



*Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio*

**SEP TecNM**

**DIVISIÓN DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS**

**ALIMENTARIAS**

**OPCIÓN**

*“Tesis”*

**Proyecto**

**“Efecto de la madurez y adición de cloruro de calcio en la cinética de transferencia de masa y evaluación sensorial de mango (*Mangifera indica* L.) deshidratado mediante métodos combinados”**

**Que para obtener el título de:**

*Ingeniero en Industrias Alimentarias*

**Presenta**

*Cintia Marilee Mejía Morales*

**170812017**

**Acatlán de Osorio, Pue., Septiembre de 2022**



**ASUNTO:** Aprobación de Trabajo de Titulación.

Acatlán de Osorio, Pue., a 07 de Septiembre de 2022.

**I.I.A. ELEODORO GABILÁN LINARES  
JEFE DE DIVISIÓN DE LA CARRERA DE  
INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS  
P R E S E N T E.**

Por este medio hago de su conocimiento que el documento bajo el esquema: **OPCIÓN: TESIS PROFESIONAL**, que lleva por nombre **“Efecto de la madurez y adición de cloruro de calcio en la cinética de transferencia de masa y evaluación sensorial de mango (Mangifera indica L.) deshidratado mediante métodos combinados”**, que presenta la candidata a Titulación: **C. CINTIA MARILEE MEJIA MORALES** con número de control **170812017** de la carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias, fue revisada y aprobada para su impresión por la comisión revisora conformada por: **M.I.A. ERIKA LÓPEZ ARANDA**, **I.A. GABRIELA FORTUNATA LARA RUIZ** e **I.I.A. CARLOS EDDY MARTINEZ FUENTES**.

Sin más por el momento, quedo de usted.

**A T E N T A M E N T E**

**“CONOCIMIENTO COMO GUÍA DEL DESARROLLO”**

**ING. GABRIELA FORTUNATA LARA RUIZ  
PRESIDENTE DE ACADEMIA DE LA CARRERA  
DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Vo. Bo.

**M.I.A. ERIKA LÓPEZ ARANDA**

Vo. Bo.

**I.A. GABRIELA FORTUNATA LARA RUIZ**

Vo. Bo.

**I.I.A. CARLOS EDDY MARTINEZ FUENTES**

c. c. p.-Archivo.



## AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme llegar a esta etapa de mi vida, por hacer realidad un sueño anhelado y ejercer con seguridad esta investigación.

A mis asesores M.I.A. Erika López Aranda por sus enseñanzas, conocimientos, dedicación, su valioso tiempo, por la paciencia, motivación durante todo el proceso de desarrollo de este trabajo de investigación y sobre todo por su amistad.

I.A. Gabriela F. Lara Ruiz e I.I.A. Carlos Eddy Martínez Fuentes, por sus conocimientos transmitidos, sus correcciones, por las sugerencias aportadas, por su apoyo moral para el perfeccionamiento de esta investigación y por su valiosa amistad.

Al subdirector del ITSAO, Ulises Salvador Reyes Saavedra, por su tiempo y dedicación para la recolección de la materia prima para llevar a cabo esta investigación.

A mis amigos y compañeros, que de alguna forma participaron en esta investigación con su apoyo y tiempo; por todas las experiencias, alegrías y gratos momentos únicos que pasamos durante esos 4 años, por apoyarnos mutuamente, por esa amistad, los llevo en mi corazón, Lizeth, Vanesa, I.I.A. Alma Delia, I.I.A. Samara, I.I.A. Berenice, I.I.A. Karla, Iridiam Guadalupe, Zaira, Lizbeth, Isis, I.I.A. Ismael, José Guadalupe, en especial a Sayuri Ramírez Vivar por su incondicional apoyo.

Al I.I.A. Eleodoro Gabilán Linares y a cada uno de los docentes que forman parte de la academia de Ingeniería en Industrias Alimentarias del “ITSAO”, por su apoyo y los conocimientos brindados durante el transcurso del tiempo.

A mi casa de estudios Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio por formarme profesionalmente y permitirme realizar mis prácticas en sus respectivos talleres (TIIA y LBM).

## **DEDICATORIA**

A mis Padres Micaela Zoila Morales Morales y José Martínez Rendón, por darme la vida, por su amor, confianza y lo más importante por ser un ejemplo a seguir ya que luchan día a día por el bienestar de la familia. Los Amo.

A mi abuelita Concepción Morales Casimiro, por ser la mujer más valiosa de este mundo, por inculcarme a ser buena persona, por su amor brindado, cuidados y consejos.

A mis hermanos Adrián Mejía Morales y Juan Daniel Mejía Morales por su compañía, sus grandes valores inculcados y por su incondicional apoyo durante el proceso de mi investigación.

A mis tías Roció Citlali Morales Morales y Concepción Morales Morales que han sido como mis segundas madres durante todo este tiempo de mi niñez, por su motivación durante el transcurso de mis estudios.

A todos mis primos, por su apoyo, cariño, amistad y esa motivación que me brindaban cada día de mis derrotas.

A mi novio Gibran Alejandro H. por su amistad, su amor brindado e incondicional apoyo durante mi investigación, por sus consejos y estar en mis momentos más difíciles.

## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	III
<b>DEDICATORIA</b> .....	IV
<b>ÍNDICE</b> .....	V
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	IX
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	X
<b>RESUMEN</b> .....	XV
<b>ABSTRACT</b> .....	XVII
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> .....	4
2.1 Objetivo General.....	4
2.2 Objetivos específicos .....	4
2.3 Hipótesis .....	5
<b>I. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	6
3.1 Mango ( <i>Mangifera indica L.</i> ) .....	6
3.2 Taxonomía del mango .....	6
3.3 Descripción botánica.....	7
3.3.1 Árbol.....	7
3.3.2 Hojas.....	8
3.3.3 Flores.....	9
3.3.4. Fruto .....	9
3.4 Producción nacional del mango criollo ( <i>Mangifera indica L.</i> ).....	10
3.4.1 Producción Regional de Mango .....	11

3.5 Variedades regionales .....	12
3.6 Desechos de mango en la región mixteca baja poblana.....	13
3.7 Características físicas y químicas del mango criollo, según su estado de madurez .....	15
3.8 Propiedades fisicoquímicas y funciones de la pulpa de mango.....	17
3.9 Métodos combinados .....	18
3.10 Soluciones osmóticas .....	19
3.10.1 Sales de Calcio .....	20
3.10.2 Concentración del agente osmótico .....	21
3.10.3 Naturaleza del agente osmótico .....	21
3.11 Deshidratación Osmótica (D.O.).....	21
3.11.1 Ventajas y desventajas de la deshidratación osmótica.....	22
3.12 Cinética de la Deshidratación Osmótica.....	24
3.13 Mecanismos de transporte en tejidos vegetales .....	25
3.14 Transferencia de masa.....	27
3.15 Difusión .....	27
3.16 Difusión molecular .....	28
3.17 Transferencia de masa en la deshidratación osmótica .....	28
3.18 Factores que afectan la transferencia de masa .....	28
3.19 Deshidratación .....	30
3.19.1 Factores que afectan la deshidratación.....	30
3.20 Deshidratado por convección.....	31
3.20.1 Ventajas y desventajas del deshidratado convectivo.....	32
3.21 Curvas de secado .....	33
3.21.1 Periodos de secado .....	34
3.22 Cinética de secado .....	37
3.23 Evaluación sensorial .....	37
3.23.1 Prueba de Ordenamiento .....	38
3.23.2 Prueba de perfil de sabor (A.D.C.).....	40
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>42</b>

4.1 Localización del sitio experimental .....	42
4.2 Obtención de la materia prima .....	42
4.3 Preparación de soluciones .....	44
4.4 Deshidratado osmótico (D.O.) .....	45
4.4.1 Cinética de deshidratado osmótico .....	45
4.5 Deshidratado convectivo .....	46
4.6 Análisis sensorial .....	46
4.6.1 Prueba de ordenamiento .....	47
4.6.2 Prueba de atributos (ADC) .....	47
4.6.3 Análisis de datos .....	48
4.7 Variables de estudio .....	49
4.7.1 Variables de transferencia de masa .....	49
4.7.1.1 Pérdida porcentual de agua .....	49
4.7.1.2 Ganancia porcentual de sólidos solubles .....	50
4.7.1.3 Pérdida porcentual de masa .....	52
4.8 Variables sensoriales .....	52
4.9 Diseño experimental .....	53
4.10 Unidad experimental .....	54
4.11 Análisis de datos .....	54
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>57</b>
5.1 Cinética de la Deshidratación osmótica de mango criollo ( <i>Mangifera Indica</i> ) en dos estados de maduración fortificado con Cloruro de Calcio .....	57
5.1.1 Pérdida porcentual de masa .....	57
5.2 Pérdida porcentual de agua .....	61
5.3 Ganancia de Sólidos .....	63
5.4 Curva de secado de mango criollo .....	65
5.5 Efecto del estado de madurez y la concentración de Cloruro de Calcio sobre la pérdida porcentual de agua en la deshidratación osmótica de mango criollo ( <i>Mangifera indica L.</i> ) .....	68
5.6 Efecto del estado de madurez y la concentración de Cloruro de Calcio sobre la pérdida porcentual de masa en la deshidratación osmótica del mango criollo ( <i>Mangifera indica L.</i> ) .....	69

5.7 Efecto del estado de madurez y la concentración de Cloruro de Calcio sobre la ganancia de sólidos en la deshidratación osmótica del mango criollo ( <i>Mangifera indica L.</i> ).....	71
5.8 Evaluación sensorial .....	72
5.8.1 Determinación del efecto en los atributos de mango criollo ( <i>Mangifera indica L.</i> ) deshidratado osmóticamente .....	72
5.8.1.2 Características sensoriales de mango criollo ( <i>Mangifera indica L.</i> ) deshidratado osmóticamente en ambos estados de madurez, comparado con un producto comercial de mango deshidratado .....	82
<b>CONCLUSIONES</b> .....	85
<b>REFERENCIAS</b> .....	86
<b>ANEXOS</b> .....	96

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Clasificación taxonómica de Mango criollo ( <i>Mangifera indica</i> L.).....	7
Cuadro 2. Relación de árboles y toneladas producidas en la Región Mixteca Baja Poblana.....	12
Cuadro 3. Características físicas y organolépticas de las variedades de mango. ....	13
Cuadro 4. Relación de cáscara y hueso producido por árboles en la región mixteca poblana. .	15
Cuadro 5. Características físicas y químicas del mango criollo ( <i>Mangifera indica</i> L), según su estado de madurez. ....	17
Cuadro 6. Análisis proximal de la pulpa de mango criollo ( <i>Mangifera indica</i> L).....	18
Cuadro 7. Esquema del diseño experimental para la osmodeshidratación de pulpa de mango criollo ( <i>Mangifera indica</i> L.) .....	54
Cuadro 8. Valores otorgados por el panel de catadores de las características sensoriales de mango deshidratado osmóticamente con y sin concentración de cloruro de calcio. ....	82
Cuadro 9. Valores otorgados por panelistas entrenados de las características sensoriales de mango deshidratado osmóticamente fortificados con cloruro de calcio, comparado con un producto comercial de mango deshidratado. ....	84

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.Árbol de mango criollo (Mangifera indica L.).....	8
Figura 2.Hojas de mango criollo (Mangifera indica L.).....	8
Figura 3.Flores de mango criollo (Mangifera indica L.) .....	9
Figura 4. Fruto de mango criollo (Mangifera indica L.) .....	10
Figura 5.Producción Nacional de mango (2022).....	11
Figura 6.Ilustración de la velocidad de pérdida de agua durante la deshidratación osmótica de un material biológico (DM - materia seca inicial).....	25
Figura 7.Mecanismo de transporte en tejidos vegetales. ....	26
Figura 8.Curva típica de secado para un material alimenticio higroscópico (AB = periodo de velocidad constante; B = contenido crítico de humedad; BC = periodo de velocidad decreciente. ....	36
Figura 9.Representación gráfica de un perfil de sabor. ....	41
Figura 10.Muestras de mango criollo (Mangifera indica L) en dos estados de madurez verde y pintón.....	43
Figura 11.Pelado de los frutos (a) y (b) cortado de rodajas de mango criollo (Mangifera Indica.). ....	44
Figura 12.Relación de fruta jarabe 1:4 .....	45
Figura 13.Deshidratador convectivo a través de un deshidratado de charolas modelo 100, marca aresma. Fuente:.....	46

Figura 14.Papeleta para prueba de ordenamiento.....	47
Figura 15.Papeleta para prueba de evaluación sensorial de atributos(ADC). ....	48
Figura 16.Determinación de humedad por medio de una termobalanza, modelo VE-50-5).	
Fuente: Elaboración propia, 2022.....	49
Figura 17.Determinación de °Brix.....	51
Figura 18.Cinética de Pérdida de Masa en Mango criollo en dos estados de madurez (verde y pintón).....	60
Figura 19.Cinética de Pérdida de Agua en Mango criollo en dos estados de madurez (verde y pintón).....	63
Figura 20.Ganancia de sólidos en la Cinética de Transferencia de Masa en Mango criollo en dos estados de madurez (verde y pintón). ....	65
Figura 21.Curva de secado en la Cinética de Transferencia de Masa en Mango criollo en dos estados de madurez (verde y pintón). ....	68
Figura 22.Efecto de la Pérdida porcentual de agua en la Cinética de Transferencia de Masa en Mango criollo en dos estados de madurez (verde y pintón). ....	69
Figura 23.Efecto de la Pérdida porcentual de masa en la Cinética de Transferencia de Masa en Mango criollo en dos estados de madurez (verde y pintón). ....	70
Figura 24.Efecto de la ganancia de sólidos en la Cinética de Transferencia de Masa en Mango criollo en dos estados de madurez (verde y pintón). ....	72
Figura 25.Mango verde deshidratado osmóticamente y fortificado con cloruro de calcio. ....	80

Figura 26.Producto comercial de mango deshidratado. ....83

## LISTA DE SÍMBOLOS Y/O ABREVIATURAS

<b>°Bx</b>	Grados brix
<b>DO</b>	Deshidratado Osmótico
<b>CaCl<sub>2</sub></b>	Cloruro de Calcio
<b>C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub></b>	Ácido cítrico
<b>C<sub>7</sub>H<sub>5</sub>NaO<sub>2</sub></b>	Benzoato de sodio
<b>PA</b>	Perdida Porcentual de Agua
<b>PM</b>	Pérdida de masa
<b>GS</b>	Ganancia de solidos
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>h</b>	Horas
<b>%</b>	Porcentaje
<b>mg</b>	miligramos
<b>g</b>	gramos
<b>C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub></b>	Ácido Ascórbico
<b>P/P</b>	Relación peso a peso
<b>C<sub>2</sub>H<sub>4</sub></b>	Etileno
<b>Cm</b>	Centímetros

<b>Ton.</b>	Toneladas
<b>min.</b>	Minutos
<b>Po</b>	Peso del fruto al tiempo
<b>Pt</b>	Peso del fruto tratado al tiempo
<b>Bo</b>	°Brix del fruto al tiempo
<b>Bt</b>	°Brix del fruto tratado al tiempo
<b>Uo</b>	Humedad del fruto al tiempo
<b>Ut</b>	Humedad del fruto tratado al tiempo

## RESUMEN

El presente proyecto tuvo como propósito evaluar el efecto del estado de madurez y la concentración de cloruro de calcio en la cinética de transferencia de masa y características organolépticas de mango criollo (*Mangifera indica L.*) deshidratado por métodos combinados. El deshidratado osmótico se logró a través del empleo de solución osmodeshidratante de sacarosa (70°Brix) adicionada con 0.5, 1.5, 2.5 y 3% de CaCl<sub>2</sub>, en las cuales permanecieron muestras de mango criollo verde y pintón durante 8 horas. La cinética de transferencia de masa se caracterizó a través de la pérdida porcentual de agua (PA) y masa (PM), así como la ganancia porcentual de sólidos (GS) a las 8 h. Terminado el periodo de deshidratación en las soluciones fortificadas con cloruro de calcio, se procedió al secado por convección a 60°C, cuyo monitoreo a partir del contenido de humedad inicial a través de la curva de secado, permitió establecer que a las 6 h se alcanzó la humedad óptima (85%) para prolongar su vida de anaquel. Para establecer la aceptación y caracterización de atributos entre los ocho tratamientos fortificados con cloruro de calcio y dos deshidratados osmóticamente sin este soluto, se emplearon pruebas de ordenamiento y por atributos (ADC). Para evaluar el efecto de los factores sobre las variables de respuesta en la cinética de transferencia de masa se empleó un diseño experimental de dos factores, mientras que, para la evaluación sensorial se empleó la prueba de Kruskal Wallis, evaluando un total de 8 y 10 tratamientos, respectivamente.

Diferencias significativas entre la cinética de transferencia de masa y la calidad organoléptica fueron encontradas debido al estado de madurez del mango criollo (*Mangifera indica L.*) y concentración del cloruro de calcio en la deshidratación por métodos combinados. La interacción entre los factores evaluados mostró un efecto significativo en las variables de respuesta, mayor PM y mayor PA se obtuvieron en mango criollo en estado de madurez verde

con una solución osmódeshidratante fortificada con 2.5% de  $\text{CaCl}_2$ , mientras que la mayor ganancia de sólidos se presentó en el tratamiento con mango en estado de madurez pintón deshidratado osmóticamente en una solución de 70 °Brix de sacarosa y 2.5% de cloruro de calcio. En la evaluación realizada por un panel de catadores no entrenados, los tratamientos de mango en estado de madurez verde y pintón, fortificados con 1.5% de cloruro de calcio, resultaron tener la mejor percepción de aroma, sabor agradable, sabor a mango, color amarillo característico y textura (dureza).

Estos resultados indican, que la deshidratación osmótica de mango criollo pintón (*Mangifera indica L*) es una alternativa para aprovechar la producción de este fruto en la región mixteca baja poblana, ya que actualmente solo se comercializa en mercados locales y municipales.

***Palabras Claves:*** *Deshidratado osmótico, Cloruro de Calcio, estado de madurez.*

## ABSTRACT

The purpose of this project was to evaluate the effect of maturity stage and calcium chloride concentration on mass transfer kinetics and organoleptic characteristics of Creole mango (*Mangifera indica L.*) dehydrated by combined methods. Osmotic dehydration was achieved through the use of sucrose osmodehydration solution (70°Brix) added with 0.5, 1.5, 2.5 and 3% CaCl<sub>2</sub>, in which samples of green Creole and pintón mango remained for 8 hours. The mass transfer kinetics was characterized through the percentage loss of water (PA) and mass (PM), as well as the percentage gain of solids (GS) at 0, 2, 4, 8 and 24 hours. After the dehydration period in the solutions fortified with calcium chloride, convection drying was carried out at 60 °C, whose monitoring from the initial moisture content through the drying curve, allowed establishing that at 6 h optimum humidity (85%) to prolong its shelf life. To establish the acceptance and characterization of attributes among the eight treatments fortified with calcium chloride and two osmotically dehydrated without this solute, ranking and attribute tests (ADC) were used. To evaluate the effect of the factors on the response variables in the mass transfer kinetics, an experimental design of two factors was used, while the Kruskal Wallis test was used for sensory evaluation, evaluating a total of 8 and 10 factors. treatments, respectively.

Significant differences between mass transfer kinetics and organoleptic quality were found due to maturity stage and calcium chloride concentration in dehydration by combined methods of Creole mango (*Mangifera indica L.*). The interaction between the evaluated factors showed a significant effect on the response variables, higher PM and higher PA were obtained in Creole mango in a state of green maturity with an osmodehydrating solution fortified with 2.5% CaCl<sub>2</sub>, while the highest gain of solids was presented in the treatment with ripe pinton mango dehydrated osmotically in a solution of 70 °Brix of sucrose and 2.5% of calcium chloride. In the

evaluation carried out by a panel of untrained tasters, the mango treatments in a state of green maturity and pintón, fortified with 1.5% calcium chloride, turned out to have the best perception of aroma, pleasant taste, mango flavor, yellow color characteristic and texture (hardness).

These results indicate that the osmotic dehydration of Creole mango (*Mangifera indica L*) is an alternative to take advantage of the production of this fruit in the Mixtec region of Puebla, since it is currently only marketed in local and municipal markets.

***Keywords:*** *Osmotic dehydration, Calcium Chloride, state of maturity.*

## I. INTRODUCCIÓN

La región mixteca baja poblana presenta un clima semicálido y subhúmedo con lluvias en verano, a pesar de las condiciones climáticas, ciertos árboles frutales se han adaptado, encontrándose en los límites del río Tizac o huertos de traspatio (López A., 2011), entre ellos se encuentran la pitaya de mayo (*Stenocereus stellatus*), ciruela roja y amarilla (*Spondias purpurea* L.), xoconostle (*Opuntia joconostle* spp.) y mango (*Mangifera indica* L.), con variedades tales como chapita, criollo, manila, oro, perón, pescado, petacón y veracruzano, por lo regular la producción de esos frutos se presentan en temporada de lluvias y son de suma importancia económica para los productores, ya que los comercializan solo en los mercados municipales. Algunas variedades de mango tienen una mayor proporción de número de árboles, destacando la variedad criolla con 7 480 y una producción de 7 290.26 toneladas seguido por la variedad pescado con 519.09 toneladas y 1 324 árboles, ubicados en las localidades de Xayacatlán de Bravo, Tianguistengo, Garzones, Tetelcingo, la Huerta, Amatitlán de Azueta y Acatlán de Osorio (López A., 2011).

El mango principalmente está compuesto por cáscara y pulpa con 82.97%, la semilla entre 7-8% y 15% del hueso. Sin embargo, este fruto beneficia al cuerpo humano, ya que aporta vitaminas como son A, C, E y del complejo B, así como fibras solubles (pectinas), ácidos orgánicos (cítrico, málico y tartárico), además de carbohidratos. Dependiendo de la variedad, tanto la cáscara como la almendra, contienen una serie de compuestos bioactivos.

La cantidad de frutos que no se logran aprovechar cada año, se consideran como frutos de desecho, los pequeños productores regionales tienen pérdidas económicas al no poder comercializar toda la producción de mango, además de que en la época de cosecha, abril a julio, se alcanzan temperaturas extremas con lluvias esporádicas que aceleran la descomposición de

los frutos generando indeseables focos de contaminación, ya que no existen empresas procesadoras de este fruto en la región mixteca baja poblana y por falta de políticas municipales que regulen su manejo, son depositados al medio ambiente, causando fuerte impacto ambiental.

Una alternativa de conservación de alimentos está basada en la deshidratación osmótica, permitiendo mejorar sus propiedades sensoriales como color, sabor y textura con bajas temperaturas (Granados-Conde, *et al.*, 2019). Así como, transformar la composición de los alimentos a partir de la eliminación de agua y la agregación de sólidos, alargando su vida útil (Wais, 2011).

Otras de las alternativas de conservación de alimentos están dadas por métodos combinados que permiten mantener sus características organolépticas (color, sabor y textura) del producto final y obtener productos de buena calidad, lográndose alcanzar períodos de conservación de hasta un año. La deshidratación por convección a una temperatura de 60 ° C, facilita la pérdida de agua de 50% lo que provoca una disminución del peso y reduce la posibilidad de crecimiento de microorganismos, facilitando la pérdida total de humedad final (Giraldo *et al.*, 2005 mencionado por Castelo Escobar, 2017 y Cánovas-Mercado, 2000).

La deshidratación osmótica es un proceso utilizado comúnmente en métodos combinados de conservación y/o en la preparación de alimentos funcionales, ya que permite la incorporación de componentes que incrementan el valor nutricional de frutas o alimentos en general y así presentar una alternativa de consumo de la fruta.

Debido a lo anterior, el presente proyecto evaluó el efecto del estado de madurez y la concentración de cloruro de calcio en la cinética de transferencia de masa y características organolépticas de mango criollo (*Mangifera indica L.*) deshidratado por métodos combinados,

para considerarlo como alternativa de aprovechamiento para la comercialización de la elevada producción de este fruto de la región mixteca poblana.

## 2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

### 2.1 Objetivo General

Evaluar el efecto del estado de madurez y la concentración de cloruro de calcio en la cinética de transferencia de masa y características organolépticas de mango criollo (*Mangifera indica L.*) deshidratado por métodos combinados.

### 2.2 Objetivos específicos

- Deshidratar osmóticamente mango criollo (*Mangifera indica L.*) de la región mixteca baja poblana, en dos estados de madurez (verde y pintón), empleando solución de sacarosa 70%(p/p) y cloruro de calcio en cuatro concentraciones, 0.5, 1.5, 2.5 y 3.0 % (p/p) a temperatura ambiente (25-30 C), durante 0, 2, 4, 8 h.
- Evaluar la pérdida porcentual de agua, ganancia porcentual de sólidos, pérdida porcentual de masa a las 0, 2, 4,8 horas, de deshidratado osmótico de mango criollo en dos fases de maduración.
- Determinar la cinética de transferencia de masa a 0, 2, 4, 8 horas, de deshidratado osmótico de mango criollo en dos fases de maduración.
- Determinar la curva de secado de mango criollo (*Mangifera indica L.*) en dos fases de maduración, deshidratado osmóticamente, mediante aire caliente a 60°C.
- Evaluar la aceptación de los tratamientos de mango criollo (*Mangifera indica L.*) deshidratado osmóticamente en dos estados de madurez, verde y pintón, mediante prueba de ordenamiento y por atributos.

- Estimar el efecto de grado de madurez y adición de cloruro de calcio en la cinética de transferencia de masa y evaluación sensorial de mango criollo (*Mangifera indica L*) deshidratado mediante métodos combinados.

### **2.3 Hipótesis**

En el deshidratado osmótico de mango criollo (*Mangifera indica L*), el estado de madurez del fruto y la concentración de cloruro de calcio influyen en las características de transferencia de masa y organolépticas del producto final.

## I. REVISIÓN DE LITERATURA

### 3.1 Mango (*Mangifera indica L.*)

Es uno de los frutos frescos más apetecidos y de mayor consumo en el mundo, por su alto valor nutritivo y delicioso sabor. Por ser un fruto climatérico, la madurez la adquiere entre los seis y diez días después de ser cosechado. En este periodo presenta sus cambios en el color, el sabor y la textura. La pulpa extraída del mango es utilizada para la preparación de diversos alimentos como néctares, jugos, mermelada, mango deshidratado, entre otros. La pulpa del mango presenta una concentración de compuestos bioactivos con una gran actividad antioxidante entre ellos la vitamina C, vitamina E, polifenoles, carotenos, entre otros. Así mismo contiene fibra soluble (pectinas), ácidos orgánicos (cítrico y málico) y taninos, además de presentar una importante concentración de minerales como potasio y magnesio, los cuales intervienen en la transmisión nerviosa y muscular [Jibaja Espinoza & Sanchez Gonzalez (2015), Chiumarelli, *et al.*, (2011) mencionado por Mesa *et.*, (2015), Pérez, *et al.* (2004) y Sumaya-Martínez, *et al.* (2012)].

### 3.2 Taxonomía del mango

El mango (*Mangifera indica L.*) es el miembro más importante de la familia de las anacardiáceas. Esta familia está constituida por alrededor de 62 especies nativas del sureste de Asia e Islas circundantes [Linneaus (2018) citado por Coto, T., & Nicolas, A. (2022). y Salazar (2018)]. Su clasificación taxonómica se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 1 Clasificación taxonómica de Mango criollo (*Mangifera indica* L.)

<b>TAXONOMÍA</b>	
<b>Reino</b>	<i>Plantae</i>
<b>División</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Clase</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Orden</b>	<i>Sapindales</i>
<b>Familia</b>	<i>Anacardiaceae</i>
<b>Género</b>	<i>Mangifera</i>
<b>Especie</b>	<i>Mangifera indica</i>
<b>Nombre científico</b>	<i>Mangifera indica</i> L.

Fuente: Salazar (2018) y Linneaus (2012).

### 3.3 Descripción botánica

#### 3.3.1 Árbol

Es un árbol que puede superar los 20 m de altura (Figura 1). Su tronco cilíndrico alcanza aproximadamente 1 metro de diámetro (UNCTAD, S.F.), su madera es bastante frágil. La raíz penetra de 6-8 metros con un radio de hasta 10 metros esta distribución permite resistir condiciones de baja humedad [Mora Sáenz, (2013) y Bally, I.S.E, (2006)].



*Figura 1.*Árbol de mango criollo (*Mangifera indica* L.)

Fuente: Elaboración Propia (2022)

### **3.3.2 Hojas**

Las hojas son simples, oblangas, coriáceas y lanceoladas, de color verde oscuro brillante por el haz, verde amarillo por el envés puede cambiar su color de verde claro a marrón o purpura, llegan a medir de 15 – 40 cm de largo por 3 – 6 cm de ancho. Las hojas se renuevan en brotes de 10 a 20 hojas cada vez a lo largo del ciclo vegetativo, manteniendo una corona abundante y permanente, Figura 2 (Mora Sáenz, 2013; Artica Arroyo, 2008; Gálvez López, 2006).



*Figura 2.*Hojas de mango criollo (*Mangifera indica* L.)

Fuente: UEIA (2014)

### 3.3.3 Flores

Se dan en panículas que brotan al final de un racimo (Figura 3) crecen alrededor de 30 cm de largo, algunas veces florecen 2 a 3 veces durante la misma estación, son de color rojizas o amarillentas. La polinización se lleva a cabo por insectos, que son atraídos por el néctar trasladando los granos de polen a otras flores (Salazar, 2018; Mora Sáenz, 2013; Rodríguez *et al.*, 2002).



*Figura 3.* Flores de mango criollo (*Mangifera indica* L.)

Fuente: UEIA (2014)

### 3.3.4. Fruto

De acuerdo a Rodríguez *et al.* (2002) y Mora Sáenz (2013) el color y tamaño varían mucho, su peso varía de acuerdo a la madurez teniendo de 100 gramos hasta dos kilos por unidad, la coloración de la piel varia en el momento de la madurez entre amarillo, amarillo verdoso o amarillo anaranjado. Adaptan diferentes formas; acorazonadas, ovaladas, redondeada, entre otros. La cáscara es lisa y de un grosor variable en algunas variedades, normalmente es amarilla en la superficie, pero variando el color, su pulpa es gruesa y rodea al carozo duro que contiene en su interior una sola semilla. La semilla es dura, grande y aplastada, está compuesta

por una vaina leñosa que forma un gran número de fibras finas largas dentro de la pulpa, causando molestias al morder y que cubre una almendra blanca, [Toribio Fernández, (1968) mencionado por Salazar (2018) y Ruiz, Nico (2003) mencionado por Arroyo (2008)].



*Figura 4.* Fruto de mango criollo (*Mangifera indica* L.)

Fuente: UEIA (2014)

### **3.4 Producción nacional del mango criollo (*Mangifera indica* L)**

Según la Secretaría de Agricultura y Desarrollo rural (2020), en el año 2019 se cosecho en veinte tres estados del país con un volumen de producción de 11.9 % mayor al de 2018. La principal entidad productora de mango en el país, fue Sinaloa con 397 780, le sigue Guerrero con 390 751, Nayarit con 322 155, Chiapas con 268 374, Oaxaca con 208 798, Michoacán con 161 810, Jalisco con 114 960, Veracruz con 99 735, Colima con 57 540, Campeche con 32 397, entre otros (Figura 5). Sinaloa, Nayarit y Chiapas general dos terceras partes del volumen en cosechado a nivel nacional. De abril a agosto se reportó mayor producción de este fruto en el país con 1.7 millones de toneladas (81.4% del total anual).

En la Figura 5 se muestran los principales estados de la república mexicana productores de mango (*Mangifera indica* L.)

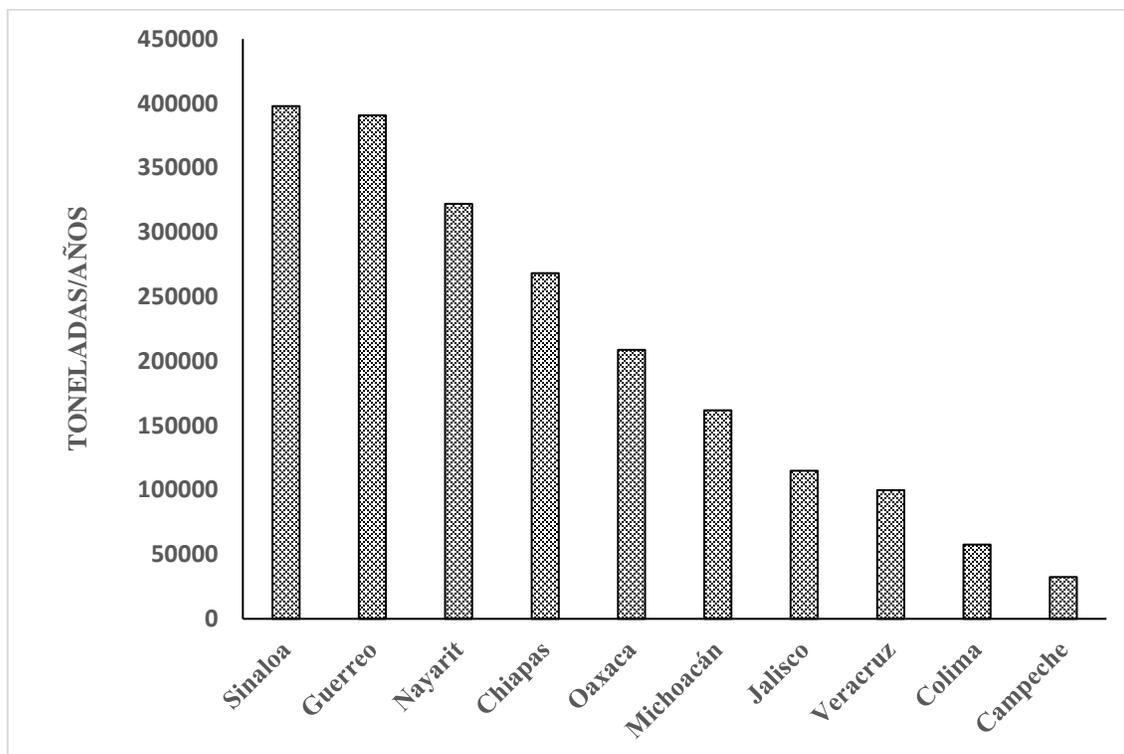


Figura 5. Producción Nacional de mango (2022).

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

### 3.4.1 Producción Regional de Mango

En la región mixteca baja poblana el número de árboles y las toneladas producidas en la época de cosecha desde el mes de abril hasta agosto, destaca la población de Xayacatlán de Bravo con 3525.2 toneladas de mango criollo, seguido por Acatlán con 2344.94 toneladas (Cuadro 2), (López, 2011)

Cuadro 2. *Relación de árboles y toneladas producidas en la Región Mixteca Baja Poblana.*

<b>Mango Criollo</b>		
Comunidad	Núm. Árboles	Ton.
Xayacatlán	3,338	3,523
Acatlán	2,406	2,345
Tianguistengo	699	681
Amatitlán	448	436
Tetelcingo	365	356
La huerta	178	173
Garzones	46	45

Fuente: López, (2011)

### **3.5 Variedades regionales**

En el Cuadro 3, se presenta las características físicas y organolépticas de las diferentes variedades regionales, que son de vital importancia en la aceptación de éstos frutos por el consumidor y que fueron obtenidas a través del Estudio de Recursos Fitogenéticos realizado por el Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio (López, 2011).

Cuadro 3. *Características físicas y organolépticas de las variedades de mango.*

<b>Propiedades físicas y organolépticas</b>	<b>Petacón</b>	<b>Criollo</b>	<b>Pescado</b>	<b>Perón</b>	<b>Manila</b>
<b>Volumen (mL)</b>	432	199	206	312	197.1
<b>Tamaño LxA (mm)</b>	98.65	103.29	117.39	101.17	116.38
<b>Color</b>	Rojo-amarillo	Amarillo	Rojo-amarillo	Rojo-amarillo	Amarillo
<b>°Brix</b>	15	20.2	23.8	23.8	21
<b>Peso (g)</b>	414.64	236.11	23.8	312.66	216.23
<b>Sabor</b>	Dulce	Agridulce	Dulce	Dulce	Dulce
<b>Textura</b>	Fibroso	Fibroso	Mucha fibra	Poca fibra	Sin fibra

Fuente: López (2011).

### 3.6 Desechos de mango en la región mixteca baja poblana

En esta región del estado de Puebla, los desechos o subproductos agrícolas (cáscaras, huesos, bagazo, frutas y vegetales dañados o con problemas de madurez y calidad) representan un problema ambiental ya que no se cuenta con políticas municipales adecuadas para su manejo y la mayoría de las veces son desechadas en terrenos baldíos generando nichos de insectos, debido a la acelerada descomposición de la materia orgánica por la alta temperatura imperantes en la región. Dichos subproductos son generados en grandes volúmenes, y sólo una mínima parte es reutilizada en la producción de alimento animal de bajo valor agregado.

- En cada una de las etapas de la cadena productiva local (producción, manejo y comercialización) del mango se generan mermas de esta fruta que se convierten en desechos, debido a diversas problemáticas tales como: Durante la producción se presenta

una saturación del mercado por una sobreproducción de mango, unidades de producción pequeñas y dispersas, problemas fitosanitarios y problemas de calidad (tamaño y madurez). La demanda es menor a la cantidad ofertada debido por la existencia de huertos familiares.

- Durante el manejo del mango, existen evidentes limitaciones en la infraestructura post-cosecha en la región. La mayor parte del mango se comercializa en fresco sin procesamiento industrial. Dependiendo de la variedad de mango, la cáscara puede constituir 15 a 18 % del peso total del fruto y el hueso 13 a 29 %. En el cuadro 4, se presenta desechos generados, considerando el 5.62 % de producción que es consumido localmente, se tiene un excedente de 7 962.14 Ton de mango, el cual genera 1 592.428 ton de cáscara y 2 309.02 ton de hueso (López, 2011).

Cuadro 4. *Relación de cáscara y hueso producido por árboles en la región mixteca poblana.*

Comunidad	Criollo		Manila		Pescado		Perón	
	Cáscara /ton.	Hueso /ton	Cásca ra/ton	Hueso /ton	Cáscara /ton	Hueso /ton	Cáscara /ton	Hueso /ton
<b>Xayacatlán</b>	140.93	204.35	5.62	8.15	13.29	19.27	1.47	2.14
<b>Acatlán</b>	93.80	136.1	1.99	2.88	2.76	4.00	0.47	0.68
<b>Tianguistengo</b>	27.25	39.51	1.81	2.62	2.57	3.73	1.27	1.84
<b>Amatitlán</b>	17.45	25.30	0.00	0.00	0.36	0.52	0.02	0.03
<b>Tetelcingo</b>	14.23	20.63	0.97	1.41	1.40	2.02	0.28	0.41
<b>La huerta</b>	6.94	10.06	0.25	0.37	0.33	0.48	0.06	0.08
<b>Garzones</b>	1.79	2.60	0.12	0.18	0.02	0.02	0.00	0.00
<b>Total</b>	302.39	438.46	10.76	15.61	20.73	30.04	3.57	5.18

Fuente: López, (2011).

### 3.7 Características físicas y químicas del mango criollo, según su estado de madurez

La maduración es un conjunto de cambios externos e internos, como el sabor y la textura, que el fruto experimenta cuando se completa su crecimiento. En esta fase de desarrollo del mango criollo cambia la coloración del pericarpio de un tono verde a un amarillo rojizo, aumenta la concentración de azúcares, se reduce el contenido de ácidos y otros cambios físicos y químicos. Superada esta etapa, el fruto pierde firmeza y aumenta su sensibilidad a las condiciones del medio. Cuando el mango se encuentra fisiológicamente en su máximo estado de crecimiento y desarrollo, y todas sus partes especialmente la semilla, están formadas, maduras y aptas para su reproducción, es el estado que se conoce como madurez fisiológica. La madurez de cosecha es aquella etapa fisiológica en el desarrollo del mango criollo, en la cual se desprende del árbol y puede llegar a desarrollar su madurez de consumo; esta última es aquel momento del desarrollo

fisiológico del mango cuando todas las características sensoriales propias de éste, como el sabor, el color, el aroma, la textura y la consistencia, son completas y armónicas. Los principales cambios en los parámetros bioquímicos que se producen durante la maduración de frutos de mango son aumento de los sólidos solubles totales (SST), pH, relación de azúcar /ácido, y carotenoides; mientras que la acidez, almidón, y la vitamina C disminuyen. El mango es un fruto perecedero, por lo tanto, la madurez tiene una marcada influencia sobre la calidad y vida útil en almacenamiento y afecta su manejo poscosecha, así como el transporte. A partir de los cambios tanto físicos como bioquímicos que se presentan durante las fases de maduración del mango criollo, para la realización de esta investigación se identificaron cuatro estados de maduración: verde, pintón, madurez de cosecha y madurez de consumo, y cuyas características se presentan a continuación.

Cuadro 5. Características físicas y químicas del mango criollo (*Mangifera indica L.*), según su estado de madurez.

Estado de madurez	Peso total (g)	Peso de pulpa (g)	Peso de cáscara (g)	Peso de hueso (g)	Peso de almendra (g)	Altura (mm)	Textura	°Brix	pH	Acidez titulable (%)	Proteína total (%)
<b>Madurez de consumo</b> 	128.2275	65.5329	18.1767	23.3351	14.4918	79.8	3.6666	13	4.9633	0.0424	6.3023
<b>Madurez de cosecha</b> 	132.9003	73.2836	19.3620	25.0431	15.4490	85.98	4.2333	12	4.8333	0.0379	5.8797
<b>Pintón</b> 	145.4841	111.4921	28.332	25.1018	16.0805	91.7533	4.3666	10	4.7466	0.0379	5.44113
<b>Verde</b> 	157.5768	104.2335	21.6630	26.5350	16.4452	90.75	9.1333	9	3.650	0.0290	1.2662

Fuente: Elaboración propia, 2022

### 3.8 Propiedades fisicoquímicas y funciones de la pulpa de mango

En el siguiente cuadro se muestran los resultados de las propiedades fisicoquímicas y funcionales a partir de la pulpa de mango criollo (*Mangifera indica L.*) pertenecientes a la región mixteca baja poblana, obtenidos por Ramos Seminario (2021).

Cuadro 6. *Análisis proximal de la pulpa de mango criollo (Mangifera indica L)*

<b>COMPONENTES</b>	<b>Valores encontrados por cada 100g</b>
<b>Humedad (%)</b>	86.5
<b>Carbohidratos (%)</b>	11.15
<b>Fibra (%)</b>	0.05
<b>Proteínas (%)</b>	1.5
<b>Cenizas (%)</b>	0.45
<b>Grasas (%)</b>	0.35
<b>Sólidos Solubles</b>	17 Brix
<b>Acidez (% Ac Cítrico)</b>	0.35
<b>Índice de Madurez</b>	45.71
<b>pH</b>	4.45
<b>Densidad (g/ml)</b>	1.09

Fuente: Seminario (2021)

### 3.9 Métodos combinados

Para Rocca (2010), el efecto de la deshidratación osmótica por métodos combinados, permite mejorar la calidad de los alimentos en al menos una de las siguientes características:

- Mínima degradación química
- Cambios de estructura y textura poco significativos
- Mínima variación de sabor y aroma
- Obtención del color deseado
- Control preciso del contenido de humedad

Actualmente, se emplean diferentes modos de secado combinado que incluyen generalmente dos y raras veces tres de algunas de estas opciones Rocca (2010):

- Secado convectivo con aire caliente
- Secado a presión reducida
- Deshidratación osmótica
- Calentamiento por microondas
- Calentamiento por radiofrecuencia

### **3.10 Soluciones osmóticas**

La elección del soluto y la concentración de la solución osmótica depende de varios factores, como su efecto en la calidad organoléptica, sabor del producto final, su capacidad para disminuir la actividad de agua, la solubilidad del soluto, la permeabilidad a la membrana celular, efecto conservador y el costo. Por su eficacia, conveniencia y sabor agradable se ha encontrado que la sacarosa es uno de los mejores agentes osmóticos. Es un inhibidor eficaz de la polifenoloxidasas, evita la pérdida de sabores volátiles y la mayoría de las membranas celulares son impermeables a ella. Su difusividad es mucho más baja que la del agua, lo que resulta en una baja captación de sólidos en el tejido. Sin embargo, su dulzura limita su utilización a las verduras (Sharma, 2003). Por lo regular, las soluciones osmóticas más utilizadas en el proceso de D.O. son soluciones como; el cloruro de sodio, cloruro de calcio, sacarosa, la lactosa, jarabe de maíz con alto contenido de fructosa y glicerol (López, 2017), los cuales indican que se emplea sacarosa debido a su sabor agradable y es uno de los mejores agentes osmóticos. Si se usan solutos con mayor peso molecular se incrementa la pérdida de agua y se reduce la ganancia porcentual de sólidos (Yupanqui, 2010).

### 3.10.1 Sales de Calcio

La utilización de sales en soluciones osmóticas aumenta ligeramente la pérdida de agua y disminuye la ganancia de soluto en el alimento. En la adición de sustancias de bajo peso molecular tales como cloruro de sodio, cloruro de calcio, ácido málico y ácido clorhídrico en concentraciones de 1-5% a soluciones de azúcar mejora el proceso de deshidratación osmótica [Espinoza *et al.* 2006 mencionado por Benavides Bastidas (2017)]. Dentro de su estructura básica de vegetales y frutos contienen protopectinas que son moléculas muy insolubles en agua, que se encuentran en los tejidos inmaduros de los alimentos y son responsables de su textura rígida, sin embargo, la acción de la enzima protopectinasa hace que se conviertan en pectinas solubles en el proceso que ocurre durante la maduración y que trae consigo el ablandamiento del producto [Badui Dergal (2013) mencionado por Bastidas (2017)]. Este efecto se atribuye a una asociación de calcio que penetra en la fruta con pectinas de las paredes celulares, con la que se mejora la textura del producto y se crea un enlace unión cruzada (Bastidas, 2017).

### **3.10.2 Concentración del agente osmótico**

A altas concentraciones de disolución osmótica se produce mayor pérdida de agua en el fruto, por lo contrario, en condiciones más suaves, una parte mayor del tejido queda afectada, pero en menor intensidad, [Pérez y Pimentel (2003) mencionado por Coaquira (2010)]. La concentración del agente osmótico exterior afecta la fuerza impulsora, con ello los tiempos de tratamiento son más cortos, en cuanto a la transferencia de materia se refiere, a la viscosidad de la solución y de la fase líquida del producto que va aumentando su viscosidad, hasta alcanzar la disolución osmótica en el equilibrio, (Barat *et al.*, 2001, Cháfer *et al.*, 2001, mencionado por Coaquira, 2010).

### **3.10.3 Naturaleza del agente osmótico**

La naturaleza del agente osmótico es primordial para establecer el comportamiento del alimento durante los procesos de deshidratación osmótica (Coaquira, 2010). El tipo de agente osmótico es un factor que determina la velocidad de difusión, el agente de bajo peso molecular penetra más fácilmente en la célula de la fruta, en comparación con el de elevado peso molecular, [Phisut, 2012 mencionado por Yucra, 2015].

### **3.11 Deshidratación Osmótica (D.O.)**

La ósmosis es producida cuando un material está en contacto con una solución permitiendo el paso de algunas moléculas, pero no de otras por medio de una membrana semipermeable dada por la porosidad en la membrana; si esta membrana es colocada entre dos soluciones con distinta concentración, las moléculas del disolvente pasarán en ambas direcciones por medio de la misma con un movimiento de disolvente de la solución menos concentrada hacia la más concentrada (García, 2010). La deshidratación osmótica consiste en

sumergir los alimentos en soluciones acuosas con el fin de producir dos efectos principales: flujo de agua desde el producto hacia la solución y flujo de solutos hacia el interior de alimentos. Es considerada como producto de la saturación de las capas exteriores del material, consiste en prolongar la vida útil de los alimentos cortados, la cual reduce parcialmente el agua en la fruta, disminuyendo la presencia de microorganismos y hongos. La deshidratación osmótica ofrece la posibilidad de hacer un pretratamiento y darle valor agregado a las frutas y verduras [Marcillo (2019), López (2017) y García (2010)]. Debe ser utilizada para minimizar los costos, maximizar las ganancias e incrementar las características deseables del fruto sin comprometer su inocuidad durante el desarrollo para el mejoramiento de un nuevo producto (Arteaga, 1994).

### **3.11.1 Ventajas y desventajas de la deshidratación osmótica**

Algunas de las ventajas y desventajas que presenta la deshidratación osmótica son:

#### **Ventajas**

- Evita pérdidas de aromas y mejora el sabor, color y textura de los alimentos, generalmente estos son volátiles a altas temperaturas, por lo que, el agua que sale de las frutas y vegetales va a la solución concentrada en estado líquido [Marcillo (2019) y García (2010)].
- El proceso de deshidratación osmótica ayuda a proteger la pérdida de ciertos nutrientes hidrosolubles como la vitamina C y las vitaminas del complejo B: B6, B12, niacina, riboflavina y el ácido fólico, [Heng , *et al.*, (1990) mencionado por Coaquira (2010)].
- La solución del tratamiento puede hacerse de dos formas: a base de azúcares (frutas) y Salmueras (verduras) que son de fácil adquisición (García, 2010).

- La ausencia del aire en el interior de la masa de la solución osmótica donde se halla sumergido el producto, evita las reacciones de oxidación que generalmente afectan directamente la apariencia del producto final (García, 2010)
- Ayuda a prolongar la vida de anaquel del alimento (Marcillo, 2019).
- El alimento final puede llegar a mantenerse estable a temperatura ambiente (García, 2010).
- Reduce los costos energéticos del proceso de deshidratación osmótica (Marcillo, 2019).

### **Desventajas**

García (2010) señala las siguientes desventajas que pueden ocurrir en la deshidratación osmótica.

- La deshidratación osmótica no se aplica en todos los alimentos, solo se aplica en aquellos productos que presentan estructura sólida.
- Al sumergir el alimento a la solución osmótica concentrada, puede aparecer un residuo de la misma solución al finalizar el tratamiento, esto se puede evitar si se escurre el alimento.
- El jarabe no circulará completamente sobre los trozos o rodajas sobre la superficie del alimento, por lo que, se ocasiona una flotación y algunas muestras serán menos densos. Puede solucionarse colocando un contra peso de manera que el producto siempre este en contacto con la solución.
- La mayoría de los casos el grado de humedad al final del alimento del proceso no es suficientemente bajo y será necesario complementar con otras técnicas como secado o congelamiento.

### 3.12 Cinética de la Deshidratación Osmótica

La cinética de la deshidratación osmótica se determina estimando la velocidad de eliminación de agua y la de ganancia de sólidos. Por lo general, las velocidades más altas de eliminación de agua se alcanzan dentro de los primeros 60 minutos de deshidratación osmótica debido a una gran fuerza impulsora entre la savia diluida de la fruta y la solución osmótica. Esto es seguido por velocidades más bajas a causa de la formación de una capa superficial sólida, que reduce la fuerza impulsora. La cinética típica de la deshidratación osmótica se representa en la Figura 6. La velocidad de ganancia de sólidos también parece comportarse de manera similar en la mayoría de los casos. Sin embargo, depende del tamaño del soluto y la permeabilidad de la membrana del alimento (Sharma *et al.*, 2003). La cinética de la deshidratación osmótica se ha analizado en términos de velocidades desde varios puntos de vista como; pérdida de agua, ganancia de sólidos, cambio de volumen y pérdida de peso del alimento (Ccahuin, 2012). Los factores más importantes que se toman en cuenta al analizar la cinética de deshidratación osmótica en el alimento y que fluyen a la hora de modelización son: la concentración, temperatura, las características de la materia prima (estructura, composición y tamaño de los trozos del producto) y la naturaleza del agente osmótico (Ccahuin, 2012).

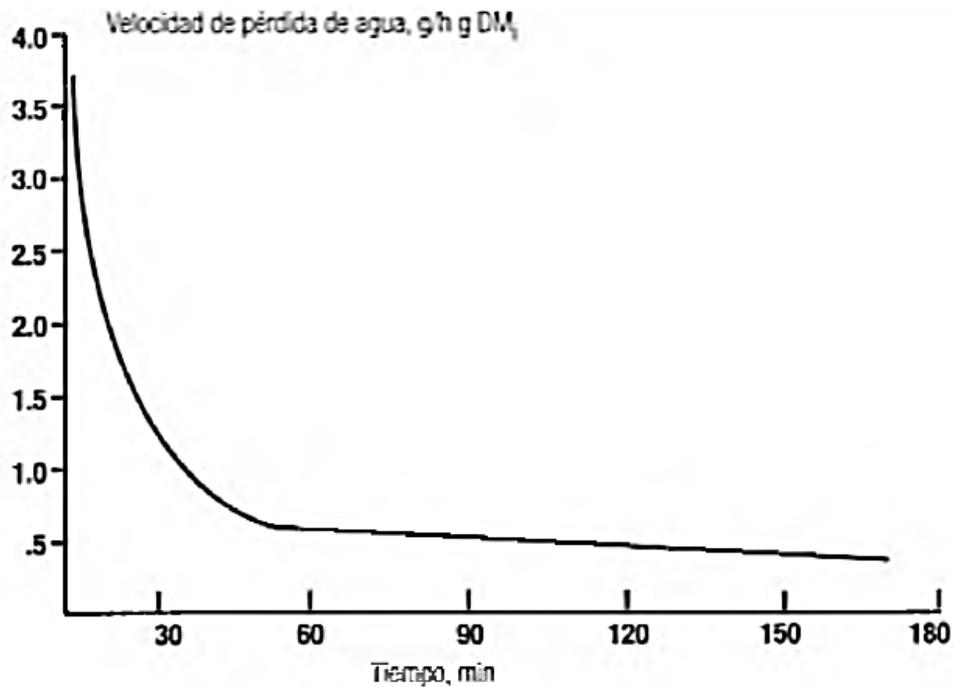


Figura 6. Ilustración de la velocidad de pérdida de agua durante la deshidratación osmótica de un material biológico (DM - materia seca inicial).

Fuente: Sharma *et al.*, 2003.

### 3.13 Mecanismos de transporte en tejidos vegetales

Los mecanismos al interior del tejido vegetal se pueden realizar por medio de un tejido sometido a tratamiento osmótico y están divididos por tres vías (Figura 7), los cuales se mencionan a continuación, (Coaquira-Calle, 2010)

- El transporte apoplástico, es realizado en el exterior de la membrana celular y se visualiza como una difusión de moléculas en la pared celular y los espacios intercelulares.
- El transporte simplástico, se realiza en el interior del plasmalema y es caracterizado por el movimiento de moléculas de una célula a otra a través de delgados conductos llamados plasmodesmos.

- El transporte a través de la membrana que tiene lugar en el mecanismo osmótico, es un intercambio entre el protoplasma y el espacio libre que comprende el espacio intercelular y la pared celular.

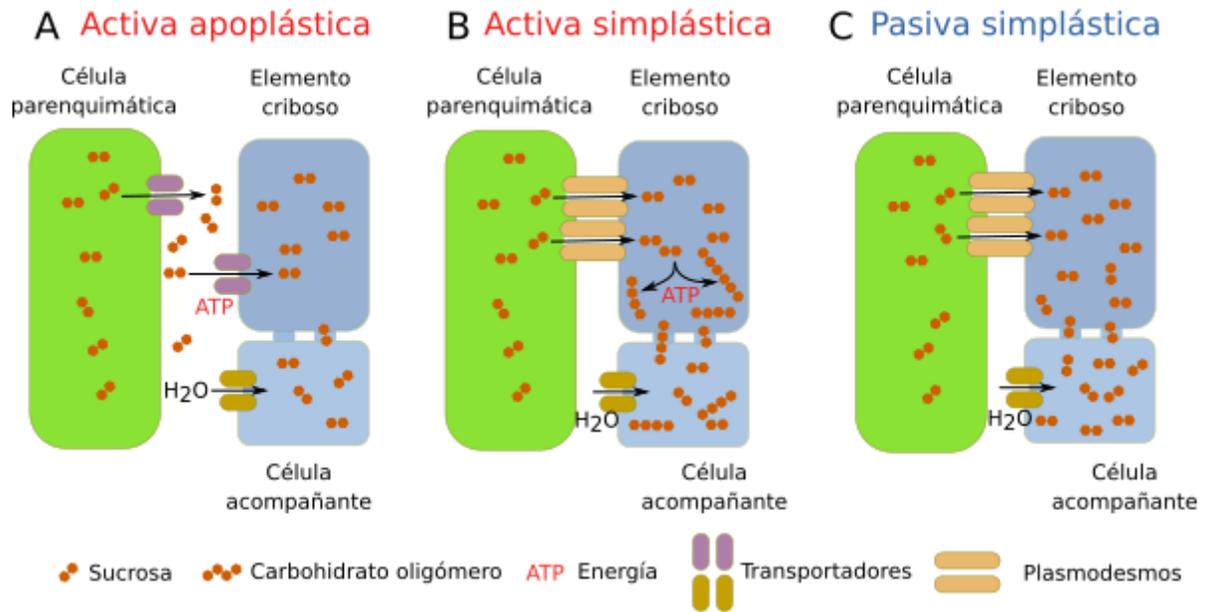


Figura 7. Mecanismo de transporte en tejidos vegetales.

Fuente: (Liesche J, 2017)

### **3.14 Transferencia de masa**

La transferencia de masa es una operación unitaria que intervienen en la destilación, absorción, secado y extracción de líquido-líquido, por lo que, cuando se está transfiriendo masa de una fase a otra o a través de una sola fase, el mecanismo básico será el mismo ya sea que se trate de gases líquidos o sólidos. En la transferencia de masa existen dos flujos muy importantes que se ven involucrados en la deshidratación osmótica, el primero es el movimiento de agua desde el producto hacia el medio y el segundo, es el flujo de solutos del medio hacia el tejido alimentario (Yucra, 2015).

### **3.15 Difusión**

Es el movimiento de partículas de un área de alta concentración a un área donde están en menor concentración hasta lograr que estén repartidas uniformemente [Crank (1956) mencionado por (Coaquira-Calle, 2010)]. Cuando las moléculas se han dispersado ya no existe el gradiente de concentración y se ha alcanzado un estado de equilibrio y la difusión se detiene (Angulo, 2007). La membrana permeable puede llegar a permitir el paso de partículas y disolventes siempre a favor del gradiente de concentración (Coaquira-Calle, 2010). La difusión depende de la temperatura y del tamaño de las moléculas envueltas en el proceso, por lo contrario, se difunden más rápido a temperaturas altas, por lo que las moléculas pequeñas se difunden más rápido que las grandes.

### **3.16 Difusión molecular**

Es la transferencia de las moléculas individuales y desordenadas, puesto que las moléculas se desplazan en trayectoria al azar (Yucra, 2015). Si una solución es completamente uniforme de sus componentes, no ocurre ninguna alteración, en cambio, si no es uniforme, alcanzará espontáneamente uniformidad por difusión, por lo que las sustancias se moverán de un punto de elevada a otro de baja concentración (Ccahuin (2012). Lenart y Flink (1984) mencionado por Yucra (2015) mencionan que las características particulares del alimento especialmente de la porosidad, afectan a los mecanismos de transporte implicados en la deshidratación osmótica, cuando mayor sea la porosidad del fruto mayor es la ganancia de sólidos, por ende, la difusividad efectiva será menor.

### **3.17 Transferencia de masa en la deshidratación osmótica**

Es un fenómeno de transporte y se reproduce a través de las membranas celulares semipermeables, por causa de una gradiente de concentración (Pastes, 2019). Las diversas operaciones de transferencia de masa en la elaboración y almacenamiento de las frutas y verduras generalmente son difíciles debido a la complejidad de la estructura de los alimentos y sus características físicas, químicas y biológicas, Estas incluyen el traslado de humedad, difusión de los solutos, la difusión en alimentos porosos y la difusión de compuestos aromáticos [Rao (2014) mencionado por Fernández (2019)].

### **3.18 Factores que afectan la transferencia de masa**

La transferencia de masa cuenta con factores como la temperatura, presión, el grado de agitación del medio, la concentración de la solución osmodeshidratante, la estructura, la forma y el tamaño del alimento (Arias *et al.*, 2017)

- **Temperatura**

Lazarides (1995) mencionado por Ccahuin (2012) señala que el incremento de la temperatura en el proceso puede provocar un aumento de la velocidad de transferencia de materia, en lo que se refiere a la salida de agua como a la entrada de sólidos solubles. Las temperaturas comprendidas entre 20 y 40 °C se consideran como las más óptimas porque no afectan la integridad de los tejidos, conservan la calidad nutricional del alimento y son las de mayor interés a nivel económico (Ccahuin, 2012). Generalmente al elevar la temperatura se estimula el movimiento molecular y aumenta la permeabilidad celular, de tal forma que se produce un aumento en la velocidad de transferencia de masa, con lo que la influencia de la temperatura no es uniforme en cualquier intervalo (Coaquira, 2010).

- **Presión**

En el proceso de deshidratación osmótica, la presión es un factor muy importante porque va ligada a la porosidad del alimento a deshidratar. Esta variable puede desempeñar un papel muy importante influyendo en la cinética de transporte de materia del mismo (Ccahuin, 2012).

- **Agitación**

La agitación en el sistema produce un aumento en la velocidad de deshidratación. A medida que avanza el tiempo de contacto del fruto con el jarabe, esta se va rodeando de la propia agua que lixivia, la cual se va difundiendo lentamente en el jarabe concentrado. Si el sistema es agitado, el agua que sale es retirada del contacto con la pared de la fruta y esta será reemplazada por jarabe concentrado que permitirá un nuevo establecimiento de una alta diferencia de concentración, además de un aumento en la

velocidad de deshidratación, [Camacho (2003) mencionado por Coaquira (2010) y Ccahuin (2012).

### **3.19 Deshidratación**

García (2010) y Lucio (2016) señalan que la deshidratación es un proceso que permite reducir la cantidad de agua del alimento para alargar su vida de anaquel, evitando la contaminación microbiológica. Sus principales ventajas son: disminución de costos de empaque, producción de materias primas de calidad, disminución del peso y volumen, por ende, facilidad en el transporte de los productos.

#### **3.19.1 Factores que afectan la deshidratación**

Al deshidratar los alimentos, la velocidad de proceso de secado depende de los siguientes factores:

- **Temperatura del aire:** Conforme se incrementa su valor se acelera la eliminación de humedad. La temperatura a trabajar se lleva a cabo tomando en consideración el fruto que se va a someter al proceso (Ramos, 2013 y García, 2010). Para la mayoría de los alimentos la temperatura de la deshidratación no debe exceder los 70°C (Bastidas, 2017), esto permite retener sus nutrientes.
- **Humedad relativa del aire:** Es la razón de la presión de vapor de agua presentes en ese momento. Generalmente, el valor se expresa en porcentaje, cuando la temperatura del aire de deshidratación es alta y su humedad relativa es baja, existe el riesgo de que la humedad de la superficie se elimine más rápido. Cuanto más seco esté el aire, mayor será la velocidad de deshidratación por lo que aumenta la fuerza impulsora para el transporte de masa.

- **Velocidad del aire:** Su función es transmitir la energía requerida para calentar el agua contenida en el fruto, facilitando su evaporación y ayuda a transportar la humedad saliente del material. A medida que aumenta la velocidad del aire disminuye el espesor de la capa límite, mayor será la tasa de evaporación y menor el tiempo de deshidratación y viceversa, si disminuye la velocidad del aire la tasa de evaporación disminuye y el tiempo de deshidratación aumenta. A nivel industrial el deshidratado se lleva a cabo empleando velocidades de aire entre 1.5 y 2.5 m/s. [Bastidas (2017), García (2010) y Ramos (2013)].
- **Agua en los alimentos:** Es el contenido de humedad en los alimentos hace referencia a toda el agua que este tiene. La humedad de los alimentos es retenida en dos formas, como agua “ligada” y agua libre. El agua “ligada” ejerce presión de vapor de equilibrio menor que el agua libre a la misma temperatura. El agua libre podría ser absorbida dentro de las paredes fibrosas o por combinación física/química con el sólido (Ramos, 2013).

### 3.20 Deshidratado por convección

La capacidad del aire para eliminar el agua de un alimento depende de su temperatura y del agua que contiene este, que se expresa como humedad absoluta (HA) en kg; humedad relativa (HR) en porcentaje, que representan la relación existente entre la presión parcial del vapor de agua en el aire y la presión de vapor de saturación a la misma temperatura multiplicado por cien. El proceso implica simplemente el hacer pasar alrededor del alimento una corriente de aire caliente la cual elimina el agua que se encuentra dentro y en la superficie del alimento, este tipo de proceso es el menos complejo y uno de los más baratos por eso se hace tan aplicable a muchos tipos de producciones (Augusto, 2007).

### 3.20.1 Ventajas y desventajas del deshidratado convectivo

A continuación, se presentan las Ventajas y desventajas del deshidratado convectivo.

#### **Ventajas**

- Es uno de los métodos más utilizados por su simplicidad y eficiencia
- Comparada con otras técnicas como la deshidratación osmótica, la disminución de agua se alcanza de forma más rápida (Rodríguez, 2013).
- Las velocidades altas disminuyen en cuanto mayor es el espesor del fruto, menor el contenido de agua inicial y la temperatura de bulbo seco inicial (García, 2010).
- La reducción de humedad del alimento impide el crecimiento microbiano [Doymaz-Pala (2003) mencionado por Castelo (2017)].
- Permite reducir el peso y el volumen del fruto por eliminación del contenido acuoso, por lo que, reduce costos de manejo, embalaje, almacenamiento y transporte (Rodríguez, 2013).
- Puede ser utilizado como una operación final para obtener un alimento seguro libre de microorganismos pero que conserve sus propiedades nutricionales del producto fresco (Rodríguez, 2013).

## **Desventajas**

- A altas temperaturas se puede provocar un deterioro en el color, sabor y valor nutricional (Rodríguez, 2013), así mismo el pardeamiento enzimático que se debe a la oxidasa provoca un oscurecimiento en la parte externa de los alimentos (Castelo,2017).
- Su elevado costo dependiendo de la humedad inicial del alimento, la temperatura de secado, la humedad relativa y la velocidad del aire [ Maldonado *et al.* (2003) mencionado por Castelo (2017) y Rodríguez, (2013)]

### **3.21 Curvas de secado**

La deshidratación o secado de los alimentos es un fenómeno complejo que implica procesos de transferencia de cantidad de movimiento, calor y masa. Todas las operaciones de secado dependen de la aplicación de calor para vaporizar el agua o los constituyentes volátiles. El mecanismo que regula el secado de un producto en forma de partículas depende de la estructura de éste y de los parámetros de secado como contenido de humedad, dimensiones del producto, temperatura del medio de calentamiento, velocidades de transferencia superficiales y contenido de humedad en equilibrio. Todos los materiales sólidos presentan cierto contenido de humedad en equilibrio cuando se ponen en contacto con el aire a una temperatura y humedades particulares. En consecuencia, los materiales tienden a perder o ganar humedad durante un periodo para que alcancen este valor de equilibrio. Si la temperatura o la humedad del aire cambia, entonces se pierde o gana humedad hasta que se alcanza un nuevo valor de equilibrio (Sharma *et al.*, 2003).

### 3.21.1 Periodos de secado

El periodo de secado está dividido en tres fases: una fase inicial o de inducción (periodo A-B), velocidad de secado constante (B-C) y una o más fases de velocidad de secado decreciente (C-D; D-E) (Rodríguez, 2013).

- **Fase inicial o de inducción:** También conocida como velocidad de secado creciente. En esta fase se inicia el proceso de secado de manera que el alimento se calienta y aumenta la temperatura de la interface, produciéndose una adaptación del producto a las condiciones de secado. Depende de numerosos factores y su tiempo será función del contenido inicial del agua del sólido. Su presión de vapor es baja, por lo tanto, la velocidad de transferencia de masa es muy lenta [López (2017) y Bastidas (2017)].
- **Velocidad de secado constante (A-B):** El periodo de velocidad de secado constante (figura 8, sección AB) se caracteriza por la evaporación de humedad a partir de una superficie saturada: incluye la difusión de vapor de agua desde una superficie saturada del material a través de una película delgada en el grueso del aire. El movimiento de humedad dentro del sólido es suficiente para mantener una condición saturada en la superficie y la velocidad de secado es, por lo tanto, controlada por la velocidad de transferencia de calor a la superficie. La temperatura en la superficie permanece constante y alcanza la temperatura de bulbo húmedo. Sin embargo, la velocidad de secado podría aumentar por transferencia de calor adicional por medio de conducción, o radiación, lo que eleva la temperatura de la superficie por arriba de la temperatura de bulbo húmedo. El secado de velocidad constante equivale fundamentalmente a evaporación a partir de un cuerpo de agua y es independiente del tipo de sólidos (Sharma

*et al.*, 2003). Se produce en corto tiempo y el agua se evapora libremente desde la superficie del sólido por mecanismos de difusión. Dicho periodo es en el que se produce la mayor parte del secado. El flujo de humedad no afecta a la velocidad de secado y el aire es el entorno secante, el cual impone la velocidad de secado que se incrementa por medio de la temperatura (Bastidas, 2017).

- **Periodo de velocidad decreciente B-C:** Al final del periodo de velocidad constante, el punto B se denomina “contenido crítico de humedad”. En este punto, la superficie del sólido ya no está saturada y aparecen puntos secos. Por tanto, el área húmeda exterior podría reducirse progresivamente, y la velocidad de secado disminuye. Los alimentos no higroscópicos podrían tener un solo periodo de velocidad decreciente, en tanto que los alimentos higroscópicos presentan dos periodos de disminución de la velocidad. La velocidad de secado depende de los factores que afectan la difusión de la humedad lejos de la superficie de evaporación y la velocidad de movimiento interno de humedad. El punto C representa una condición en la que la película superficial original se ha evaporado completamente, y más allá de este punto, la velocidad de secado es controlada por la velocidad de movimiento de humedad a través del sólido. El periodo de velocidad decreciente es por lo general el periodo más largo de una operación de secado, y en algunos alimentos como granos en deshidratación. donde el contenido inicial de humedad se halla por abajo del contenido crítico de humedad, el periodo de velocidad decreciente es sólo una parte de la curva de secado que se observa (Figura 8. Sección BC). En el periodo de velocidad decreciente, la velocidad de secado depende principalmente de la temperatura del aire y el espesor del lecho de alimento. No es afectada por la humedad relativa (excepto en el contenido de humedad en equilibrio) y

la velocidad del aire. En consecuencia, la temperatura del aire es regulada durante el periodo de velocidad decreciente, mientras que la velocidad del aire y la temperatura son más importantes durante el periodo de velocidad constante (Sharma *et al.*, 2003) y (López, 2017).

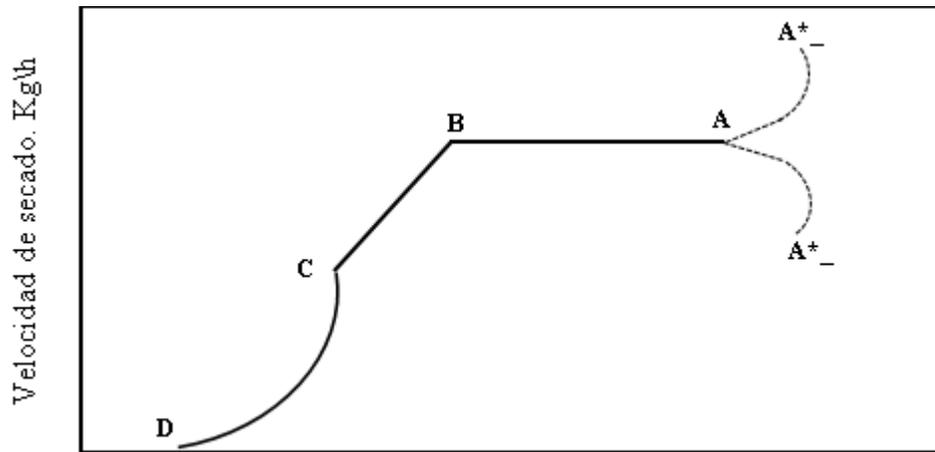


Figura 8. Curva típica de secado para un material alimenticio higroscópico ( $AB =$  periodo de velocidad constante;  $B =$  contenido crítico de humedad;  $BC =$  periodo de velocidad decreciente).

Fuente: Sharma *et al.*, (2003).

### **3.22 Cinética de secado**

La cinética de secado depende de la humedad del alimento y de la intensidad de evaporación con el tiempo (Ayma, 2019). Es de gran utilidad, ya que permite el estudio de proceso de secado bajo condiciones controladas. La descripción de la cinética de secado está contemplada por movimiento de la humedad, este ocurre durante el secado como líquido, vapor o ambos dentro del sólido, por difusión dentro del sólido, este es caracterizado de los materiales que se secan lentamente y por el modelo del flujo capilar que se puede suponer que un lecho empacado de esferas no porosas contienen espacios vacíos entre esferas que se llaman poros, es decir, a medida que se evapora el agua, las fuerzas capilares se ponen en acción debido a la tensión interracial entre la humedad y el sólido (Ramos, 2013).

### **3.23 Evaluación sensorial**

Hernández, (2005) señala que la evaluación sensorial o análisis de los alimentos brinda información sobre los gustos, preferencia y requisitos de aceptabilidad, se logra empleando métodos de análisis adaptados a las necesidades del consumidor y evaluaciones sensoriales con panelistas entrenados y no entrenados. Es utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído (Alarcón, 2005).

### 3.23.1 Prueba de Ordenamiento

La prueba consiste en colocar dos o más muestras de manera desordenada, y el juez debe ordenarlas de menor a mayor o viceversa de acuerdo con un atributo dado. El número de muestras se limita por la naturaleza del estímulo, el órgano de los sentidos que interviene en la evaluación y/o el nivel de entrenamiento de los jueces, hay que tener en cuenta que no se pueden suministrar un número excesivo de ellas porque origina fatiga sensorial (Alarcón, 2005). Se aplica para medir el tiempo de vida útil de los productos. Mejorar el producto y Cambiar tecnología (Alarcón, 2005).

Procedimiento a seguir para evaluación sensorial de Ordenamiento es el siguiente:

- Asignar puntuaciones a las muestras según el orden que se le haya dado.
- Obtener suma total de puntos para cada tratamiento, después que han sido ordenados.
- Calcular el valor de Ji cuadrado experimental, según la fórmula siguiente:

$$\chi^2_{\text{exp}} = \frac{12}{nK(K+1)} \sum_{i=1}^K R_i^2 - 3n(K+1)$$

n= número de juicios totales.

K= número de tratamientos.

R<sub>i</sub>= suma de puntos totales por muestra

- Buscar  $\chi^2_{\text{tab}}$  en la tabla correspondiente para un nivel de significación elegido y K-1 grados de libertad.
- Comparar  $\chi^2_{\text{exp}}$  con  $\chi^2_{\text{tab}}$ .

- Si  $\chi^2_{exp} > \chi^2_{tab}$  " No hay diferencia entre las muestras para un determinado nivel de significación.
- Si  $\chi^2_{exp} > \chi^2_{tab}$  " Hay diferencia entre las muestras para un determinado nivel de significación.
- Si no hay diferencia entre las muestras se concluye el análisis, de lo contrario es necesario precisar cuáles son los tratamientos diferentes, de ahí que sea necesario calcular la diferencia mínima significativa (DMS). Como se muestra en la formula.

$$DMS = Q \sqrt{\frac{nK(K+1)}{12}}$$

Q= Valor tabulado según K y nivel de significación establecido.

n= número de juicios totales.

K= número de tratamientos.

- Se determina el valor modular de la diferencia de puntuación total de los tratamientos, realizando todas las combinaciones posibles y se compara con el valor de DMS calculado.
- Si  $|R_{i1} - R_{i2}| > DMS$  "Hay diferencia significativa para el valor de alfa elegido.
- Si  $|R_{i1} - R_{i2}| < DMS$  "No hay diferencia significativa para el valor de alfa elegido (Espinosa, 2006).

### **3.23.2 Prueba de perfil de sabor (A.D.C)**

Esta prueba fue ideada por Little (1940), es un método cualitativo y semi cuantitativo que consiste en describir el olor y sabor integral de un producto, así como sus atributos individuales. A través de él se definen el orden de aparición de cada atributo, grado de intensidad de cada uno de ellos, sabor residual y amplitud o impresión general del sabor y el olor. El método tiene una amplia aplicación; puede ser utilizado en control de calidad, estudios de estabilidad, mejoramiento de productos y caracterización de los mismos. Permite obtener un cuadro sensorial completo de todos los componentes del aroma y sabor del alimento estudiado. Los jueces que realicen la prueba tienen que ser altamente adiestrados no solo en el producto que evalúan sino también en el método. Los resultados que se obtienen al efectuar la prueba se procesan estadísticamente y además se representan gráficamente mediante líneas que representan los términos descritos. Dichas líneas se colocan simétricamente separadas y la extensión de cada una se corresponde con la escala de intensidad utilizada. Una gráfica puede representar más de una muestra, siempre que las líneas descriptoras se identifiquen adecuadamente para cada muestra y no origine confusiones (Figura 9).

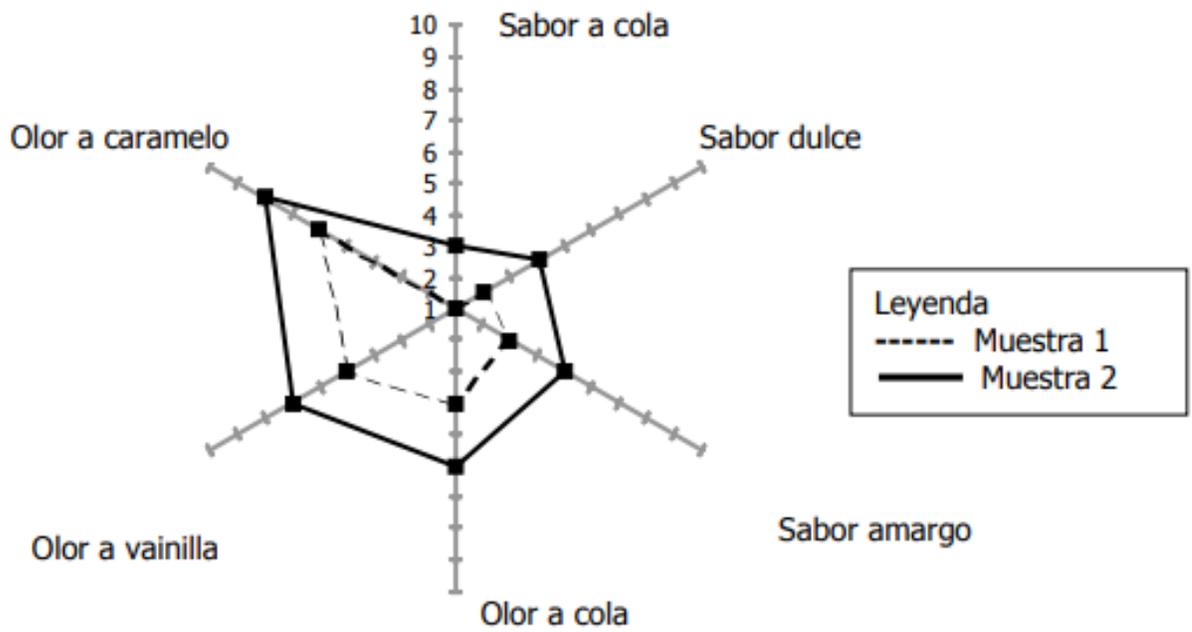


Figura 9. Representación gráfica de un perfil de sabor.

Fuente: Manfugas, (2007).

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 Localización del sitio experimental**

El presente trabajo se realizó en el Taller de Industrias Alimentarias del Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio, ubicado en carretera – San Juan Ixcaquixtla km 5.5, unidad tecnológica, C.P. 74949 Acatlán de Osorio, Puebla, México. Con coordenadas geográficas 18° 13' 28'' LN y 98° 02' 19'' LW, a 1211 msnm, con una temperatura anual de 24.2 °C y clima seco, semiárido con lluvias en verano.

### **4.2 Obtención de la materia prima**

El mango (*Mangifera indica L.*) de la variedad criolla, se recolectó de huertos familiares ubicados en las comunidades de Tetelcingo, Tianguistengo y Amatitlán. El fruto recolectado fue seleccionado en dos fases de maduración, verde y pintón (Figura 10.), basado en la coloración de la cáscara y firmeza de su pulpa, con un contenido de sólidos solubles totales de 9-13 °Brix, en estos dos estados de madurez, previos a la madurez fisiológica óptima (madurez de consumo), aún no se tiene lugar las modificaciones en las redes de polímeros que constituyen la pared celular y que provocan el ablandamiento del fruto.

Los mangos fueron almacenados a temperatura ambiente hasta su procesamiento, por un periodo de tiempo no mayor a tres días.



*Figura 10.*Muestras de mango criollo (*Mangifera indica* L) en dos estados de madurez verde y pintón.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Los frutos de mango en ambos estados de madurez se lavaron con solución de 200 ppm de hipoclorito de sodio para eliminar rastros de tierra, insectos e impurezas, se secaron con servitoallas para eliminar exceso de solución. Se utilizaron peladores de verdura para separar la cáscara de la pulpa (Figura 11, letra a), posteriormente, con la ayuda de un rebanador metálico se cortaron rodajas con un espesor de aproximadamente 1 cm, ver (Figura.11, letra b). Las rebanadas fueron inmersas en una solución de ácido cítrico (0.05 %, p/v) con la finalidad de inactivar la acción de enzimas pectinasas, para luego, ser remojadas en una solución de metabisulfito de sodio (0.1%. p/v) durante 30 minutos, con la finalidad de blanquearla y evitar la oxidación; después fueron secados con papel absorbente.

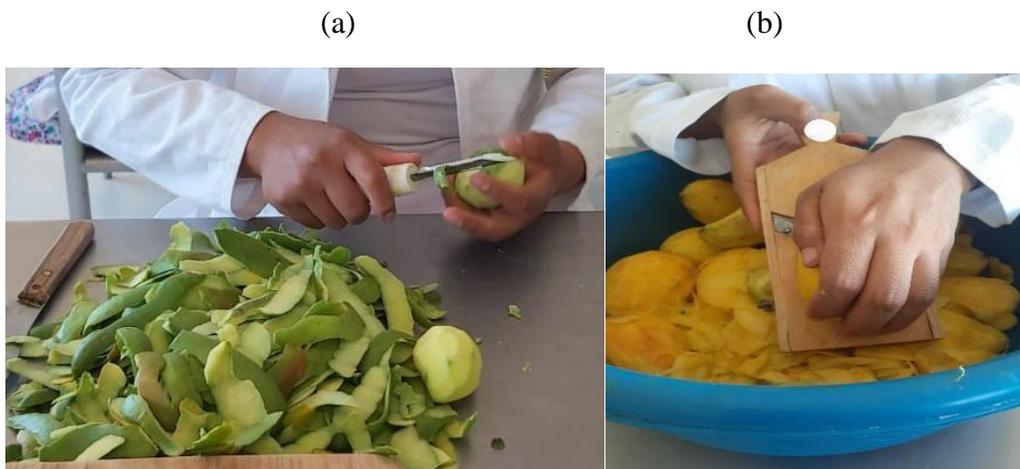


Figura 11. Pelado de los frutos (a) y (b) cortado de rodajas de mango criollo (*Mangifera Indica.*).

Fuente: Elaboración propia, 2022.

### 4.3 Preparación de soluciones

Se preparó la solución osmodeshidratante a 70%(p-p) a partir de la disolución de sacarosa en agua purificada, una vez mezclando el soluto y el solvente, se llevaron a calentamiento hasta ebullición durante un minuto, con la finalidad de disolver totalmente la sacarosa. La solución se dejó enfriar hasta temperatura ambiente, y se le adicionó ácido cítrico en una concentración de 0.2 % (p/p), como inhibidor enzimático y 0.1% de benzoato de sodio de grado alimenticio (98%) para evitar la fermentación durante el deshidratado osmótico.

Para la fortificación de las soluciones osmodeshidratantes se adicionó cloruro de calcio en cuatro concentraciones, 0.5, 1.5, 2.5 y 3.0 %. Para esto se tomó 50 ml del volumen de solución osmodeshidratante y se disolvió el soluto completamente, para después mezclarlos con el resto del jarabe.

#### 4.4 Deshidratado osmótico (D.O.)

Muestras de 100 g fueron sometidas a deshidratado osmótico en las soluciones de sacarosa y cloruro de calcio, en una relación de fruta- jarabe de 1:4, almacenadas en recipiente de plástico con tapa hermética a una temperatura ambiente (25-30 C), durante 0, 2, 4 y 8 horas, las muestras fueron drenadas del jarabe durante 10 minutos, para posteriormente eliminar el exceso del jarabe con papel absorbente, y determinar peso así como el contenido de sólidos solubles totales expresados en grados brix. Esto se realizó por duplicado.



*Figura 12.*Relación de fruta jarabe 1:4

Elaboración propia 2022.

##### 4.4.1 Cinética de deshidratado osmótico

A partir de la pérdida porcentual de agua, ganancia porcentual de sólidos, pérdida porcentual de masa, se realizaron las gráficas para evaluar la cinética de transferencia de masa a las 0, 2, 4, 6 y 8 horas de iniciado el proceso de deshidratado osmótico de mango criollo (*Mangifera indica L.*) en ambos estados de madurez.

#### 4.5 Deshidratado convectivo

A través de un deshidratador de charolas (Aresma, Modelo 100), Figura 13 se eliminó el agua hasta alcanzar un máximo de 5% de humedad final, para caracterizar la reducción de agua, expresada como porcentaje de humedad por hora. El deshidratado convectivo de las rodajas de mango criollo (*Mangifera indica L.*), hasta la humedad establecida, se consiguió en un tiempo de 8 horas, con una temperatura de 60 °C.



*Figura 13.* Deshidratador convectivo a través de un deshidratado de charolas modelo 100, marca aresma. Fuente:

Elaboración propia, 2022.

#### 4.6 Análisis sensorial

En este estudio se emplearon dos pruebas de evaluación sensorial, la primera corresponde a la prueba de ordenamiento para determinar la mejor formulación y la evaluación por atributos para caracterizar los tratamientos.

#### 4.6.1 Prueba de ordenamiento

Se realizó un análisis sensorial por ordenamiento para muestras de mango criollo (*Mangifera indica L*), en dos estados de madurez, deshidratadas osmóticamente y adicionado con  $\text{CaCl}_2$  en concentraciones, durante 8 h. La evaluación fue realizada usando un panel de 60 jueces no entrenados, con un rango de 18-50 años de edad, conformado por estudiantes y personal del “ITSAO”, a los cuales se les solicitó emplearán la papeleta diseñada (Figura 14) en la que se especificaba que ordenarán de mayor (4) a menor (1), según su aceptación de los cuatro tratamientos. Esto se realizó para los dos estados de maduración.

Nombre _____	Fecha _____			
Frente a usted hay 4 muestras, evalúe y ordene de manera descendiente según su sabor. Pruebe las muestras de izquierda a derecha, y coloque el numero 4 a la de mayor agrado y el numero 1 al de menor agrado. Realice un enjuague entre degustaciones.				
Muestras	952	593	291	624
Orden	1	3	2	4

Figura 14. Papeleta para prueba de ordenamiento.

Fuente: Elaboración propia 2022.

Una vez teniendo los resultados para ambos estados de madurez, se realizó un conteo para establecer la mejor formulación en cada estado de maduración.

#### 4.6.2 Prueba de atributos (ADC)

A través de un panel de siete catadores semi entrenados pertenecientes a la carrera ingeniería en industrias alimentarias del Instituto Tecnológico de Acatlán de Osorio, se realizó una evaluación sensorial de 11 atributos (olor a mango, color amarillo, color café claro, color café oscuro, sabor ácido, percepción agradable, sabor a mango, sabor dulce, crujiente y dureza)

empleando una escala hedónica de 0 a 10, donde 0=no se percibe ese atributo y 10=se percibe mucho ese atributo (Figura 15).

Los resultados obtenidos en el análisis sensorial fueron tratados mediante un diseño experimental empleando la prueba de Kruskal Wallis y una prueba de comparación de medias de Tukey, para establecer las diferencias de las medianas de las 7 repeticiones.



Figura 15. Papeleta para prueba de evaluación sensorial de atributos (ADC).

Fuente: Elaboración propia 2022.

#### 4.6.3 Análisis de datos

El análisis para determinar el efecto de las variables de mango deshidratado osmóticamente en los dos estados de madurez, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para un diseño completamente al azar. Para cada uno de los efectos se realizó la comparación de medias, usando la prueba de Tukey; el paquete estadístico que se utilizó fue Minitab (versión 17), considerando un valor de  $\text{Alpha} \leq 0.05$  como efecto significativo.

## 4.7 Variables de estudio

Con el propósito de evaluar la cinética de transferencia de masa y las características organolépticas de mango deshidratado a diversas condiciones de proceso se realizaron las siguientes mediciones por duplicado.

### 4.7.1 Variables de transferencia de masa

#### 4.7.1.1 Pérdida porcentual de agua

La determinación de humedad se realizó por medio de una termobalanza modelo VE50-5 (Figura 16), se colocaron en la charola de aluminio muestras de aproximadamente 3 g, y se empleó una temperatura de 100 °C, para determinar la humedad de las mismas. Esto se realizó a las 0, 2, 4, 6 y 8 h, con todas las muestras de los tratamientos.



Figura 16. Determinación de humedad por medio de una termobalanza, modelo VE-50-5).  
Fuente: Elaboración propia, 2022.

Los resultados del porcentaje de humedad fueron empleados para determinar la pérdida porcentual de agua a partir de la siguiente fórmula (Ecuación 1.) que fue empleada por Olmedo, (2008) y Yupanqui (2010).

$$PA = \frac{(P_o \times U_o) - (P_t \times U_t)}{P_o} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

PA= pérdida porcentual de agua

P<sub>o</sub>= peso del fruto al tiempo t=0 en g

P<sub>t</sub>= peso del fruto tratado al tiempo t en g

B<sub>o</sub>= °Brix del fruto al tiempo t=0

B<sub>t</sub>=°Brix del fruto tratado al tiempo t

U<sub>o</sub>= humedad del fruto al tiempo = 0

U<sub>t</sub>= humedad del fruto tratado al tiempo.

#### **4.7.1.2 Ganancia porcentual de sólidos solubles**

Aproximadamente 2g de muestra fueron triturados empleando un mortero de porcelana, el volumen necesario para determinación de los sólidos solubles totales se obtuvo al emplear una filtración con papel. Para la lectura del contenido de sólidos solubles en las muestras se empleó el refractómetro de escala 0-30 Brix. Esto se realizó a las 0, 2, 4, 6 y 8 h, con todas las muestras de los tratamientos.



*Figura 17.* Determinación de °Brix.

Fuente: Elaboración propia, 2022

La ganancia porcentual de sólidos se obtuvo a partir de la fórmula propuesta por Olmedo (2008) y Yupanqui (2010).

$$GS = \frac{(Pt \times Bt) - (Po \times Bo)}{Po} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

GS= ganancia porcentual de sólidos

Po= peso del fruto al tiempo t=0 en g

Pt= peso del fruto tratado al tiempo t en g

Bo= °Brix del fruto al tiempo t=0

Bt=°Brix del fruto tratado al tiempo t

Uo= humedad del fruto al tiempo = 0

Ut= humedad del fruto tratado al tiempo.

### 4.7.1.3 Pérdida porcentual de masa

Las muestras de cada tratamiento después de eliminar el exceso de solución osmótica fortificada con cloruro de calcio, se pesaron empleando la balanza analítica, marca Ohaus Scout, modelo H-7294. Esto se realizó a las 0, 2, 4, 6 y 8 h, con todas las muestras de los tratamientos.

La pérdida porcentual de masa se obtuvo a partir de la fórmula empleada por Coaquira-Calle (2010) y Yupanqui (2010).

$$PM = \frac{(P_o - P_t)}{P_o} \times 100 \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

PM= Pérdida porcentual de masa

P<sub>o</sub>= peso del fruto al tiempo t=0 en g

P<sub>t</sub>= peso del fruto tratado al tiempo t en g

B<sub>o</sub>= °Brix del fruto al tiempo t=0

B<sub>t</sub>=°Brix del fruto tratado al tiempo t

U<sub>o</sub>= humedad del fruto al tiempo = 0

U<sub>t</sub>= humedad del fruto tratado al tiempo.

## 4.8 Variables sensoriales

**Aroma a mango:** Sensación de olor que se percibe por vía nasal, dando un olor característico al del fruto del mango criollo (*Mangifera indica L*).

**Percepción ácida:** Generado por la presencia de los ácidos orgánicos presentes en la textura de los alimentos como; ácido cítrico, ácido tartárico presentes en la estructura del fruto y que se percibe con mayor intensidad en la punta de la lengua.

**Percepción agradable:** Describe la aceptabilidad de las muestras a partir de la percepción en su conjunto del olor, sabor, textura y color.

**Sabor mango:** Sabor percibido a lo más cercano de la fruta fresca.

**Sabor dulce:** Es parte de la aceptabilidad por los panelistas, dando una percepción dulce generado por la sacarosa en el deshidratado osmótico.

**Textura crujiente:** Atributo relacionado con la fuerza necesaria para romper el producto en pedazos. Se evaluó apretando vitalmente la muestra entre los dientes o los dedos.

**Dureza:** Atributo relacionado con la fuerza requerida para lograr una deformación de la muestra. En la boca, se logra percibir por la compresión de la muestra entre los molares.

**Color amarillo:** El color amarillo se percibe por la retina por los rayos de la luz de varias longitudes de onda, siendo un color amarillo característico al del mango criollo (*Mangifera indica* L).

**Color café claro:** Hace referencia a las manchas color café claro que se encuentran en la superficie de las muestras.

**Color café oscuro:** Atributo relacionado con el atributo color café claro, siendo este un color café oscuro presentes en la superficie de las muestras.

#### **4.9 Diseño experimental**

Para estimar el efecto del estado de madurez y la concentración de cloruro de calcio en las soluciones osmodeshidratantes de sacarosa a 70 °Brix sobre las variables de estudio, se utilizó un diseño experimental del tipo factorial con dos factores, con dos niveles de madurez (verde y

pintón) y cuatro niveles de fortificación de cloruro de calcio (0.5, 1.5, 2.5 y 3%) con un total de 8 unidades experimentales. En el Cuadro 7., se plantea el esquema del experimento.

Cuadro 7. *Esquema del diseño experimental para la osmodeshidratación de pulpa de mango criollo (Mangifera indica L.)*

Tratamiento	Descripción	
	Estado De Madurez	% Ca <sub>2</sub> Cl
1	Verde	0.5
2	Verde	1.5
3	Verde	2.5
4	Verde	3.0
5	Pintón	0.5
6	Pintón	1.5
7	Pintón	2.5
8	Pintón	3

Fuente: Elaboración propia 2022.

#### 4.10 Unidad experimental

Se utilizó como unidad experimental 100 g de pulpa de mango en estado de madurez, verde y pintón, las cuales fueron sometidas a deshidratación osmótica con soluciones de 0.5, 1.5, 2.5 y 3% de cloruro de calcio y posteriormente secadas con aire caliente.

#### 4.11 Análisis de datos

El análisis para determinar el efecto del estado de madurez y la concentración de cloruro de calcio sobre la pérdida porcentual de agua, pérdida porcentual de masa y ganancia porcentual de sólidos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el modelo lineal general

(G.M.L) para cada uno de los efectos se realizó la comparación de medias usando la prueba de comparación de Tukey.

Los datos fueron ajustados mediante el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk};$$

$$i = 1, 2, \dots, a; j = 1, 2, \dots, b; K = 1, 2, \dots, n$$

Donde:

$\mu$  = la mediana general,  $\alpha_i$  es el efecto debido al i-esimo nivel del factor A,

$\beta_j$ , = efecto del j-esimo nivel del factor B,

$(\alpha\beta)_{ij}$  = de interacción en la combinación ij y

$\varepsilon_{ijk}$  = error aleatorio que se supone sigue una distribución.

Para determinar el efecto de la concentración del cloruro de calcio y el estado de madurez sobre los atributos de los ocho tratamientos fortificados con cloruro de calcio se empleó la prueba de Kruskal-Wallis, cuyo estadístico se ajusta al siguiente modelo:

$$W = \left[ \left( \frac{12}{N(N+1)} \right) \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(N+1)$$

Ecuación 4.

Donde:

k = número de poblaciones

$n_i$  = número de elementos

$N = \sum n_i$  = número total de los elementos en todas las muestras

$R_i$  = suma de los rangos de la muestra  $i$ .

Todos los días se realizaron en el paquete estadístico Minitab (Versión 17). En todos los análisis, se consideró un valor de  $\text{Alpha} \leq 0.05$  como efecto significativo.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Cinética de la Deshidratación osmótica de mango criollo (*Mangifera Indica*) en dos estados de maduración fortificado con Cloruro de Calcio

#### 5.1.1 Pérdida porcentual de masa

En la Figura 18, se muestran las variaciones en la pérdida porcentual de masa a diferentes condiciones de tratamiento con respecto al tiempo. Se observa que a medida que el tiempo transcurre, los tratamientos incrementan la pérdida de peso, además se aprecia que la mayoría de los tratamientos tiene una reducción considerable alcanzadas las dos primeras horas de deshidratado osmótico (DO); conforme transcurre el tiempo, las pérdidas porcentual de masa son menores hasta alcanzar una mayor pérdida de peso a las 8 h de iniciado el proceso de DO, después de este tiempo, la pérdida de peso es menor, este comportamiento coincide con los resultados obtenidos por Rocca *et al.* (2011) en la deshidratación de papas por métodos combinados, empleando soluciones de sacarosa y  $\text{CaCl}_2$  (10% p/v) en los que se observó que existía una mayor pérdida de peso alrededor de los primeras dos horas de DO y la existencia de una correlación positiva de la concentración de sacarosa con la pérdida de peso.

Los resultados de la evaluación del efecto de la temperatura (30 , 40 y 50 °C) sobre la transferencia de agua durante la deshidratación osmótica de papa (*Solanum tuberosum L.*) publicados por Silva- Paz *et al.* (2014) y lo publicado por Yanqui- Calle *et al.* (2010) en la evaluación del efecto del estado de madurez (verde y pintón), concentración (50, 60 y 70°Brix) y temperatura (35 y 45°C) en la difusión efectiva de sacarosa en papaya (*Carica papaya L.*), coinciden con lo reportado en esta investigación.

Casillas-Paste (2019) evaluó el diseño del proceso de deshidratación osmótica para Cidrayota (*Sechium edule* var. *Virens levis*) en condiciones similares a esta investigación y observó la existencia de una tendencia hacia una mayor pérdida de peso de entre 25 a 35% desde los primeros treinta minutos hasta las 4 horas de inmersión, después de alcanzado este tiempo, el peso disminuyó lentamente hasta alcanzar un equilibrio llegadas las 6 horas de inmersión.

Con respecto al efecto de las concentraciones de cloruro de calcio en la solución osmótica para deshidratado de mango criollo, se puede apreciar que existe una mayor variación de pérdida de peso en los tratamientos con concentraciones mayores al 1% (Figura 18). Tal como se aprecia en la gráfica, las muestras de mango verde tienen una tendencia a presentar mayor pérdida de peso con soluciones hipertónicas de sacarosa fortificadas con 2.5% (p/p) de  $\text{CaCl}_2$ , mientras que para el mango pintón estos cambios de peso ocurrieron cuando se sometieron sus muestras a soluciones de sacarosa al 70°Brix y 3% (p/v) de cloruro de calcio. Este comportamiento coincide con la cinética de la pérdida de peso de la Cidrayota (*Sechium edule*) durante las seis horas de inmersión en una disolución de sacarosa de 55°Brix y con lo reportado por Rastogi *et al.* (2002, referenciado por Casillas-Pastes, 2019), que mencionan que la concentración de la solución osmótica afecta la deshidratación, ya que existe una relación proporcional de la concentración de soluto en las soluciones osmodeshidratantes y la disposición de pérdida de peso, esta última se incrementa ligeramente por la adición de sales de calcio, disminuyendo como consecuencia la ganancia de sólidos; este efecto se atribuye a una asociación de calcio (que penetra en la fruta) con pectinas de las paredes celulares, con lo que se fortalece la textura de la fruta (Casp y Abril, 1999) y puede ser considerada como fuente de calcio debido a que aumenta la concentración de este mineral, además, se crea un enlace tipo "unión cruzada" capaz de atenuar la difusión de

azúcares hacia la fruta debido a un aumento de la tortuosidad y de la viscosidad local (Schwartz, 1999).

El cloruro de calcio aumenta la presión osmótica haciendo que el agua salga desde el interior hacia el exterior de las membranas celulares de la matriz alimentaria (Carvajal *et al.*, 2001). Se ha comprobado que la adición de sustancias de bajo peso molecular tales como cloruro de sodio, ácido málico, ácido clorhídrico, y cloruro de calcio en concentraciones de 1 a 5% a soluciones de azúcar mejora el proceso de deshidratación osmótica (Espinoza *et al.*, 2006), debido a su efecto sinérgico entre el azúcar y la sal, los cuales actúan conjuntamente para aumentar la potencia de la deshidratación, además esta mezcla disminuye marcadamente la actividad acuosa del producto. Esto representa una ventaja en el proceso, ya que se pueden mejorar los niveles de deshidratación al mezclar el  $\text{CaCl}_2$  con los solutos tradicionalmente usados en deshidratación osmótica, como la sacarosa.

Con respecto al estado de maduración (verde y pintón) las muestras de mango verde sometidas al D.O. perdieron peso en mayor proporción que las del mango pintón, este comportamiento coincidió con lo reportado en la osmodeshidratación de rodajas (Yanqui- Calle *et al.*, 2010) y láminas (Chavarro-Castrillón, 2006) de papaya (*Carica papaya L.* var. maradol) en dos estados de madurez (verde y madura), en ambos casos se observó una mayor pérdida de peso en las muestras de papaya verde, este comportamiento se debe a que durante la transferencia de masa que ocurre en el proceso de DO, un factor determinante es la naturaleza, la estructura y / o geometría de tejido a deshidratar que está dada por la especie, la variedad o estado de madurez. Además, la diversidad que se presenta entre las diferentes frutas está en su mayor parte relacionada con la diferente compactación del tejido, en contenido inicial de sólidos solubles e insolubles, tamaño y distribución de los espacios intercelulares, la presencia de gas, la relación

entre las diferentes fracciones pectinas (pectina soluble, protopectina), el nivel de gelificación de pectina y la actividad enzimática de la fruta que se presenta en los diferentes estados de maduración (Vilca, 2015). La reducción de peso se considera un parámetro importante para medir la eficiencia del proceso osmótico (García-Pereída *et al.*, 2013 citado por Gallo *et al.*, 2015). Una alternativa que diversos autores han probado es la impregnación al vacío que permite un aumento en la tasa de la pérdida de peso relacionado con el agua y ganancia de sólidos ya que introduce cantidades controladas de una solución en la estructura porosa de frutas y verduras.

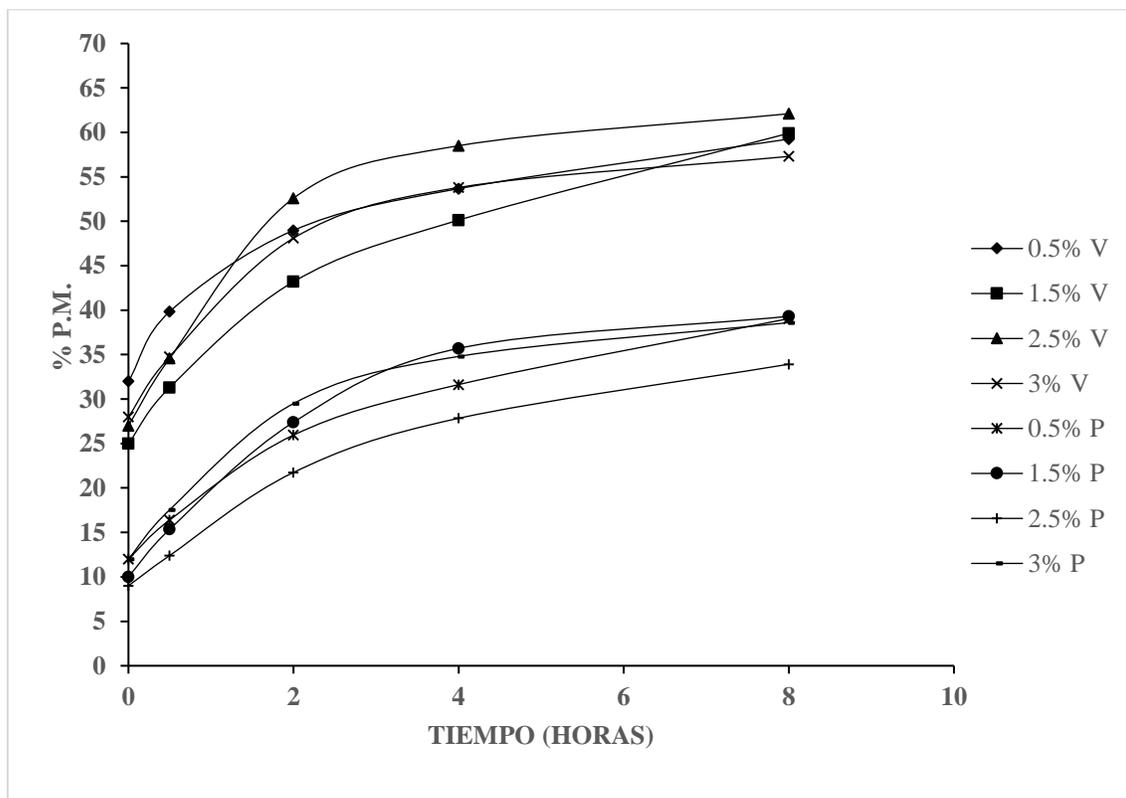


Figura 18. Cinética de Pérdida de Masa en Mango criollo en dos estados de madurez (verde y pintón).

Fuente: Elaboración propia, 2022.

## 5.2 Pérdida porcentual de agua

En la Figura 19 se muestran las diferentes variaciones en la pérdida porcentual de agua durante la cinética de la deshidratación osmótica de mango criollo (verde y pintón) en solución osmótica de sacarosa (70°Brix) con cuatro concentraciones de CaCl<sub>2</sub>, se observa que a medida que aumenta el tiempo de tratamiento se incrementa el porcentaje de la pérdida de agua hasta alcanzar las 8 h. Al igual que en la variación de masa, los cambios más drásticos se presentaron en las dos primeras horas del DO, después de ese tiempo las pérdidas de agua fueron más lentas. Los resultados publicados por Soto-Ramos (2013) en frutos, Yanqui & Maquera (2010) en papaya, Silva- Paz *et al.* (2014), en papa (*Solanum tuberosum L.*) y Vilca-Yucra (2015) en yacón (*Smallanthus sonchifolius*), Quispe-Ccahuin (2012) en papaya (*Carica papaya*) tuvieron comportamiento similares a lo reportado en esta investigación, en todas ellas, lo autores observaron que a medida que aumenta el tiempo de tratamiento se incrementa la pérdida de agua; de acuerdo a Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado (1996, citado por Pérez-Angulo, 2007), la mayor pérdida de agua por parte del alimento, en el proceso de deshidratación osmótica ocurre en las primeras seis horas, siendo las dos iniciales las de mayor velocidad de eliminación de agua, es decir, a mayor tiempo de tratamiento las muestras tienen mayor contenido de solutos y menor contenido de humedad, debido a que a mayor tiempo de contacto fruta-solución, mayor es la cantidad de agua que se remueve del alimento (Wais, 2011).

Para las muestras del mango en estado de madurez verde, las pérdidas de agua fueron similares entre los tratamientos sometidos a las soluciones de sacarosa a 70°Brix con cuatro concentraciones de CaCl<sub>2</sub> (0.5, 1.5, 2.5 y 3%) durante las 8 h de DO, sin embargo, con la concentración de 2.5% de CaCl<sub>2</sub> se obtuvo una mayor pérdida de agua; para el mango pintón las diferencias en las pérdidas porcentual de agua son más notables entre los tratamientos, siendo

la concentración de 3% de  $\text{CaCl}_2$  la que permitió mayor pérdida de agua durante la deshidratación.

Los resultados de esta investigación demostraron que, al aumentar la concentración de este soluto, la pérdida de agua aumento respecto a un testigo y que esta tendencia en la disminución de agua coincide con lo reportado por Gómez (2013) en la deshidratación osmótica con pulsos de vacío de láminas de mango (*Manguifera indica L. cv. Keitt*) y a lo encontrado en las hojuelas osmodeshidratadas de melocotón (Benavides, 2017), ambas fortificadas con cloruro de calcio en concentraciones similares a las empleadas en esta investigación. La pérdida de agua relacionado con la concentración de  $\text{CaCl}_2$  se debe a que este soluto, según Espinosa *et al.* (2006), aumenta la presión osmótica haciendo que el agua salga desde el interior hacia el exterior de las membranas celulares de la matriz alimentaria, aumentando ligeramente la pérdida de agua; el calcio que penetra a la matriz alimentaria de la fruta se asocia con la pectina de las paredes celulares fortaleciendo la textura de la fruta y creando una unión cruzada con esta última (Benavides, 2017, Espinoza *et al.*, 2006 y Calderón, 2019).

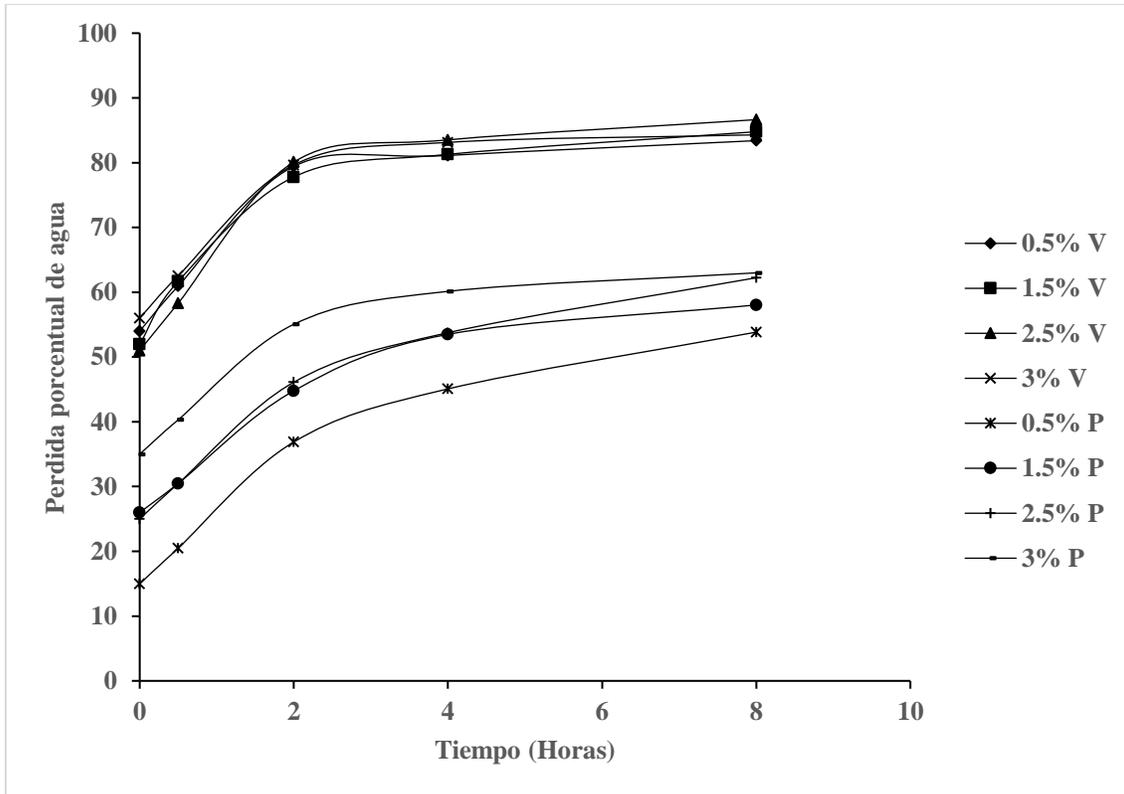


Figura 19. Cinética de Pérdida de Agua en Mango criollo en dos estados de madurez (verde y pintón).

Fuente: Elaboración propia, 2022.

### 5.3 Ganancia de Sólidos

Las variaciones en la ganancia de sólidos de las muestras de mango verde y pintón, sometidas a soluciones osmóticas de sacarosa (70°Brix) fortificadas con cuatro concentraciones de CaCl<sub>2</sub>, se presentan en la siguiente gráfica. Se observa que, a partir de los primeros 30 minutos de iniciado el proceso de D.O., en todas las muestras se acelera la ganancia de sólidos, estos resultados son semejantes a lo publicado por Casillas (2019) en el proceso de deshidratación osmótica de Cidrayota (*Sechium edule, var. virens levis*) y para el yacón (*smallanthus sonchifolius*) por Yanqui -Calle *et al.* (2010).

Transcurridos las cuatro primeras horas se observa un aumento en la ganancia de sólidos, la evolución de la ganancia de sólidos reportada en esta investigación es similar a lo publicado en la cinética de deshidratación osmótica de la manzana (*Malus domestica Borkh var. Anna*) por Lemus *et al.* (2010), en rodajas de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) por Vilca (2015), y por Coloma (2008), en la deshidratación de melón (*Cucumis melo var. cantaloupe*), comprobando que la velocidad de ganancia de sólidos se comporta igual que la velocidad de pérdida de agua, es decir, empieza de manera acelerada y luego decrece gradualmente en el transcurso del proceso, tal como ocurre en esta investigación.

En la ganancia de sólidos en relación a la concentración de cloruro de calcio presentes en las soluciones de sacarosa (70°Brix) se observó una correlación positiva, tal como se presentó en las láminas de mango (*Manguifera indica L. cv. Keitt*) por Gómez (2013). Para los mangos en estado de maduración verde, la concentración que permitió la mayor ganancia de sólidos fue de 1.5 % CaCl<sub>2</sub>, mientras que 2.5% fue eficiente para lograr el aumento de este atributo de respuesta.

Con respecto a la ganancia de sólidos y el estado de madurez, en la figura 20, se evidencia que las muestras de mango criollo pintón durante el período de D.O., presentaron una mayor ganancia de sólidos, tal comportamiento coincide con lo reportado por Yanqui & Maquera (2010) en papaya (*Solanum tuberosum L.*) en estado de madurez pintón, esta diferencia en la ganancia de sólidos se debe al aumento de la porosidad, que se incrementa con la degradación de las fracciones pécticas que se presentan en los distintos grados de maduración; este aumento afecta de forma positiva al mecanismo de transporte implicado en la deshidratación osmótica, de tal forma que, cuanto mayor es la porosidad en la fruta mayor es la ganancia de sólidos,

observándose una gran variabilidad en la cantidad de azúcares y agua intercambiadas entre frutas de distintas especies y entre variedades de la misma especie.

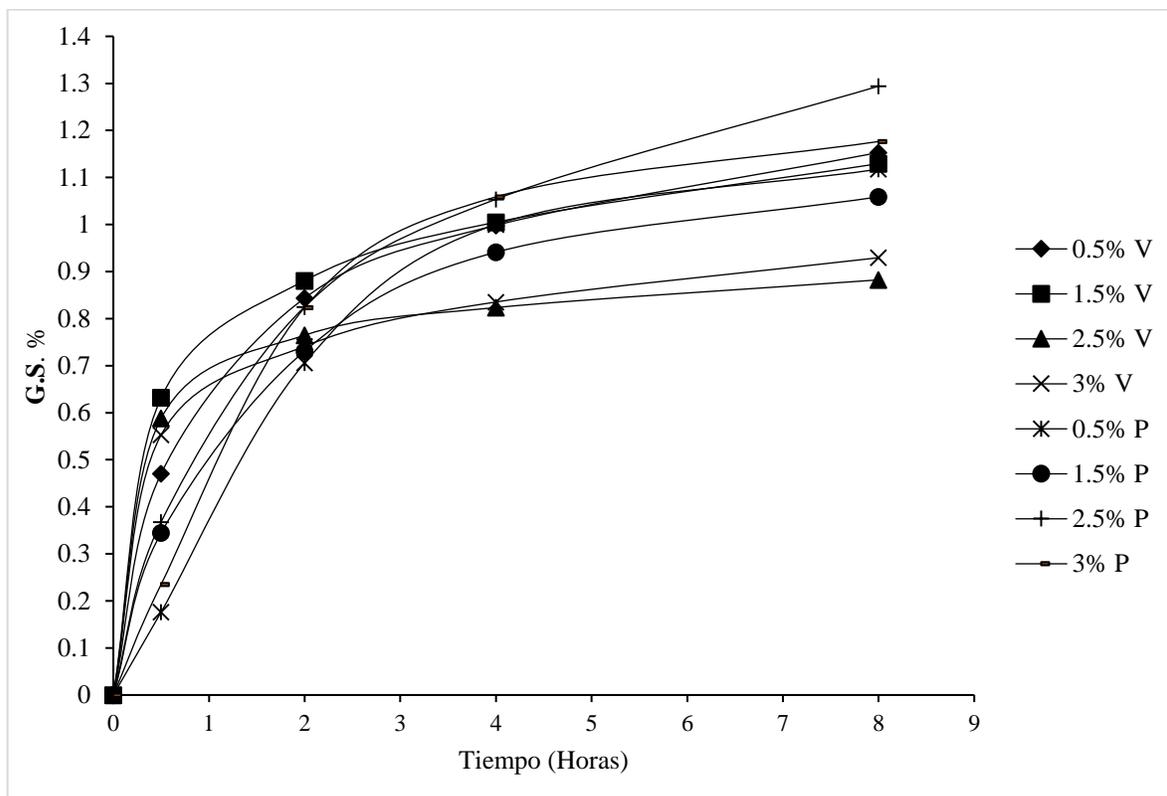


Figura 20. Ganancia de sólidos en la Cinética de Transferencia de Masa en Mango criollo en dos estados de madurez (verde y pintón).

Fuente: Elaboración propia, 2022.

#### 5.4 Curva de secado de mango criollo

En la Figura 21, se presentan las variaciones del contenido de humedad del mango deshidratado osmóticamente fortificado con  $\text{CaCl}_2$  a través del tiempo, empleando una temperatura de secado de  $60^\circ\text{C}$ . Durante las dos primeras horas, en todos los procesos de secado se observó una disminución significativa de la humedad, este comportamiento coincidió con el observado en láminas (García-Paternina *et al.*, 2015) y cubos (Zuluaga *et al.*, 2010) de mango (var. Tommy Atkins), manzana (Barraza-Jáuregui *et al.*, 2013) así como en papaya (El-Aouar

*et al.*, 2002), con tratamiento previo de osmodeshidratación. Para Zuluaga *et al.* (2010), esta disminución drástica se debe a que la superficie del mango está muy húmeda y sobre ella hay una película de agua continua, constituida por agua libre y que actúa como si el sólido no existiera, esto significa que, no hay una resistencia a la transferencia de masa del vapor por parte del producto.

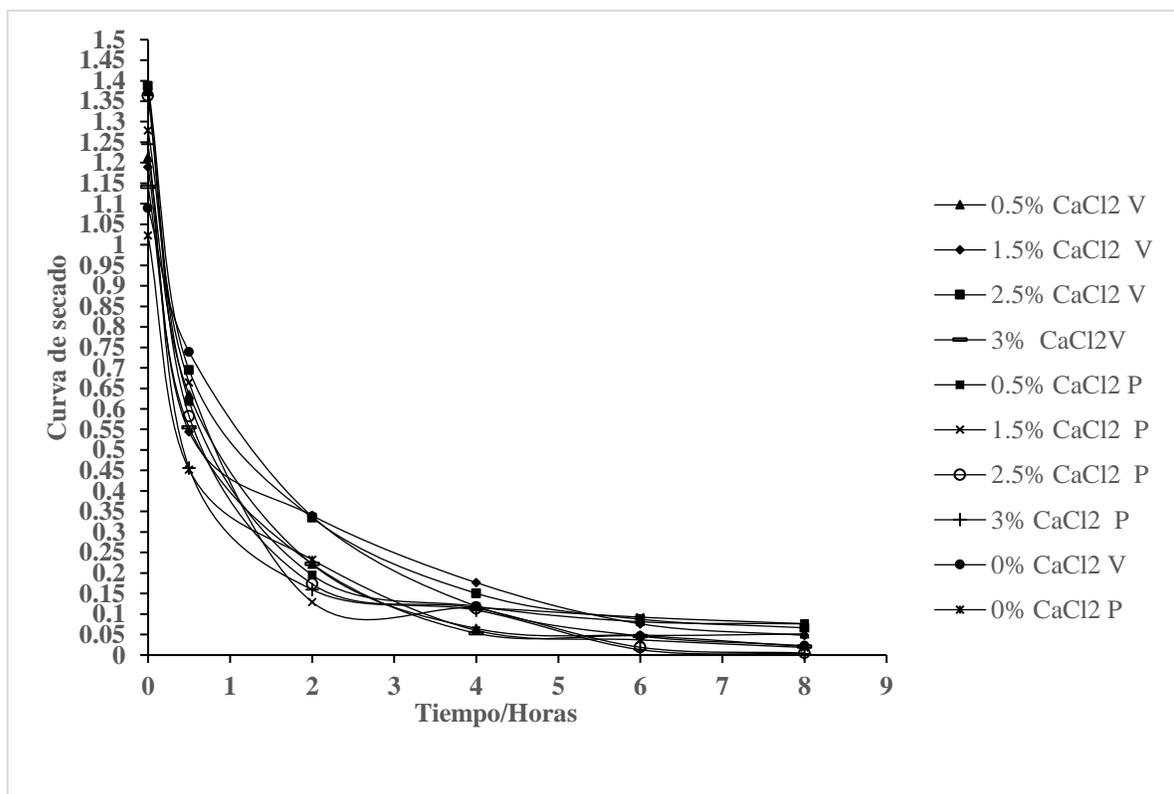
La humedad inicial fue similar para todos los tratamientos, se puede observar que la curva de secado de los tratamientos fortificados con  $\text{CaCl}_2$  para el estado de madurez pintón, desciende más rápidamente debido a que después del pretratamiento osmótico presentaron mayor contenido de humedad, lo que permite una mayor transferencia de humedad por difusión molecular. El punto de equilibrio de una muestra a una temperatura y humedad de aire determinada se alcanza cuando el contenido de humedad del material no cambia apreciablemente con el tiempo del proceso. Los tratamientos de mango pintón alcanzaron el punto de equilibrio más rápido (7 h) mientras que para las muestras del mango verde lo alcanzaron a las 8 h.

Después de las 6h de deshidratación osmótica de mango criollo, se observó como las curvas de secado descienden de forma lenta en ambos estados de maduración, causadas probablemente por la dificultad en la eliminación de agua debido a la formación de una corteza cristalina de solución osmótica residual en la superficie de la fruta, la cual dificulta la salida de la humedad del interior del mango (Zuluaga *et al.*, 2010; García-Paternina *et al.*, 2015).

Con respecto a la concentración de cloruro de calcio en los tratamientos, el proceso de difusión de agua para las muestras de mango pintón, pretratadas osmóticamente sin adición de cloruro de calcio, se efectuó más rápido alcanzada la primera hora de secado en el deshidratador de

charolas, en comparación con las muestras de mango criollo verde, cuyo punto de equilibrio se alcanzó a las dos horas de iniciado el proceso (Figura 21).

Las muestras fortificadas con menor concentración de este soluto perdieron mayor cantidad de humedad en las primeras dos horas de secado por convección, esto debido a que tiene mayor cantidad de agua libre. El punto de equilibrio para las muestras de 0.5% de  $\text{CaCl}_2$  para el estado de madurez verde se alcanza a las 7 h, mientras que para la concentración de 3% se alcanza a las 6 h, esto se debe a que el cloruro de calcio es una sal con mayor efecto positivo en la velocidad de secado, es decir, ayuda a tener una mayor remoción de agua, permitiendo que el proceso de secado sea más eficiente (Jara, 2008), es decir, la evaporación de la superficie mojada de la muestra se efectúa más rápido y así el agua menos ligada se efectúa por difusión rápida desde el interior, asimismo, por la composición molecular del cloruro de calcio es más fácil que capte las moléculas de agua haciéndolas más libres y fácil de eliminarlas.



*Figura 21.* Curva de secado en la Cinética de Transferencia de Masa en Mango criollo en dos estados de madurez (verde y pintón).

Fuente: Elaboración propia, 2022.

### **5.5 Efecto del estado de madurez y la concentración de Cloruro de Calcio sobre la pérdida porcentual de agua en la deshidratación osmótica de mango criollo (*Mangifera indica L.*)**

Existió una diferencia significativa en la pérdida porcentual de agua debido al estado de madurez ( $p=0.00$ ), y a la concentración de cloruro de calcio en las soluciones de sacarosa 70 Brix ( $p=0.02$ ), estos resultados se asemejan con lo publicado por Yanqui- Calle *et al.* (2010) en la evaluación del efecto del estado de madurez en papaya (verde y pintón), con Estaba *et al.* (2006) en el efecto de cloruro de calcio en mitades de durazno (*prunus persica*) y a lo reportado por Marcillo (2019), en el efecto de la deshidratación osmótica de hojuelas de zanahoria. Los resultados indican que el mayor porcentaje de pérdida de agua se dio en el estado de maduración verde y usando una concentración de 2.5% de Cloruro de calcio en las soluciones osmóticas (Figura 22). El análisis de varianza de la interacción de los dos factores demostró una diferencia significativa ( $p=0.020$ ) entre los tratamientos, mostrando que para el estado de madurez verde se pierde más agua empleando una concentración de 2.5% de  $\text{CaCl}_2$ , mientras que para los tratamientos de mango pintón esto ocurre usando una concentración de 2.5-3% de este soluto.

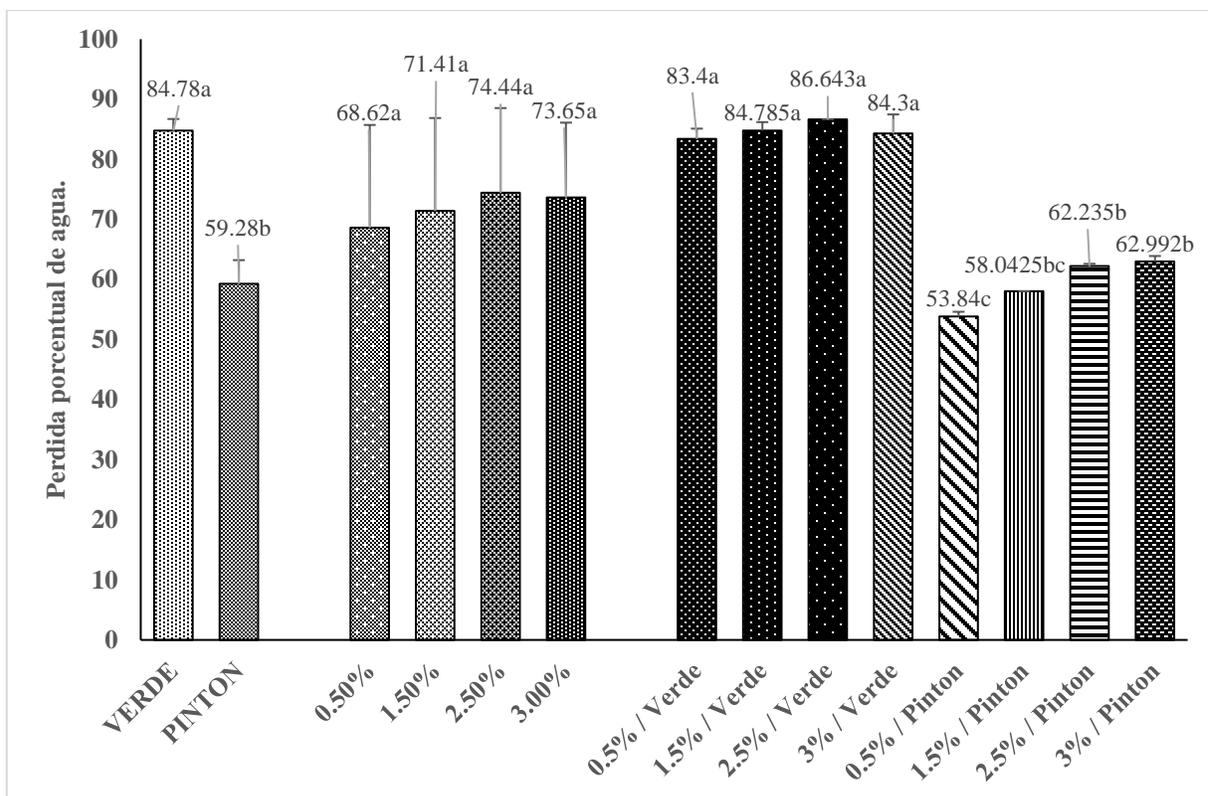


Figura 22. Efecto de la Pérdida porcentual de agua en la Cinética de Transferencia de Masa en Mango criollo en dos estados de madurez (verde y pintón).

Fuente: Elaboración propia, 2022.

### 5.6 Efecto del estado de madurez y la concentración de Cloruro de Calcio sobre la pérdida porcentual de masa en la deshidratación osmótica del mango criollo (*Mangifera indica L.*)

El análisis de varianza reveló que no existe diferencia significativa de la concentración de cloruro de calcio en las soluciones osmodeshidratantes sobre la pérdida porcentual de masa, a pesar de que no existieron diferencias significativas, el mayor porcentaje de pérdida de masa se obtiene en la concentración de 2.5%, estos resultados son semejantes con lo reportado por Casillas-Pastes (2019) en el proceso de deshidratación osmótica para cidrayota (*Secchium edule*) de la variedad virens levis.

El análisis estadístico demostró que existe diferencia significativa del estado de madurez del mango sobre la pérdida porcentual de masa ( $p=0.000$ ) esto resultados se relacionan a lo reportado por Yanqui- Calle *et al.* (2010) en la evaluación del efecto del estado de madurez (verde y pintón) en la osmodeshidratación de papaya (*Carica papaya* L.) En la siguiente figura 23, se puede observar que la mayor pérdida de masa se consiguió en los tratamientos de mango en estado de maduración verde.

La interacción entre los dos factores presentó efecto significativo sobre el porcentaje de pérdida de masa, el tratamiento de mango verde deshidratado osmóticamente y fortificado con 2.5% de cloruro de calcio, perdió mayor masa después de iniciado el proceso de deshidratado osmótico.

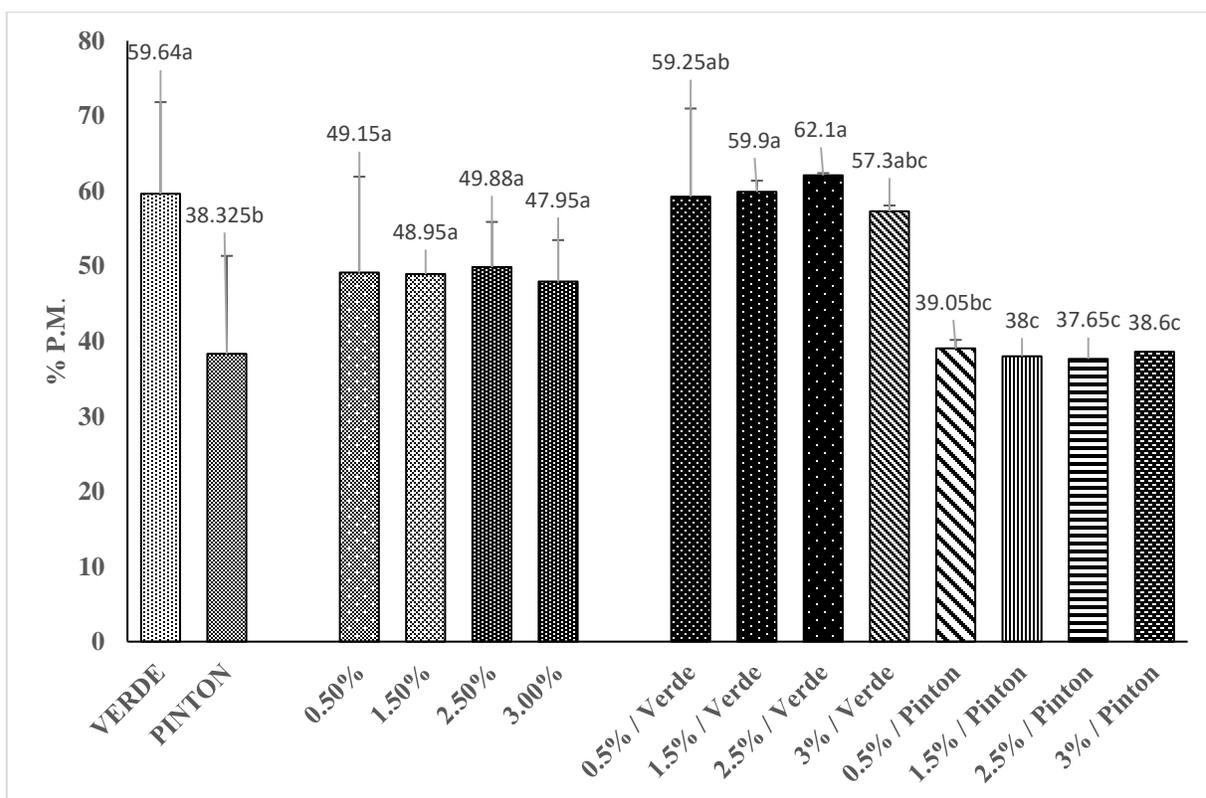


Figura 23. Efecto de la Pérdida porcentual de masa en la Cinética de Transferencia de Masa en Mango criollo en dos estados de madurez (verde y pintón).

Fuente: Elaboración propia, 2022.

### **5.7 Efecto del estado de madurez y la concentración de Cloruro de Calcio sobre la ganancia de sólidos en la deshidratación osmótica del mango criollo (*Mangifera indica L.*)**

El análisis estadístico demostró que sí hay una diferencia significativa ( $p=0.000$ ) en la ganancia de sólidos para los tratamientos con respecto al estado de madurez del mango criollo, mostrando que el mango pintón tuvo mayor ganancia de sólidos, esto coincide con el efecto de la madurez sobre la cinética de transferencia de masa en la deshidratación osmótica de papaya (*Carica papaya L., var. Maradol*) (Castrillón *et al.*, 2006).

La concentración de cloruro de calcio no tuvo efecto significativo sobre la ganancia de sólidos ( $p=0.177$ ) aun así la concentración de 1.5% de  $\text{CaCl}_2$  permitió obtener una mayor ganancia de sólidos en los tratamientos estos resultados son semejantes a lo publicado por Casillas-Pastes (2019) en el proceso de deshidratación osmótica para cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad *virens levis*.

La interacción entre los dos factores evidenció que existió una diferencia significativa ( $p=0.000$ ) en la ganancia de sólidos de los tratamientos en un tiempo de deshidratación de 8 horas, revelando que el tratamiento de mango pintón deshidratado en soluciones osmóticas fortificadas con 2.5% de cloruro de calcio obtuvo mayor ganancia de sólidos, terminada las 8 h en comparación de los demás.

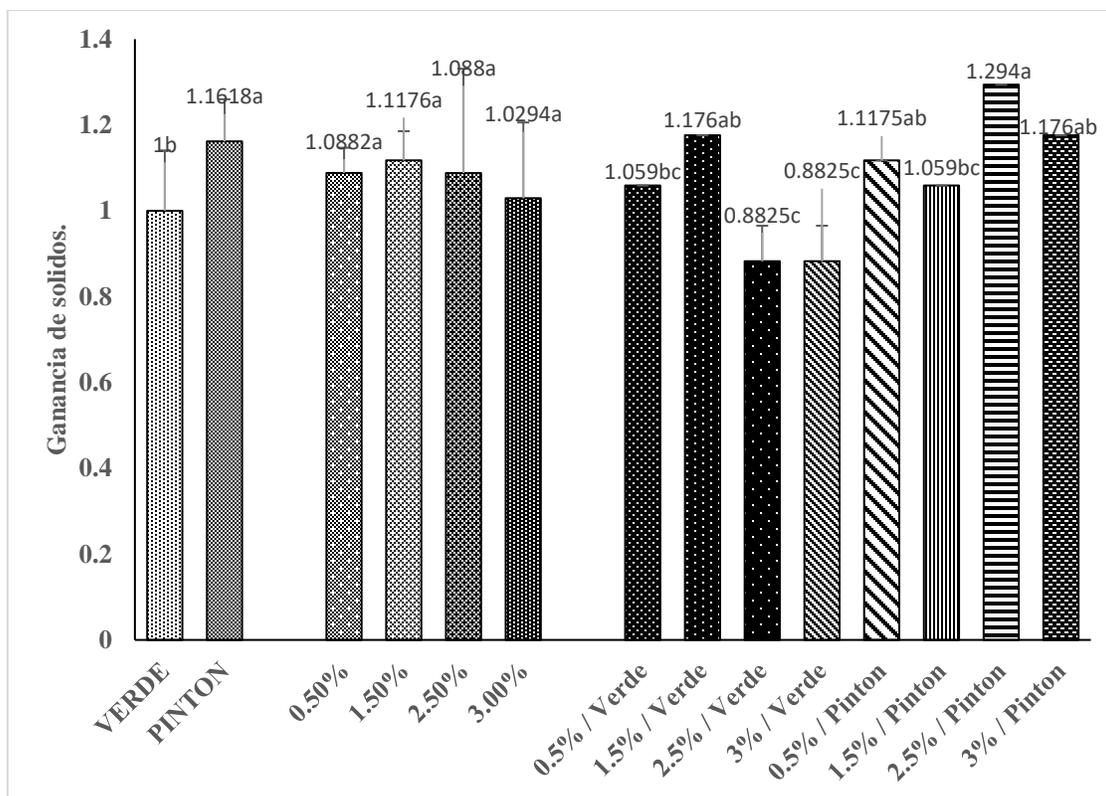


Figura 24. Efecto de la ganancia de sólidos en la Cinética de Transferencia de Masa en Mango criollo en dos estados de madurez (verde y pintón).

Fuente: Elaboración propia, 2022.

## 5.8 Evaluación sensorial

### 5.8.1 Determinación del efecto en los atributos de mango criollo (*Mangifera indica L.*)

#### deshidratado osmóticamente

#### Efecto de la adición de cloruro de calcio y estado de madurez sobre el aroma en mango criollo (*Mangifera indica L.*) deshidratado osmóticamente

El resultado obtenido para el atributo aroma a mango en ambos estados de maduración demostraron que existió diferencia significativa en las medianas de los tratamientos conforme a la prueba de Kruskal-Wallis ( $P < 0.05$ ). Este comportamiento se relaciona con lo estudiado por

Villamizar, (2014) en el efecto del medio osmótico sobre la deshidratación de cubos de papaya (*Carica Papaya*) variedad maradol, empleando diferentes concentraciones de soluciones osmóticas (glucosa – cloruro de calcio) y a lo reportado por González (2005) en la evaluación sensorial en la deshidratación de mango (*Mangifera indica*) existiendo diferencia significativa para el atributo aroma. Según los resultados del análisis sensorial (Cuadro 8); los tratamientos T3 y T8 destacaron en la percepción de esta característica, por el panel de siete evaluadores entrenados, ambos tratamientos consisten en mango (verde y pintón) fortificados con 1.5% de CaCl<sub>2</sub>; el tratamiento T3, cuya percepción del aroma a mango tuvo una mayor valoración (6.5) en comparación con el tratamiento T8, cuya valoración estuvo por debajo del valor 5. Para los tratamientos que no fueron fortificados con el soluto, el estado de madurez influyó en la percepción de esta cualidad, obteniendo mejores valoraciones por el grupo de catadores en el estado de madurez pintón. La disminución del aroma de los tratamientos de este estudio puede deberse a la desintegración de componentes volátiles (alcoholes, ésteres, ácidos, aldehídos, cetonas, terpenos, hidrocarburos y compuestos fenólicos y azufrados, entre otros) cuando estos son sometidos a la temperatura de secado.

### **Efecto de la adición de cloruro de calcio y estado de madurez en el sabor ácido de mango criollo (*Mangifera indica L.*) deshidratado osmóticamente**

El tratamiento estadístico para los valores registrados en la percepción del sabor ácido de muestras de mango deshidratado osmóticamente, en dos estados de madurez, demostró que en las medianas de los tratamientos no existió una diferencia significativa, de acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis ( $P > 0.05$ ), dichos resultados concuerdan con los trabajos realizados por Pérez-Angulo (2007) que evaluó la influencia de la concentración de sacarosa en la solución y el estado de madurez y a lo reportado por Ortega-Beltran (2018) en el efecto de la

concentración de cloruro de calcio observando que para el atributo sabor no existió diferencia significativa.

El comportamiento de dicho atributo en la deshidratación osmótica en los dos estados de maduración se puede observar en el Cuadro 8, para el estado de madurez verde, de los cinco tratamientos que incluyeron cloruro de calcio, el tratamiento T4 (2.5% CaCl<sub>2</sub>) tuvo una menor valoración (2.5), esto es, la percepción del sabor ácido fue menor en comparación al valor normal (5); mientras que, para el mango pintón, los tratamientos T8 (1.5% CaCl<sub>2</sub>) y T9 (2.5% CaCl<sub>2</sub>) obtuvieron una valoración de 4, es decir, una mayor percepción de acidez. A partir de estos resultados se puede decir que, la concentración de calcio en las soluciones osmóticas influyó en la percepción de este atributo, los tratamientos que presentaron un puntaje superior contienen mayor cantidad de cloruro de calcio en el deshidratado osmótico. Respecto a los tratamientos con 0% de CaCl<sub>2</sub>, los que correspondieron al mango pintón tuvieron una menor percepción de este atributo por parte de los catadores, por lo tanto, una mayor aceptación debido a un menor sabor a ácido.

### **Efecto de la adición de cloruro de calcio y estado de madurez en el sabor agradable de mango criollo (*Mangifera indica L.*) deshidratado osmóticamente**

Para el atributo sabor agradable no existió una diferencia significativa entre las medianas de los tratamientos, según la prueba de Kruskal-Wallis ( $P > 0.05$ ), estos resultados son similares a lo reportado por Gómez (2013) en la evaluación de láminas de mango (*Mangifera indica L.* cv. Keitt) fortificadas con cloruro de calcio y a lo publicado por Villamizar (2014) en el efecto del medio osmótico sobre la deshidratación de cubos de papaya (*Carica Papaya*) variedad maradol, empleando diferentes concentraciones de soluciones osmóticas (glucosa – cloruro de calcio). El Cuadro 8 presenta las medianas de los resultados otorgados por el panel de catadores

respecto al sabor agradable del mango deshidratado osmóticamente. Se observa que el tratamiento T3, de mango verde y T8, de mango pintón, ambos adicionados con 1.5%  $\text{CaCl}_2$  presentaron una mayor percepción del sabor agradable por los panelistas en comparación con los otros tratamientos.

Los panelistas evaluaron el efecto de la deshidratación osmótica sin concentración de cloruro de calcio sobre el sabor agradable, en ambos estados de madurez, coincidieron con otorgar una valoración ligeramente mayor a 5, con esto se comprueba que la adición de este soluto mejoró el sabor agradable en los tratamientos.

#### **Efecto de la adición de cloruro de calcio y estado de madurez en el sabor a mango criollo (*Mangifera indica L.*) en la deshidratación osmótica**

Según la prueba de Kruskal-Wallis para el atributo sabor a mango, sí existió una diferencia significativa entre las medianas de los tratamientos de mango en ambos estados de madurez, este comportamiento coincide con lo publicado por González (2005) en la evaluación sensorial en la deshidratación de mango (*Mangifera indica*). De los tratamientos con mango verde, los panelistas determinaron que el tratamiento T3 (1.5%  $\text{CaCl}_2$ ) tuvo un sabor agradable por encima del punto medio; en el caso de los tratamientos con mango pintón, el tratamiento T8, con 1.5%  $\text{CaCl}_2$  obtuvo una valoración similar al del mango verde.

En la evaluación de los tratamientos sin concentración de cloruro de calcio, los panelistas determinaron que, en ambos estados de madurez, el sabor a mango estuvo por debajo del valor medio (5), percibiendo un ligero sabor al fruto por parte de los catadores, este comportamiento se muestra en el Cuadro 8.

### **Efecto de la adición de cloruro de calcio y estado de madurez en el sabor dulce de mango criollo (*Mangifera indica L.*) deshidratado osmóticamente**

Para la percepción dulce de los tratamientos en ambos estados de madurez, se demostró por medio de la prueba de Kruskal-Wallis que existió una diferencia significativa entre las medianas de los tratamientos, con  $P < 0.05$ , este comportamiento se compara con lo publicado por Soto-Ramos (2013) en láminas de frutas y a lo reportado por Marcillo (2019) en la deshidratación osmótica de hojuelas fritas de zanahoria blanca.

De los cinco tratamientos en un estado de madurez verde que fueron evaluados por los panelistas, el mejor tratamiento resultó ser el T3 (1.5%  $\text{CaCl}_2$ ), con una valoración de un punto por debajo del valor medio (5), esto se considera como una valoración regular y aceptable para los consumidores, en cuanto al estado de madurez pintón el tratamiento T8 (1.5%  $\text{CaCl}_2$ ), tuvo una valoración (5) media, siendo un valor apto para este atributo (ni muy dulce pero tampoco simple), estos resultados se muestran en el Cuadro 8.

Los panelistas lograron percibir un ligero sabor dulce entre los tratamientos sin concentración de cloruro de calcio, para ambos estados de madurez, para el caso del mango verde deshidratado osmóticamente se alcanzó una valoración de 5, valor medio, mientras que el mango pintón logró un resultado ligeramente menor al valor medio.

### **Efecto de la adición de cloruro de calcio y estado de madurez en la textura crujiente de mango criollo (*Mangifera indica L.*) deshidratado osmóticamente**

Existió diferencia significativa entre las medianas de los tratamientos con respecto al atributo textura crujiente en ambos estados de maduración de acuerdo a la prueba Kruskal-Wallis, dicha significancia concuerda con lo publicado por González (2005) en la evaluación sensorial de mango (*Mangifera indica*) deshidratado y Marcillo (2019) en la deshidratación osmótica de hojuelas fritas de zanahoria blanca, esto se debe a que dichos tratamientos obtuvieron menor pérdida de agua quedando atrapada en el centro del fruto. Los catadores evaluaron las muestras de deshidratado osmótico de mango verde y pintón como se muestra en el Cuadro 8, coincidieron que en los tratamientos con concentraciones de cloruro de calcio de 2.5 y 3%, (T4, T5, T9 y T10) no presentaron crocancia, esto, en comparación con los demás tratamientos, con valoraciones por debajo del valor indicaron que, para éstos, después de masticar sus muestras quedaban residuos que no resultaron agradables.

Al evaluar el atributo crujiente en los tratamientos sin concentración de cloruro de calcio en ambos estados de maduración, los panelistas asignaron a los tratamientos T1 (mango verde) y T2 (mango pintón) valoraciones cercanas a 0, es decir, resultaron ser ligeramente quebradizos.

### **Efecto de la adición de cloruro de calcio y estado de madurez en la dureza de mango criollo (*Mangifera indica L.*) deshidratado osmóticamente**

Entre las medianas de los tratamientos en ambos estados de maduración que fueron evaluados por los catadores en relación a la dureza, se evidenció una diferencia significativa conforme a la prueba Kruskal-Wallis, tal como lo demuestró Benavides-Bastidas (2017) en el efecto del cloruro de calcio en las hojuelas osmodeshidratadas de melocotón (*Prunus persica*)

y Gómez (2013) en la evaluación de láminas de mango (*Mangifera indica L. cv. Keitt*) fortificadas con cloruro de calcio, y cuya dureza se debió el aumento de la concentración de CaCl<sub>2</sub>.

Al analizar los resultados del Cuadro 8, para los dos atributos se observó que los tratamientos T5 (3% CaCl<sub>2</sub>) de mango verde y el tratamiento T9 (2.5% CaCl<sub>2</sub>), para el mango pintón tuvieron una valoración un punto por debajo del valor medio, es decir, presentaron facilidad para morderlos, el tratamiento T3 de mango verde y el tratamiento T8 de mango pintón, fortificados con 1.5% de CaCl<sub>2</sub>, fueron calificados como poseedores de una suavidad agradable para el paladar de los panelistas.

En los tratamientos de deshidratación osmótica de mango verde y pintón sin fortificación de cloruro de calcio, existió una diferencia en la dureza, siendo la muestra del mango pintón la que presentó más aceptabilidad para este atributo.

### **Efecto de la adición de cloruro de calcio y estado de madurez en el color amarillo de mango criollo (*Mangifera indica L.*) deshidratado osmóticamente**

Los resultados obtenidos en el color amarillo de las medianas de los tratamientos de mango verde y pintón deshidratado osmóticamente y fortificado con cloruro de calcio, mostraron diferencia significativa de acuerdo a la prueba de Kruskal-Wallis para este atributo, este comportamiento se compara con los resultados de Gómez (2013) en la evaluación de láminas de mango (*Mangifera indica L. cv. Keitt*) fortificadas con cloruro de calcio y a lo relacionado por González (2005) en la evaluación sensorial de mango (*Mangifera indica*) deshidratado.

En la evaluación sensorial de este atributo, el valor dado por los panelistas está reflejado en el Cuadro 8. Indicó que el tratamiento T3 de deshidratado osmótico de mango verde fortificado

con 1.5% CaCl<sub>2</sub> obtuvo una valoración de 7, con un color amarillo aceptable, mientras que, para el mango pintón, el tratamiento T8 con 1.5%CaCl<sub>2</sub> alcanzó una valoración de 8, esto significa que los panelistas percibieron un color amarillo agradable característico del mango pintón (Figura. 25) Al observar las valoraciones del atributo color amarillo de los tratamientos en ambos estados de maduración, a mayor concentración de cloruro de calcio mayor es la coloración presente en las muestras; y como es de esperarse, los tratamientos sin concentración de cloruro de calcio presentaron un color poco atractivo para los catadores.



*Figura 25.* Mango pintón deshidratado osmóticamente y fortificados con cloruro de calcio.

Elaboración propia, 2022.

### **Efecto de la adición de cloruro de calcio y estado de madurez en el color café claro de mango criollo (*Mangifera indica L.*) deshidratado osmóticamente**

El análisis estadístico indicó que no existió diferencia significativa entre las medianas de los tratamientos de mango en dos estados de maduración, deshidratado osmóticamente con adición de cloruro de calcio, conformé a la prueba de Kruskal-Wallis respecto al atributo color café claro.

Los panelistas coincidieron que el tratamiento T3 y T8 de mango verde y mango pintón, respectivamente, fortificados con 1.5%CaCl<sub>2</sub>, reflejados en el Cuadro 8, presentaron menor cantidad de manchas de color café claro en su superficie, lo que represento una apariencia agradable y aceptable para los panelistas.

En los tratamientos de mango deshidratado osmóticamente sin concentración de cloruro de calcio, en los dos estados de maduración, los panelistas detectaron diferencia en la cantidad de manchas de color café claro en su superficie, siendo el tratamiento del mango pintón quien obtuvo mayor aceptabilidad debido a que presento menor proporción de estas manchas.



*Figura 25.* Mango verde deshidratado osmóticamente y fortificado con cloruro de calcio.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

### **Efecto de la adición de cloruro de calcio y estado de madurez en el color café oscuro de mango criollo (*Mangifera indica L.*) deshidratado osmóticamente**

Los valores (Cuadro 8) otorgados por los panelistas en la evaluación sensorial indicaron que para el atributo color café oscuro, entre las medianas de los tratamientos de mango deshidratado osmóticamente con fortificación de cloruro de calcio, existe diferencia significativa conforme a la prueba de Kruskal-Wallis en ambos estados de maduración, este comportamiento coincide con los resultados de Benavides-Bastidas (2017) en el efecto del

cloruro de calcio en las hojuelas osmodeshidratadas de melocotón (*Prunus persica*) y por Gómez (2013) en la evaluación de láminas de mango (*Manguiфера indica L. cv. Keitt*) fortificadas con cloruro de calcio.

De acuerdo a las valoraciones asignadas por los catadores para el atributo color café oscuro, el tratamiento T3 de mango verde adicionado con 1.5% de cloruro de calcio y los tratamientos T7, T8 y T10 de mango pintón, fortificados con 0.5, 1.5 y 3% de cloruro de calcio, respectivamente, obtuvieron los mejores resultados, con una puntuación de 0, es decir, sin ninguna presencia de color café. Los demás tratamientos presentaron pequeñas manchas, debido al cambio de coloración provocado por la foto-oxidación de los pigmentos por acción de la luz (Zuluaga *et al*, 2010 mencionando a Rahman & Perera, 1999; Lee & Schwartz, 2006.)

En la evaluación sensorial de mango deshidratado osmóticamente sin concentración de cloruro de calcio el tratamiento de mango pintón fue el mejor valorado al no presentar manchas cafés, en comparación con el tratamiento de mango verde.

Cuadro 8. Valores otorgados por el panel de catadores de las características sensoriales de mango deshidratado osmóticamente con y sin concentración de cloruro de calcio.

TRAT.	Aroma a mango	Percepción				Textura			Color		
	Intenso	ácido	agradable	mango	dulce	Crujiente	Dureza	Suavidad	Amarillo	Café claro	Café oscuro
T1	2.50bc	4a	5a	4ab	5ab	1bc	7.50a	1.50b	5abc	4.50a	1ab
T2	1.50c	5a	6a	2bc	2ab	1bc	5.50a	2.50ab	2cd	5.50a	2.50ab
T3	6.50a	6a	7a	6a	4ab	5a	6a	6a	7ab	2.50a	0b
T4	1.50bc	2.50a	4a	2.50bc	2ab	0bc	5a	1.50ab	2cd	4a	0.50ab
T5	1.50c	5a	3.50a	2c	1b	0c	4ab	2.50ab	0d	3a	4a
T6	5ab	2a	5a	4abc	4ab	2ab	6a	1.50ab	6ab	2a	0b
T7	1c	6a	3a	2bc	3ab	1bc	5a	2ab	4bcd	5a	0b
T8	4abc	4a	8a	6ab	5a	2bc	5a	6a	8a	2a	0b
T9	2.50bc	4a	5a	4abc	4ab	0bc	4ab	2ab	2cd	3a	2ab
T10	0.50c	5a	4a	2c	3ab	0c	5a	2ab	2cd	4a	0ab

\*Prueba de promedios de Kruskal-Wallis.

Las medianas con letras diferentes en una misma columna son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

Fuente: Elaboración propia 2022.

### 5.8.1.2 Características sensoriales de mango criollo (*Mangifera indica L.*) deshidratado osmóticamente en ambos estados de madurez, comparado con un producto comercial de mango deshidratado

En el siguiente cuadro se muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de un producto comercial y los tratamientos de mango deshidratados osmóticamente en dos estados de maduración, ambos con una concentración de 1.5% de cloruro de calcio.

A través de las valoraciones otorgadas por los panelistas, en la Tabla 9 se demostró que existe diferencias significativas entre los atributos; crujiente (quebradizo), color amarillo, color café claro y color café oscuro, a un nivel de confianza del 95% ( $P < 0.05$ ). conforme a la prueba de

Kruskal-Wallis, en mango verde y mango pintón.

El tratamiento T3 tuvo una percepción ligeramente inferior al tratamiento comercial (Tc), en aroma a mango y superior en percepción a mango, dureza, percepción ácida, textura crujiente y color amarillo. Con respecto al tratamiento T8, la percepción de sabor ácido, del color amarillo y color café oscuro fue superior y ligeramente inferior en el aroma a mango, percepción agradable, percepción a mango, percepción dulce, textura crujiente, dureza y color café claro, en comparación al tratamiento comercial Tc.



*Figura 26.*Producto comercial de mango deshidratado.

Elaboración propia, 2022.

Cuadro 9. Valores otorgados por panelistas entrenados de las características sensoriales de mango deshidratado osmóticamente fortificados con cloruro de calcio, comparado con un producto comercial de mango deshidratado.

TRAT.	Aroma a mango	Percepción				Textura			Color		
	Intenso	Ácido	Agradable	Mango	Dulce	Crujiente	Dureza	Suavidad	Amarillo	Café claro	Café oscuro
TC	6.50a	3.67a	7.50a	6.83a	5.83a	2.83ab	5.00a	5.33a	3.83b	5.33a	7.50a
T3	6.33a	5.50a	6.67a	7.00a	4.67a	5.17a	5.67a	5.33a	7.50a	2.17b	0.67b
T8	3.33a	4.33a	7.33a	5.333.10.a	5.67a	1.83b	4.17a	5.33a	7.83a	2.67b	0.00b
H	5.13	1.06	0.15	1.06	0.99	8.34	1.68	0.04	7.69	6.72	11.79

Fuente: Elaboración propia, 2022.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo indican que se puede deshidratar mango criollo con soluciones fortificadas con cloruro de calcio. Diferencias significativas entre la cinética de transferencia de masa y la calidad organoléptica fueron encontradas debido al estado de madurez y concentración del cloruro de calcio en la deshidratación por métodos combinados del mango criollo (*Mangifera indica L.*).

La interacción entre los factores evaluados mostró un efecto significativo en las variables de respuesta, mayor pérdida de peso y mayor pérdida porcentual de agua se obtuvieron en mango criollo en estado de madurez verde con una solución osmodeshidratante fortificada con 2.5% de  $\text{CaCl}_2$ , mientras que la mayor ganancia de sólidos se presentó en el tratamiento con mango en estado de madurez pintón deshidratado osmóticamente en una solución de 70 Brix de sacarosa y 2.5% de Cloruro de calcio.

En la evaluación realizada por un panel de catadores no entrenados en los tratamientos fortificados con 1.5% de cloruro de calcio de mango en estado de madurez verde y pintón resultaron tener la mejor percepción de aroma, sabor agradable, sabor a mango, color amarillo característico y textura (dureza).

A partir de la comparación de un producto comercial con los dos tratamientos mejor evaluados de mango deshidratado osmóticamente en este estudio, el mango pintón fortificado con 1.5% de  $\text{CaCl}_2$ , resultó ser superior en los atributos evaluados.

Estos resultados indican, que la deshidratación osmótica de mango criollo (*Mangifera indica L.*) es una alternativa para aprovechar la producción de mango en la región mixteca baja poblana, ya que actualmente solo se comercializa en mercados locales y municipales.

## REFERENCIAS

- Artica arroyo, B. (2008). Caracterización fisicoquímica y funcional de la fibra dietética de cáscara de mango criollo de satipo (*Mangifera indica L.*). Satipo-perú: Universidad Nacional del Centro del Perú Facultad de Ciencias Agrarias.
- Artica Arroyo, B. (2008). Caracterización fisicoquímica y funcional de la fibra dietética de cáscara de mango criollo de satipo (*mangifera indica l.*). Satipo - Perú: Facultad de Ciencias Agrarias.
- Arteaga, G., Li-Chang, E., Vasquez-Arteaga, M., & Nakai, S. (1994). Systematic experimental designs for product formula optimization. *Trends Food Sci. Technol.*5: 243-254.
- Arias, L., Perea, Y., & Zapata, J. (2017). Cinética de la Transferencia de Masa en la Deshidratación Osmótica de Mango (*Mangifera indica L.*) var. Tommy Atkins en Función de la Temperatura. Medellín-Colombia.: Información Tecnológica – Vol. 28 N° 3 2017.
- Ayma, F.,A. (2019). Estudio del modelo cinético y propiedades geométricas en el proceso de secado convectivo de aguaymanto (*physalis peruviana l.*). Repositorio Institucional UNA-PUNO.
- Badui Dergal, S. (2013). Química de los alimentos. . México.: Quinta edición. México: Cámara Nacional de la Industria.
- Barraza Jáuregui, G., Moscol Orozco, R., & Rojas Padilla, c. (2013). Cinética de secado de rodajas de manzana (*pirus malus l*) variedad pachacamac Osmodeshidratadas. Facultad de Ingeniería Tecnología & Desarrollo vol. 11, n° 1,.

- Bach. Yupanqui Cristóbal,, E. (2010). Influencia de la sacarosa y glucosa en la deshidratación osmótica del mango criollo (*manguifera indica l.*) de Satipo. Satipo - Perú: Facultad de Ciencias Agrarias.
- Benavides Bastidas., a. (2017). Efecto del cloruro de calcio y el proceso de secado sobre las características organolépticas de las hojuelas osmodeshidratadas de melocotón *prunus pérsica*. Ibarra – Ecuador: Universidad técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales.
- Barat, J., & Chiralt, A. &. (2001). Effect of os motic solution concentration, temperature and vacuum impregnation pretreatment on osmotic kinetics of apple slices. In: Food Science Technolo gy International. 7 (5), 451-456.
- Castelo Escobar, A. (2017). "Influencia de la Deshidratación Osmótica como pretratamiento para deshidratación por convección con aire caliente en mango (*Mangifera indica*). Ecuador: Manta-Manabi-.
- Cánovas, G., & Mercado, H. (2000). Deshidratación de alimentos. Trad.por. I. Barzrivas.Zatragoza: Es, Edit. Acribia, S.A.297pag.
- Coloma Olmedo , E. (2008). “Estudio del efecto de la deshidratación osmótica en la vida útil de los productos secos”. Guayaquil – Ecuador: Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción.
- Chiumarelli, M., Ferrari, C.C, Sarantópulos, C., & Hubinger, M. D. 2011. Fresh cut ‘Tommy Atkins’ mango pre-treated with citric acid and coated with cassava (*Manihot esculenta Crantz*) starch or sodiungalinate, Innov. Food Sci. Emerging Technol. 12:381-387.

- Calderón Marcillo, T. (2019). “Estudio del efecto de la deshidratación osmótica sobre la absorción de grasa en hojuelas fritas de zanahoria blanca arracacia xanthorrhiza bancroft”. Ibarra – Ecuador.
- Coto, T., & Nicolas, A. (2022). Evaluación del impacto económico de las enfermedades fúngicas en la producción de mango (*Mangifera indica*) en la Hacienda Corpincomcuatro, ubicada en el cantón Lomas de Sargentillo, durante el periodo 2020 – 2021. Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Crank, J. (1956). The Mathematics of Diffusion. Oxford University Press. London, UK.
- Casillas Paste, M. (2019). Diseño del proceso de deshidratación osmótica para Cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad virens levis. Ambato – Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.
- Camacho, O. (2003). Procesamiento y conservación de frutas. Programa Universidad Virtual de la Universidad Nacional de Colombia.
- Della Rocca, P. (2010). Secado de alimentos por métodos combinados: Deshidratación osmótica y secado por microondas y aire caliente. . . Buenos Aires.
- Estrada Mesa, E. M., Padilla Reyes, F., & Márquez Cardozo, C. J. (2015). Efecto de recubrimientos protectores sobre la calidad del mango (*Mangifera indica L.*) en poscosecha. Colombia: Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 18(1): 181-188.
- Espinoza Estaba, A., Landaeta Coa, G., Mendez Natera, J., & Nuñez Calcaño, A. (2006). Efecto del cloruro de calcio sobre la deshidratación osmótica a vacío en mitades de duraznos (*Prunus persica*) en soluciones de sacarosa. Revista UDO Agrícola 6 (1): 121-127.

Espinoza, L. M. (2006). Efecto del cloruro de calcio sobre la deshidratación osmótica a vacío en mitades de durazno. *Revista UDO Agrícola*, 122.

Fundo de la UNCTAD para la información sobre los mercados de productos básicos agrícolas. (S.F.). New York y Ginebra.: CNUCED. Obtenido de [https://unctad.org/es/system/files/official\\_document/INFOCOMM\\_cp07\\_Mango\\_es.pdf](https://unctad.org/es/system/files/official_document/INFOCOMM_cp07_Mango_es.pdf)

Fernandez Ayma, a. (2019). Estudio del modelo cinético y propiedades geométricas en el proceso de secado convectivo de aguaymanto (*physalis peruviana l.*). Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano, Escuela de Posgrado.

Granados-Cande, C., Torrenegra-Alarcon, M., Leon-Mendez, G., Arrieta Pineda, Y., Jiménez-Nieto, J., & Carriazo-Marmolejo, L. (2019). Deshidratación osmótica método alternativo de conservación de alimentos. Colombia: Cartagena.

Giraldo, Chiralt, & Firro. (2005). deshidratación osmótica de mango (*Mangifera indica*) aplicación al escarchado. *ingeniería y competitividad*,7(1), 44-45.

García González, J. (2005). Determinación de los parámetros técnicos y evaluación sensorial en la deshidratación de mango (*Mangifera indica*) variedad Haden y champiñón (*Agaricus bisporus*) en la Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano.

Gálvez López, D. (2006). ``Caracterización molecular de mangos (*Mangifera indica L.*) criollos chiapanecos y relaciones genéticas con mangos de otras regiones de México. Reynosa, Tamaulipas,: Centro de biotecnología genómica.

Guzmán Jara, V. (2008). “Estudio del Efecto de los Pre Tratamientos en las Características Físicas y Sensoriales del Tomate Deshidratado”. Guayaquil – Ecuador.

- García, R. A. (2010). Estudio de la deshidratación osmótica de la arveja china (*pisum sativum* L.) mediante dos metodologías, directa e indirecta, como alternativa tecnológica al sector hortofrutícola del país. . Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería.
- García Pereira, A. M., et al. (2013). Análisis comparativo de la cinética de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente de la piña (*ananas comosus*, variedad *cayena lisa*). revista ciencias técnicas agropecuarias, vol. 22, no. 1, p. 62-69.
- Gallo García, I., Tirado Armesto, D., & Acevedo Correa, D. (2015). Deshidratación osmótica: una revisión. Colombia.
- García-Paternina, M., Alvis-Bermudez, A., & García-Mogollon, c. (2015). Modelado de la cinética de secado de mango pre-tratadas con deshidratación osmótica y microondas. Colombia.
- Gómez, R. (2013). Evaluación sensorial de láminas de mango (*Manguifera indica* L. cv. Keitt) fortificadas con cloruro de calcio mediante deshidratación osmótica con pulsos de vacío. Rev. Venez. Cienc. Tecnol. Aliment. 4(2):157-169.
- Heng, K., Guilbert, S., & Cuq, J. (1990). Osmotic Dehydration of Papaya: Influence of Process Variables on the Product Quality. Sciences des Aliments.
- Jibaja Espinoza, L., & Sánchez González, J. (2015). Determinación de la capacidad antioxidante y análisis composicional de la harina de cáscara de mango (*Mangífera indica*) variedad “Criollo” procedente de la provincia de Sullana en Piura. Sullana (Piura): Universidad César Vallejo - Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Titulado en Ingeniería.

- Lemus , Ó., Suárez, F., & Galvis V. , J. (2010). Efecto del uso de alginat o del uso de alginato y clorur o y cloruro de calcio (CaCl<sub>2</sub>) en la cinética de deshidratación osmótica de la manzana (*Malus domestica* Borkh) variedad Anna. *Revista Épsilon* N.º 15: 141-147 .
- López A., O. (2011). "Frutales: Recursos Fotogénicos Potenciales de Acatlán y sus áreas de influencia" (*Tesis de Grado*). Acatlán, Puebla: Instituto Tecnológico Superior De Acatlán De Osorio.
- Linnaeus, Carl von. (14 de Agosto de 2012). Mango (*Mangifera indica*). Recuperado el 12 de Agosto de 2018, de EcuRed: [https://www.ecured.cu/Mango\\_\(Mangifera\\_indica\)](https://www.ecured.cu/Mango_(Mangifera_indica)).
- López , v., & Yveth, M. (2017). “Estudio de la cinetica de deshidratación osmótica para la conservación de lisa (*mugilcephalus*)”. Arequipa – Peru.
- Liesche J, P. J. (2017). An update on phloem transport: a simple bulk flow under complex regulation. *F1000Research* 6(F1000 Faculty Rev): 2096.
- Lucio, R. (2016). “Valor nutricional del maguey deshidratado de cacao (*theobroma cacao* l.) nacional para la elaboración de barras nutricionales de uso alimentario”. Quevedo – los ríos – Ecuador: Facultad de Ciencias Pecuarias.
- Lazarides, H. N., Katsanidis, E., & Nickolaidis, a. (1995). Mass Trans fer Kinetics during Osmotic Preconcentration Aiming at Minimal Solid Uptake. *Journal of Food Engineering*, v. 25,, p. 151-166.
- Mora Sáenz, D. (2013). *El Cultivo de Mango y Sus Plagas Insectiles*. Panamá: Universidad de Panamá Vicerrectoría de Investigación y Postgrado Facultad de Ciencias Agropecuarias.

- Marcello, T. B. (2019). “Estudio del efecto de la deshidratación osmótica sobre la absorción de grasa en hojuelas fritas de zanahoria blanca arracacia xanthorrhiza bancroft”. Ibarra – Ecuador: Universidad técnica del norte. facultad de ingeniería en ciencias agropecuarias y Ambientales.
- Marcela Rodríguez, m. ( 2013). “Obtención de frutos deshidratados de calidad diferenciada mediante la aplicación de técnicas combinadas”. Olavarría, Argentina,.
- Maldonado, R., Pacheco, E., & Delahaye. (2003). Curvas de deshidratación de brocoli (*Brassica oleracea* L var. *Italica* Plenck) y coliflor (*Brassica oleracea* L var. *Italica* Plenck). *Revista Facultad de Agronomía* 20(3), 306-319.
- Cháfer, M., González-Martínez, C., Ortolá, M., Chiralt, A., & Fito, P. (2001). Kinetics of osmotic dehydration in orange and mandarin peels. . *Journal of Food Process Engineering*.
- Chavarro-Castrillón, L., Ochoa-Martínez, C., & Ayala-Aponte, A. (2006). Efecto de la madurez, geometría y presión sobre la cinética de transferencia de masa en la deshidratación osmótica de papaya (*carica papaya* L., var. *maradol*). Colombia: *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 26(3): 596-603,.
- Olmedo , E. (2008). “Estudio del efecto de la Deshidratación Osmótica en la Vida Útil de los Productos Secos”. Guayaquil – Ecuador: Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción.

- Perez, B., Bringas, E., Mercado, J.N, Saucedo, C., Cruz, L., & Báez, R. (2004). Aplicacion de cera comestible en mango. Parte II: estudios fisiologicos asociados a la maduracion del fruto durante el almacenamiento comercial. Rev. Iberoam.Tec. Postcosecha. 6(1): 24-33.
- Pérez, C.M., & Pimentel, F.J. (2003). Transferencia de Masa I. Editorial Offeset San Román. Primera Edición. . Puno-Perú. : Potter N.N. & Hotchkiss, J.H. (1999). Ciencia de los Alimentos. Editorial Acribia, S.A. Zargosa-España.
- Phisut, N. (2012). Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits. . Journal of International Food research, Vol. 1, pp. 7- 18. .
- Pérez Angulo , I. (2007). "Deshidratación osmótica de rodajas de carambola (averrhoa carambola l.) en tres estados de madurez.". Tarapoto - Perú: Universidad Nacional de San Martfn Tarapoto, Facultad de Ingenier(Agroindustrial).
- Quispe Ccahui N , W. (2012). "Estudi o de l efect o d e tre s factore s e n l a cinétic a d e transferenci a d e mas a d e papay a (*carica papaya*) deshidratad o osmóticament e ". Ayacucho - Perú: Universidad Nacional d e San Cristóba l d e Huamanga, Faculta d d e Ingenierí a Químic a y Metalurgí a.
- Rastogi, N. R. (2002). Recent developments in osmotic dehydration:methods to enhance mass transfer. Trends in Food Science & Technology, 48-49.
- Rodríguez Cedillos, M., Guerrero Berríos, M., & Sandoval, R. (2002). Guía técnica Cultivo de Mango. Ciudad Arce, La Libertad, El Salvador. Apartado Postal 885 San Salvador.: CENTA.

- Rocca, D., P., & Mascheroni, R. (2011). Deshidratación de papas por métodos combinados de secado: deshidratación osmótica, secado por microondas y convección con aire caliente. Argentina: Proyecciones, Vol.9 No. 2.
- Ruiz, Nico. Mango y uva: producción y comercialización. Colección Mi huerto. Ediciones Ripalme Lima, Perú. 2003.
- RURAL, S. D. (2020). Panorama agroalimentario. México.: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).
- Ramos Seminario, B. C. (2021). "Obtención de licor de mango (mangifera indica) a partir del mango de descarte con fines de aceptabilidad". Piura, Perú: Universidad Nacional de Piura.
- Rao, M. A. Rizvi, S. H., Datta, A. K. y Ahmed, J. (2014). Ingeniería de propiedades de alimentos. London New York: CRC Press.
- Ramos, B. (2013). Influencia de la temperatura en la cinética de secado, difusividad efectiva y calidad de láminas de frutas. Huancayo – Perú.
- Sumaya-Martínez, M., Sánchez Herrera, L. M., Torres García, G., & García Paredes, D. (2012). Red de valores del mango y sus desechos con base en las propiedades nutricionales y funcionales. Quinta Época. Año XVI. Volumen 30. .
- Salazar López, L. M. (2018). Estudio comparativo entre el empacado tradicional de frutas (melón, sandía, mango, frutilla) rebanadas (plato y film) y el uso de atmósferas modificadas. Guayaquil, Ecuador.: Universidad Católica de Santiago de Guayaqui.

- Traducido de Bally, I.S.E. (2006) *Mangifera indica* (mango), ver. 3.1. En: Elevitch, C.R. (ed.). *Species Profiles for Pacific Island Agroforestry*. Permanent Agriculture Resources (PAR), Hōlualoa, Hawai. <<http://www.traditionaltree.org>>. (s.f.).
- Toribio Fernández , C. (1968). Cultivo del Mango. Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura, 1-18.
- Vilca Yucra, I. (2015). “Determinación de la cinética de deshidratación osmótica de yacón (*smallanthus sonchifolius*) en rodajas”. Puno - Peru: Facultad de Ciencias Agrarias.
- Villamizar, R. (2014). Efecto del medio osmótico sobre la deshidratación de cubos de papaya (Carica papaya) variedad maradol. UG Ciencia 20. 39-47. (s.f.).
- Wais, N. (2011). Secado Combinado de frutas: Deshidratación Osmótica y Microondas. La Plata: Universidad Nacional de la Plata.
- Yanqui Coaquira, P., & Maquera Calle, V. (2010). “Efecto del estado de madurez, concentración y temperatura en la difusión efectiva de sacarosa en papaya (*carica papaya l.*) en el modulo de osmodeshidratacion”. Puno-Perú: Repositorio institucional una-puno.
- Zuluaga, M. C.-R.-S. (2010). Evaluación de las características físicas de mango deshidratado aplicando secado por aire caliente y deshidratación osmótica. Revista de la facultad de Ingeniería U.C.V., Vol. 25, n° 4, pp. 127–135,.

## ANEXOS

### Recolección de Materia Prima



Obtención de mango del estado de madurez verde



Obtención de mango del estado de madurez pintón



## Peso de la fruta



## Evaluación sensorial por ordenamiento y por atributos



Conteo de datos de la evaluación sensorial por atributos

N° de panelistas.	Tiempo en concentración de jarabe.				
	0hr	2hr	4hr	8hr	24hr
1	4	5	2	1	3
2	1	5	4	3	2
3	5	2	4	1	3
4	1	5	2	3	4
5	1	3	4	5	2
6	2	4	3	5	1
7	1	2	4	3	5
8	2	4	5	3	1
9	2	4	5	3	1
10	2	4	3	5	1
11	5	3	1	4	2
12	2	5	4	3	1
13	1	2	5	4	3
14	1	4	2	5	3
15	3	5	1	4	2
16	2	5	1	4	3
17	1	4	3	5	2
18	5	4	2	3	1
19	2	5	4	1	3
20	1	3	5	4	2
21	1	3	2	5	4
22	1	4	5	3	2
23	3	2	4	5	1
24	1	3	2	4	5
25	1	5	3	2	1
26	5	3	2	1	4

27	2	5	4	3	1
28	1	3	4	5	2
29	4	2	3	1	5
30	1	5	3	4	2
31	1	5	3	4	2
32	5	4	3	4	2
33	1	2	4	5	3
34	2	3	4	5	1
35	5	2	3	1	4
36	1	2	5	4	3
37	1	3	2	5	4
38	2	3	4	5	1
39	2	4	5	3	1
40	1	2	5	4	3
41	1	2	3	5	4
42	2	4	3	5	1
43	1	3	4	2	5
44	1	3	2	5	4
45	2	4	3	5	1
46	3	2	4	5	1
47	1	2	3	5	4
48	1	3	5	2	4
49	2	3	4	5	1
50	3	1	5	2	4
51	1	2	3	5	4
52	1	2	4	5	3
53	2	3	5	4	1
54	3	1	2	5	4
55	2	4	5	3	1
56	1	3	2	5	4
57	5	3	1	4	2

58	2	5	4	1	3
59	5	2	3	4	1
60	1	2	3	4	5