metabisulfito de sodio	33.622 ± 0.006*	
	Ácido cítrico	59.831 ± 1.025*	
Sacarosa 40%	Control	24.400 ± 0.141*	
	Metabisulfito de sodio	57.272 ± 0.993*	
	Ácido cítrico	46.733 ± 0.000*	
Maltodextrina 30%	Control	61.755 ± 0.316*	
	Metabisulfito de sodio	66.880 ± 0.764*	
	Ácido cítrico	64.528 ± 0.322*	
Maltodextrina 40%	Control	56.466 ± 0.520*	
	Metabisulfito de sodio	60.763 ± 0.841*	
	Ácido cítrico	50.398 ± 0.330*	
Sacarosa-Maltodextrina 30% 40%	Control	18.986 ± 0.702*	
	Metabisulfito de sodio	31.550 ± 0.425*	
	Ácido cítrico	23.171 ± 0.045*	
Sacarosa-Maltodextrina 40% 30%	Control	16.641 ± 0.881*	
	Metabisulfito de sodio	30.707 ± 0.750*	
	Ácido cítrico	26.209 ± 0.554*	

Resultado de Humedad con el símbolo * tienen diferencia significativa.

Los resultados más bajos de humedad se obtuvo en las rebanadas de tejocote sometidas en las soluciones osmóticas compuestas por la combinación de sacarosa-maltodextrina, ya que el contenido de humedad fue por debajo del 40%.

La tabla 6 nos muestra como en todo los resultados hay diferencia significativa debido a que los aditivos como al metabisulfito de sodio y el ácido cítrico si tienen una gran influencia en el caso de la humedad ya que la pérdida es menor en base a las

rebanadas de tejocote que no se sometieron a ningún tipo de aditivo; por lo tanto podemos decir el ácido cítrico y el metabisulfito de sodio crea una pequeña barrera la cual hace que la humedad se pierda en menor porcentaje. Las rebanadas de tejocote no sometidas a aditivos que se sumergieron en la solución de sacarosa-maltodextrina al 30-40% y 40-30% respectivamente tuvieron una gran pérdida de humedad acercándose a una pérdida total, lo cual también beneficia a un deterioro más lento del tejocote y poderlo conservar más tiempo debido a que el crecimiento microbiano será más lento.

El porcentaje de humedad de nuestro producto está por debajo al porcentaje de humedad reportado por De la Cruz, 2007, pero consideremos que el tejocote utilizado en el artículo de referencia fue de la misma especie del utilizado en esta investigación pero el fruto referido no fue sometido a ningún tipo de tratamiento.

Tabla 9. Acidez titulable de rebanadas de tejocote deshidratadas osmóticamente con diferentes tratamientos

SOLUCION OSMÓTICA	ADITIVO	% ACIDEZ	VALOR DE REFERENCIA
Sacarosa 30%	Control	0.1665 ± 0.0361*	0.09 ± 0.004 (De la Cruz, 2007)
	Metabisulfito de sodio	0.0385 ± 0.0176	
	Ácido cítrico	0.0510 ± 0.0183	
Sacarosa 40%	Control	0.0770 ± 0.0000	
	Metabisulfito de sodio	0.0260 ± 0.0000	
	Ácido cítrico	0.0835 ± 0.0091*	
Maltodextrina 30%	Control	0.1475 ± 0.0275	
	Metabisulfito de sodio	0.0510 ± 0.0000	
	Ácido cítrico	0.1155 ± 0.0360	
Maltodextrina 40%	Control	0.1085 ± 0.0091	
	Metabisulfito de sodio	0.0510 ± 0.0000	
	Ácido cítrico	0.1025 ± 0.0176*	
Sacarosa-Maltodextrina 30% 40%	Control	0.1025 ± 0.0176*	
	Metabisulfito de sodio	0.0575 ± 0.0091*	
	Ácido cítrico	0.1410 ± 0.0183*	
Sacarosa-Maltodextrina 40% 30%	Control	0.1605 ± 0.0091	
	Metabisulfito de sodio	0.1020 ± 0.0000	
	Ácido cítrico	0.1410 ± 0.0000*	

Resultados % Acidez con el símbolo * tienen diferencia significativa al 95% de confianza.

En los alimentos el grado de acidez indica el contenido en ácidos libres. En este caso se tomó como referencia el ácido málico, siendo este el de mayor presencia en el tejocote; los tratamientos con sacarosa al 30% sin aditivo y sacarosa 40% - maltodextrina 30% sin aditivo fueron los que presentaron un mayor incremento de acidez titulable; pero los de menor acidez titulable fueron los de sacarosa al 30% con metabisulfito de sodio y sacarosa al 40% con metabisulfito de sodio; lo cual se debió la acidificación de la sustancia ya sea por los procesos térmicos o enzimáticos por los

que pasaron durante la deshidratación osmótica, a los cuales fueron sometidas las rebanadas de tejocote.

La acidez titulable de nuestro producto, el 55.5% del total de resultados están por arriba del valor reportado por De la Cruz, 2007.

Si comparamos los resultados de los tratamientos en donde se le agregaron ácido cítrico y metabisulfito de sodio con el control, se muestra una menor cantidad presente de ácido málico, lo cual nos indica que los aditivos usados comúnmente como conservadores si influyeron en la acidez final de las rebanadas de tejocote.

Podemos notar que en el caso del tratamiento de sacarosa-maltodextrina 30-40% respectivamente, sus tres resultados arrojan que hay diferencia significativa teniendo mayor presencia de ácido málico el tratamiento con ácido cítrico, siguiéndole el control y el que menor presencia de ácido málico presento fue el tratamiento con metabisulfito de sodio .

Tabla 10. ΔE de rebanadas de tejocote deshidratadas osmóticamente con diferentes tratamientos.

SOLUCION OSMÓTICA	ADITIVO	ΔE	VALOR DE REFERENCIA
Sacarosa 30%	Control	41.067 $\pm$ 0.046*	NR
	Metabisulfito de sodio	45.516 $\pm$ 0.053*	
	Ácido cítrico	53.302 $\pm$ 0.267*	
Sacarosa 40%	Control	40.576 $\pm$ 0.357*	
	Metabisulfito de sodio	44.489 $\pm$ 0.249*	
	Ácido cítrico	46.644 $\pm$ 0.315*	
Maltodextrina 30%	Control	52.668 $\pm$ 0.100*	
	Metabisulfito de sodio	62.838 $\pm$ 0.777*	
	Ácido cítrico	43.363 $\pm$ 0.106*	
Maltodextrina 40%	Control	44.359 $\pm$ 0.026*	
	Metabisulfito de sodio	45.685 $\pm$ 0.113*	
	Ácido cítrico	52.683 $\pm$ 0.118*	
Sacarosa-Maltodextrina 30% 40%	Control	39.347 $\pm$ 0.181*	
	Metabisulfito de sodio	28.155 $\pm$ 0.001*	
	Ácido cítrico	41.122 $\pm$ 0.042*	
Sacarosa-Maltodextrina 40% 30%	Control	29.344 $\pm$ 0.426*	
	Metabisulfito de sodio	36.492 $\pm$ 0.644*	
	Ácido cítrico	44.244 $\pm$ 0.164*	

Resultado ΔE con el símbolo * tienen diferencia significativa al 95% de confianza.

NR= No reportado

En cuanto a las diferencias de color lo que respecta al tratamiento de maltodextrina 30% y 40% fue muy notoria ya que las rebanadas de tejocote sometidas a estas condiciones adquirieron un color blanquizco debido a que reduce el contenido de flavanona y flavonol que son moléculas pertenecientes a los flavonoides responsables de dar el color amarillo al tejocote como lo reporto De la Cruz, 2007.

En el caso de las rebanadas de tejocote sometidas a las soluciones osmóticas compuestas por sacarosa 30% y 40%, el color fue similar al tejocote ocupado para la caracterización inicial solo adquiriendo un poco más de luminosidad provocado por los cristales de sacarosa absorbidos durante la deshidratación osmótica. Por ultimo hablemos de la solución osmótica compuesta por la mezcla de sacarosa-maltodextrina al 30-40% y 40-30% respectivamente; en este caso el color fue más intenso haciendo al amarillo un color más oscuro llegando a ser un color cercano al naranja, todo esto fue ocasionado por la gran cantidad de solutos de sacarosa y maltodextrina adquiridos en la deshidratación osmótica ocupando los espacios que dejaron libres las moléculas de agua e hicieron al producto con una tonalidad más oscura.

Podemos notar en base a la tabla 8 que en todos los acondicionamientos de deshidratación osmótica hay diferencia significativa, resumiendo que el soluto ocupado así como el aditivo utilizado como conservador tienen una gran influencia en lo que respecta al color ya que arrojan resultados relativamente diferentes.

Tabla 11. °Brix de rebanadas de tejocote deshidratadas osmóticamente con diferentes tratamientos

SOLUCION OSMÓTICA	ADITIVO	°BRIX	VALOR DE REFERENCIA
Sacarosa 30%	Control	31.700 ± 0.000	11.30 ± 3.57 (Pioquinto, 2014)
	Metabisulfito de sodio	31.200 ± 0.283	
	Ácido cítrico	31.350 ± 0.071	
Sacarosa 40%	Control	34.850 ± 0.636*	
	Metabisulfito de sodio	34.500 ± 0.141	
	Ácido cítrico	40.500 ± 0.707	
Maltodextrina 30%	Control	29.300 ± 0.141	
	Metabisulfito de sodio	30.900 ± 0.000	
	Ácido cítrico	31.000 ± 0.707	
Maltodextrina 40%	Control	37.650 ± 0.212*	
	Metabisulfito de sodio	36.300 ± 0.000*	
	Ácido cítrico	40.700 ± 0.424*	
Sacarosa-Maltodextrina 30% 40%	Control	59.700 ± 0.283*	
	Metabisulfito de sodio	59.000 ± 0.000	
	Ácido cítrico	65.700 ± 0.283	
Sacarosa-Maltodextrina 40% 30%	Control	69.450 ± 0.636*	
	Metabisulfito de sodio	53.250 ± 0.212*	
	Ácido cítrico	74.200 ± 0.141*	

Resultado °Brix con el símbolo * tienen diferencia significativa al 95% de confianza.

En la tabla 9 podemos observar que en los casos de maltodextrina 40% y sacarosa-maltodextrina al 40-30% respectivamente, presento diferencia significativa en sus tres resultados; de igual manera se notó que la diferencia de ganancia de solutos entre todos los tratamientos es considerable, dando como resultado al tratamiento de sacarosa-maltodextrina al 40-30% respectivamente con mayor ganancia de solutos y con menor ganancia de solutos al tratamiento de control con maltodextrina al 30%.

En este caso son muy importante los °Brix ya que influye en el sabor, lo cual puede influir en la aceptación del producto, siendo el tratamiento de maltodextrina con la menor cantidad de azúcares presentes en esta sustancia, por lo tanto fue la sustancia que menos permitió el paso de los sólidos solubles de la solución hipertónica hacia el alimento como lo refleja los resultados de la tabla 9. Caso contrario a lo que paso con la sacarosa ya que debido a su peso molecular provocó más presión de la solución hacia el alimento generando más espacios intracelulares para la penetración de los sólidos solubles provenientes de la solución hipertónica.

La mezcla entre sacarosa y maltodextrina al 30-40% y 40-30% respectivamente se obtuvieron los registros con mayor ganancia de solutos, esto se debió a que la suma de los pesos moleculares de estos dos azúcares generaron una gran presión en el alimento provocando espacios intracelulares de superior tamaño lo cual facilitaba un mayor intercambio de agua del alimento por solutos de la solución hipertónica u osmótica. También podemos notar que las moléculas de ácido cítrico consienten más el intercambio de agua y solutos; de igual manera percibimos que el metabisulfito de sodio es el que permitió en menor cantidad el intercambio de agua por solutos.

De acuerdo a lo referenciado en Pioquinto, 2014, podemos notar que está muy por debajo a lo reportado en nuestro producto, pero tomamos en cuenta que el fruto utilizado es muy diferente; por lo tanto podemos decir que esto se debe al alto contenido de agua y la menor cantidad los sólidos solubles, ya que en el tejocote su cantidad de agua es menor pero sus sólidos solubles son mayores a las del fruto antes mencionado.

CONCLUSIONES



Conclusiones

Después del trabajo realizado encontramos que:

- Las propiedades fisicoquímicas de nuestra materia prima fresca no variaron mucho a lo reportado por otros autores a excepción de los grados Brix.
- La grafica de pérdida de masa que pertenece a la solución osmótica compuesta de azúcar al 30% con maltodextrina al 40%, fue la que mostró un comportamiento constante.
- En la gráfica de perdida de agua de la solución osmótica compuesta de azúcar al 40% con maltodextrina al 30% fue la que presento un comportamiento uniforme.
- El ácido cítrico influye para que la pérdida de masa sea mayor de acuerdo a lo observado en las gráficas; debido a que genera en el alimento una mayor barrera a la entrada de los solutos de la solución osmótica.
- El metabisulfito de sodio influye para que la pérdida de agua sea de mayor cantidad debido a que este aditivo facilita la entrada de solutos al alimento.
- El número de Reynolds depende de la velocidad de agitación de la solución hipertónica y el tipo de fluido q reportaron las seis diferentes soluciones osmóticas fue laminar, debido a que la velocidad de agitación fue de 150 rpm para todas.
- La humedad y el ΔE no tienen un comportamiento constante ya que hay diferencia significativa en todas sus diferente condiciones; en tanto a la a_w solo hay diferencia significativa en la condición sometida en sacarosa, en lo que refiere a la acidez titulabe el ácido cítrico provoca que haya diferencia

significativa y en los °Brix, las condiciones que no contienen conservador presenta diferencia significativa.

- La condición que más favorece al objetivo de esta investigación es el fruto que contiene metabisulfito de sodio sometido a la solución osmótica compuesta por azúcar al 40% y maltodextrina al 30%, ya que es el que menor contenido de agua posee; por lo tanto es el que menos carga microbiana tendrá.

BIBLIOGRAFIA



Bibliografía y Fuentes

Ayala, A.A., Serna, C.L., Giraldo, C.C. (2009). *Efecto de la agitación sobre la deshidratación osmótica de pitahaya amarilla (selenicereus megalanthus.) empleando soluciones de sacarosa* Interciencia Vol.34, numero 7

Bianchi M., Milisenda P., Mascheroni R., Guarnaschelli A., (2000). Transferencia de masa en deshidratación osmótica de frutas. Determinación experimental y simulación. Universidad del Centro Educativo Latinoamericano, Argentina: 2-3.

Biblioteca Digital de la Medicina Mexicana (2009). *Atlas de plantas de la medicina tradicional mexicana.* Consulta el 13 de marzo del 2014. En el sitio web <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=tejocote&id=7778>.

Büttner, R. (2001). *Rosaceae.* In Hanelt, P; *Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research. eds. Mansfeld's encyclopedia of agricultural and horticultural crops: except ornamentals.* Springer, Berlin-Heidelberg-New York, USA. p. 417-532

Ciacomeq (2012). *Maltodextrina (sección 1).* Recuperado de <http://ciacomeqlltda.com/index.php?id=227>

Contrapeso (2013). *Puebla primer lugar en producción de tejocote.* Recuperado de <http://www.semanariocontrapeso.com/info/tejocote.html>

De la Cruz,E,. (2007). Estudio de los flavonoides de diez genotipos de tejocote (*Crataegus pubescens*) y su uso potencial como alimento funcional. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Mex. 72 pp.

Delia R. (2010). Tesis de maestría: *Secado de alimentos por métodos combinados: deshidratación osmótica y secado por microondas y aire caliente.* Universidad Tecnológica Nacional

Ebm (2012). *Maltodextrina, aplicaciones y precauciones (seccion1)*. Recuperado de <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=67>

Giraldo, G.A., Duque A.L., Mejia C.M.(2005). *La deshidratación osmótica como pretratamiento en la conservación de Mora (Rubis Glaucus) y Uchuva (Physalis peruviana L)*. VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica. Volumen 12 numero 1.

Govindasamy, B; Duffy, PB; Coquard, J. (2003). *High resolution simulations of global climate, part 2: effects of increased greenhouse cases*. Climate Dynamics 21: 391-404

Khim, M., Zhou, W., Perera, C. (2005). *Development in the Combined Treatment of Coating and Dehydration of Food – A Review*. International Journal of Food Engineering. Vol 1, No 1.

Lyncott (2012). *El Tejocote. Grande en propiedades, pequeño en su tamaño*. Recuperado de <http://lyncott.mx/wordpress/?p=1766>

Landaeta G., Espinoza A., Méndez J. (2008). *Fortificación de mitades de duraznos con calcio por medio de la deshidratación osmótica a vacío*. Revista tecnológica ESPOL. Volumen 21, numero 1.

Matuska M, Lenart A, Lazarides HN (2006). *On the use of edible coatings to monitor osmotic dehydration kinetics for minimal solids uptake*. J. Food Eng. 72: 85–91.

Lopera, S., Guzman, O.C., Cataño, R.C., Gallardo C.C. (2009). *Desarrollo y caracterización de micropartículas de ácido fólico formadas por secado por aspersión, utilizando goma arábiga y maltodextrina como materiales de pared*. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-40042009000100007.

Melchor, F. (2006). *Deshidratación osmótica, mejor opción para la conservación de alimentos*. Gaceta Universidad Veracruzana. Recuperado de

<http://www.uv.mx/gaceta/Gaceta%20virtual%2097/Gaceta97/97/ABCiencia/ABCiencia03.htm>

Moreliaolx (2011). *Tejocote seco*. Recuperado de <http://morelia.olx.com.mx/tejocote-deshidratado-iid-98111588>

Moreira R, Chenlo F, Torres MD, Vázquez G (2007). *Effect of stirring in the osmotic dehydration of chestnut using glycerol solutions*. Lebensm. Wiss. Technol. 40: 1507-1514.

NMX-F-102-S-1978. Determinación de la acidez titularle en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas

NMX-F-103-1982. Alimentos. Frutas y derivados. Determinación de grados Brix.

NOM-116-SSA1-1994. Bienes y servicios. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o gasa.

Núñez-Colín, C. A. (2008). *Variabilidad inter e intra específica del germoplasma de tejocote (Crataegus spp.) del centro y sur de México*. Tesis doctoral. Instituto de Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Núñez-Colín. CA; Sanchez-Vidaña, DI. (2011). *Ethnobotanical, cultural, and agricultural uses of tejocote (Crataegus species) in Mexico*. Acta Horticulturae.

Panagiotou NM, Karathanos VT, Maroulis ZB (1999). *Effect of osmotic agent on osmotic dehydration of fruits*. Drying Technol. 17: 175–189.

Parzanese, M. (2012). *Tecnologías para la industria alimentaria, deshidratación osmótica*. Alimentos Argentinos. Recuperado de http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_06_Osmotica.pdf

Pioquinto, (2014). Efecto de maltodextrina y fibra de bambú en la deshidratación osmótica de tomate (*Lycopersicum Esculentum Mill*) secado convectivamente sobre las

propiedades fisicoquímicas y en contenido de fibra cruda. Tesis Profesional. Facultad de Ingeniería Química. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Sacarosa (2012). *Sacarosa: endulcorante, propiedades, usos y contradicciones.* Recuperado de <http://sacarosa.net/>

Sagarpa(2012). *Tejocote: Características.* Recuperado de <http://w4.siap.sagarpa.gob.mx/AppEstado/monografias/Frutales/Tejocote.html>

Saludymedicinas(2013). *Tejocote invitado especial de invierno.* Recuperado de <http://www.saludymedicinas.com.mx/centros-de-salud/nutricion/consejos-alimenticios/tejocote-invitado-especial-en-invierno.html>

Sanjinez, A., Guilherme, B., Yuri, T. (2011). Influencia de la Deshidratacion Osmotica y de la Adicion de Cloruro de Calcio en la Conservacion de Kiwis Minimamente Procesados. Mundo Alimentario.

Sebastian, F.J.,Giraldo, G.G.,Duque,C.A. (2008). Isotermas desorción modeladas a partir de la determinación de la humedad y la a en trozos de frutas tropicales. Revista de Investigacion de la Universidad de Quindio Armenia Colombia

Spiazzi, E., Mascheroni, R. (2001). Modelo de Deshidratación Osmótica de Alimentos Vegetales. Deshidratación osmótica de alimentos 4.

Valvias, (2013). *Numero de Reynolds.* Recuperado de <http://www.valvias.com/numero-de-reynolds.php>

Velasco A. (2012). Tesis de maestría. Comportamiento pre y postcosecha de siete accesiones de tejocote (*Crataegus spp.*). Recuperado de http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/1782/Velasco_Hernandez_A_MC_Fruticultura_2012.pdf?sequence=1