



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE HUATUSCO

EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE PAPAYA (*Carica papaya* L.) DESHIDRATADA A TRAVÉS DE SECADO CONVECTIVO POR CHAROLA.

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

PRESENTA:

FÁTIMA DENISE OSORIO PEÑA.

DIRECTOR

DR: ADAN CABAL PRIETO

CO-DIRECTORA

DRA: ROSA ISELA CASTILLO ZAMUDIO

HUATUSCO, VER.

FEBRERO 2019



Huatusco, Ver., a 22 de Enero de 2019

C. FATIMA DENISE OSORIO PEÑA
PASANTE DE LA CARRERA DE
ING. EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
P R E S E N T E.

En relación a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación que después de haber sido analizada exhaustivamente la **TESIS** titulada:

“EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE PAPAYA (*Carica papaya* L.) DESHIDRATADA A TRAVÉS DE SECADO CONVECTIVO POR CHAROLA”

Se le notifica que a mi juicio este cumple con los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes de **TESIS**, por lo que se autoriza su impresión.

ATENTAMENTE.

MTRO. DAVID GERARDO VELASCO GONZÁLEZ
DIRECTOR DEL ITSH.

SEP

SEV



**INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE HUATUSCO**
CLAVE 30EIT0013Z
DIRECCIÓN GENERAL



Avenida 25 poniente num. 100 Col. Reserva Territorial
Huatusco, Veracruz, México. C.P. 94100
Tel. (01 273-734-40-00), e-mail: tec_huatusco@hotmail.com
www.itshuatusco.edu.mx



***“El secreto no es correr detrás de las mariposas, es cuidar el jardín
para que ellas vengan hacia ti”***

Mario Quintana

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por darme la fortaleza para seguir adelante con mi carrera, cuando estaba a punto de dejar todo y salir corriendo a la nada, en el encontré la mayor fortaleza para ser una profesionalista.

A Mis Padres: Marcelo y María del Carmen

Por darme la vida y la mejor herencia que pudieron darme mi carrera, por apoyarme en todo momento a lo largo de mis estudios. Les agradezco porque nunca se cansaron de mí, a pesar de que falle como hija, gracias por volver a confiar en mí y por su apoyo incondicional, por estar a mi lado siempre. Nunca terminare de pagarles este gran logro, porque sin ustedes no lo hubiese podido terminar, de corazón mil gracias papás por regalarme esta oportunidad.

A mi hermana Jazmín

Por ser mi razón de ser y darme consejos, ayuda y sobre tu cariño incondicional mil gracias te quiero mucho aunque a veces eres muy enojona nunca dejaras de ser mi hermana menor también quiero decirte que serás una gran persona como profesionalista, hermana y mejor amiga.

A Mis Asesores: Adán y Rosy

Por su apoyo e interés en la realización y culminación de mi proyecto de investigación, así como las facilidades brindadas y dedicación en mi formación como profesionalista. Por confiar en mí y motivarme a siempre dar lo mejor. Gracias por todo nunca olvidare lo que ustedes han hecho por mí, los quiero mucho.

A mi hijo Noé

Sé que estas muy chiquito para poder leer este esfuerzo terminado. Cuando la tengas en tus manitas y puedas leer esto, quiero que sepas que esto no es mío, es el mayor esfuerzo que hice para ti, tú eres mi mayor inspiración para ser alguien en la vida, para poder formarte como un gran profesionalista, soy tu madre, tu padre y tu amiga. Gracias por llegar a mi vida

te amo Noé mi (Noecito) tú fuiste el ánimo para terminar mis estudios y cuidarte es mi promesa, te amo hijo mío nunca me he avergonzado de ti mi príncipe.

A mi amigo Daniel

Por apoyarme y darme palabras de ánimo cuando ya no quería seguir con esto, ambos nos apoyábamos con palabras de aliento y enojo para poder terminar esto. Por regañarme cuando lo necesitaba y apoyarme en todo momento, gracias amigo, no sé si te vuelva a ver después de este largo trabajo juntos, pero quiero agradecerte todo lo bueno que hiciste por mí, eres un gran amigo gracias también por acompañarme es toda estancia en el colegio. Daniel, Dany loco como te decía mil gracias amigo siempre te recordare y te llevare en mi corazón.

A mi amiga Paty

Gracias amiga Paty por apoyarme en este trabajo que llevamos juntas en nuestras residencias, gracias por los momentos de alegría y regaños, aunque no hayas terminado las practicas conmigo, siempre te recordé y me hacías mucha falta para platicar y apoyarme. Mil gracias por todo y también aunque nos vemos poco, siempre te llevare en mi corazón.

A mi amiga Ana y Juan

Ana y Juan muchas gracias por escucharme en todo momento, apoyarme cuando más lo necesitaba, por quererme y confiar en mí. Sé que no pude terminar la carrera con ustedes, pero siempre me hicieron mucha falta, los extraño mucho los últimos dos años. Flacos muchas gracias por todo siempre en mi corazón mejores amigos los quiero mucho este logro también es de ustedes gracias de todo corazón por ser tan buenas personas conmigo.

Fátima Denise Osorio Peña

DEDICATORIAS

Dedico este proyecto de tesis a Dios, mis padres, mi hijo y mi hermana. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera dedicación en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. A mi hijo por ser la inspiración de terminar esta carrera y a mi hermana por aconsejarme en cada momento. En hora buena mil gracias de todo corazón a mi familia, lo más importante en mi vida.

A mi maestro y asesor de tesis Adán Cabal Prieto

Por confiar en mi capacidad como alumna, por apoyarme a lo largo de mi tesis, por sus palabras de ánimo, por regañarme y sobre todo por enseñarme a no rendirme nunca, siempre se lo agradeceré.

A la Dra. Rosa Isela Castillo Zamudio

Por enseñarme cosas nuevas a lo largo de mi estancia como residente, por su apoyo en todo momento y sobre todo por confiar en mí a lo largo de esta tesis siempre se lo agradeceré.

A mi hermana Jazmín Osorio Peña

Por apoyarme en cada momento y aconsejarme cuando me hacía falta. Por su palabras de ánimo y enseñarme a no rendirme nunca en la vida y por regañarme cuando me lo merecía, por preguntar cómo iba en mi trabajo de tesis, por estar al pendiente de mí.

A mi hijo Noé

Por ser parte de mi vida y alegrarla cuando me sentía triste, por ser una pequeña personita que me ha enseñado a seguir adelante y terminar mi carrera y es por ti Noé que lo logre. Ahora me tocará a mí darte lo que mis padres me han dado, no riquezas ni lujos pero si este logro que es mi profesión.

Índice general

Contenido

AGRADECIMIENTOS	2
DEDICATORIAS	6
RESUMEN	10
ABSTRACT	16
I INTRODUCCIÓN	17
II ANTECEDENTES	18
2.1 Situación mundial y nacional en la producción de papaya	18
2.3 Origen y clasificación taxonómica	19
2.4 Deshidratación osmótica	20
2.5 Composición y valor nutritivo.....	21
2.6 Usos y aplicaciones.....	22
2.7 Factores que influyen en las pérdidas postcosecha.....	23
2.7.1 Factores que influyen en el desarrollo de la planta	23
2.7.2 Deterioro de la planta por presencia de plagas.	23
2.7.3 Enfermedades fungosas.....	23
2.7.4 Phytophthora Palmivora	23
2.7.5 Mycosphaerella caricae (mancha anular de la papaya)	24
2.8 Corynespora cassiicola	26
2.8.1 Desórdenes fisiológicos en frutos.....	27
III MARCO TEÓRICO	28
3.1 Proceso de secado.....	28

3.2 Mecanismos del proceso de secado	30
3.3 Secado por charolas.....	32
3.4 Secado por liofilización.....	33
3.5 Propiedades fisicoquímicas de los alimentos deshidratados.....	33
3.5.1 Actividad de agua en productos deshidratados	34
3.5.2 Calor específico	39
3.5.3 Actividad antioxidante.....	39
3.5.4 Textura en alimentos	41
3.5.5 Estudios realizados sobre secado convectivo de frutos.	41
3.6 Aplicación de secado convectivo por charolas en frutas y hortalizas.	41
3.7 Evaluación sensorial en frutos deshidratados	43
3.8 Prueba de nivel de agrado	44
IV JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	45
V Hipótesis	46
VI Objetivo general	46
6.1 Objetivos específicos.....	46
VII MATERIALES Y MÉTODOS	47
7.1 Obtención de la materia prima	48
7.2 Determinación de humedad	49
7.3 Determinación de cenizas	50
7.4 Determinación de °Brix.....	51
7.5 Determinación de textura	52
7.6 Determinación de color.....	52
7.7 Cinética de secado convectivo en charolas.....	53
7.8 Determinación de a_w	55

7.8.1 Determinación de compuestos fenólicos	55
7.8.2 Construcción de la curva de calibración para la determinación de fenoles totales.....	55
7.9 Diseño experimental y análisis de datos	56
8.1 Análisis de pérdida postcosecha de papaya maradol.....	58
8.2 Cinéticas de secado convectivo en muestras de papaya	59
8.3 Cinética de secado en muestra verde	60
8.4 Cinética de secado en grado medio de maduración	62
8.5 Cinética de secado en muestra madura	63
8.6 Pérdida de agua en muestra verde	64
8.7 Pérdida de agua en muestra grado medio	65
8.8 Pérdida de agua en muestra madura	66
8.9 Evaluación de parámetros fisicoquímicos	67
8.10 Determinación de ceniza	70
8.12 Determinación de °Brix.....	71
8.13 Determinación de textura.	72
8.14 Determinación de textura en grado medio de maduración.	72
8.15 Determinación en estado maduro.....	72
8.16 Color de la papaya mediante el proceso de secado por charolas	73
8.17 Determinación actividad de agua (a_w)	75
IX Resultados de los Análisis de varianza (ANOVA)	76
X CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
Bibliografía.....	79

Índice de figuras

Figura 1. Principales países productores de papaya. Fuente: propia.....	17
Figura 2. Papayas en tres estados de maduración. Fuente: propia.....	19
Figura 3. Deshidratación causada por marchitez de la plaga. Fuente: propia.....	23
Figura 4. Raíces en pudrición del árbol de papaya Fuente: propia.....	23
Figura 5. <i>Mycosphaerella</i> en <i>Carica papaya</i> . Fuente: propia.....	24
Figura 6. Mancha en hoja de papayo plaga en la planta. Fuente: propia.....	24
Figura 7. <i>Corynespora cassiicola</i> en papaya. Fuente: propia.....	25
Figura 8. <i>Corynespora cassiicola</i> en papaya. Fuente: propia.....	25
Figura 1. Trayectoria de secado en alimentos. Fuente: propia.....	30
Figura 10. Muestras de papaya madura en charola. Fuente: propia.....	31
Figura 11. Escala de color para la determinación de analisis en frutas. Fuente propia.....	37
Figura 2. Diagrama de proceso en el deshidratado de rodajas de papaya. Fuente: propia.....	46
Figura 13. Rebanadora marca Bermex 250- ST. Fuente propia.....	47
Figura 3. Estufa al vacío para determinación de muestras húmedas. Fuente: propia.....	48
Figura 4. Rodajas de papaya deshidratadas en charolas de aluminio. Fuente propia....	49
Figura 5. Refractómetro para la medición de °Brix. Fuente: propia.....	50
Figura 18. Penetrometro para la determinación de textura. Fuente: propia.....	51

Figura 6. Colorímetro. Fuente: propia.....	52
Figura 7. Colorímetro. Fuente: propia.....	52
Figura 8. Muestra de papaya deshidratada para la toma de color. Fuente: propia.....	52
Figura 22. Secador de charolas o bandejas marca APEX®, serie A 39854-14. Fuente: propia.....	53
Figura 9. Charola con muestra de papaya. Fuente: propia.....	53
Figura 10. Higrómetro para la determinación de actividad de agua marca AquaLab®. Fuente propia.....	54
Figura 11. Frascos con filtrados de compuestos fenólicos. Fuente: propia.....	55

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la <i>Carica papaya</i> L Fuente: propia.....	19
Tabla 2 . Composición química de la papaya. Fuente: propia.....	20
Tabla 3. Desarrollo regional en frutas. Fuente: propia.....	57
Tabla 4. Registro de datos en fruta verde de papaya. Fuente: propia.....	58
Tabla 5. Datos obtenidos de muestra en grado medio de maduración. Fuente: propia.....	60
Tabla 6. Resultados de fruta deshidratada. Fuente: propia.....	63
Tabla 7. Datos en fruta deshidrata en grado medio de maduración. Fuente: propia.....	64
Tabla 9. Parámetros fisicoquímicos que se evaluaron en los muestras de papaya. Fuente: propia.....	66
Tabla 10. Resultados final en la pérdida de humedad del fruto. Fuente: propia.....	67
Tabla 11. Resultados en la determinación de cenizas. Fuente: propia.....	69

Tabla 12. Resultados de muestra verde en la determinación de textura. Fuente: propia.....	71
Tabla 13. Resultados en la determinación de textura grado medio. Fuente: propia.....	71
Tabla 14. Resultados finales en fruta madura de textura. Fuente: propia.....	71
Tabla 15. Determinación de colorimetría en los tres estados de maduración de la papaya. Fuente propia.....	72
Tabla 36. Actividad de aw es estado fresco y deshidratado. Fuente: propia.....	74
Tabla 17.- Análisis de varianza de la variable cenizas (grs) en muestras de papaya.....	75
Tabla 18.- Análisis de varianza de la variable °Brix en muestras de papaya (Carica.....	75
Tabla 19.- Análisis de varianza del peso final (grs) de papaya deshidratada (Carica.....	75
Tabla 20.- Análisis de varianza para la variable croma en rodajas de papaya.....	75
Tabla 21.- Análisis de varianza para la variable Hue en rodajas de papaya (Carica.....	75
Tabla 22.- Análisis de varianza de la variable actividad de agua en muestras de papaya (<i>Carica papaya</i> L.) en tres estados de madurez.....	76

Índice de graficas

Grafica 1.- Determinación de secado en muestra verde	60
Grafica 2.- Determinación en grado medio de maduración.....	62
Grafica 3.- Determinación en muestra madura.....	63
Grafica 4.- Curva de perdida de humedad en muestra verde.....	64
Grafica 5.- Perdida de humedad en grado medio.....	65
Grafica 6.- Perdida de humedad en muestra madura.....	66
Grafica 7.- Porcentaje de humedad en muestra seca.....	69
Grafica 8.- Determinación de cenizas en tres estados.....	70
Grafica 9.- Determinación de °Brix.....	71
Grafica 10.- Colorimetría de papaya en estado deshidratado.....	74

Glosario de siglas y abreviaturas

a_w:	Actividad de agua
EC:	Ecuación
P:	Presión parcial ejercida por el agua del alimento
HR:	Humedad relativa de equilibrio (%)
DPPH:	Difinil-picril-hidrazil
ECNT:	Enfermedades crónicas no transmitibles
°C:	Grados Celsius
mm:	Milímetros
g.m.s:	Gramos de muestra seca
g°:	Gramos
mg:	Miligramos
nm:	Nanómetros
min:	Minutos
°B:	Grados brix
ANOVA:	Analysis of variance, según la terminología inglesa
Kg:	Kilogramos
Lb:	Libras
L:	Luminosidad
a*:	Coordinadas rojo/verde (+a indica rojo,- indica verde)
b*:	Coordinadas amarillo / azul (+b amarillo, b indica azul)
C:	Croma
h:	Hue

RESUMEN

Proceso de secado convectivo por charolas en fruta de papaya (*Carica papaya* L)

La papaya (*Carica papaya* L) es nativa de las zonas tropicales de México, y actualmente se cultiva en algunos estados de la república mexicana. La comercialización de papaya es limitada debido principalmente a daños de pos-cosecha y por su fragilidad es rechazada en el mercado externo. Su industrialización es necesaria para obtener un producto con mayor resistencia y diversidad de consumo para incrementar su comercialización. En este sentido, el proceso de secado es fundamental en la preparación de productos con potencial de exportación. Existe un gran número de técnicas de secado tanto tradicionales (secado por charolas) e innovadoras (liofilización), que garantizan la preservación de las propiedades de los alimentos; los métodos de secado dan lugar a productos que son capaces de recuperar las características de los alimentos frescos después de su rehidratación. El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia del secado por charolas (secado convectivo) sobre las cinéticas de humedad, actividad de agua, color, textura, °Brix y contenido de cenizas. Las papayas (maradol) fueron lavadas y cortadas en rebanadas de (3 mm y 5 mm de espesor). Las rodajas en el secado convectivo se sometieron en temperaturas de 60 y 70° C. El secado convectivo produjo papayas en tres estados de madurez, (verde, grado medio de maduración y madura) para el proceso de secado, los resultados de los tratamientos en los tres estados de madurez, evidenciaron que hay diferencias significativas en el contenido de agua en papaya.

ABSTRACT

Convective drying process by trays in papaya fruit (*Carica papaya* L)

Papaya (*Carica papaya* L) is native to tropical areas of Mexico, and is currently grown in some states of the Mexican Republic. The commercialization of papaya is limited due mainly to post-harvest damages and its fragility is rejected in the external market. Its industrialization is necessary to obtain a product with greater resistance and diversity of consumption to increase its commercialization. In this sense, the drying process is fundamental in the preparation of products with export potential. There is a large number of traditional drying techniques (drying by trays) and innovative (lyophilization), which guarantee the preservation of the properties of the food; drying methods result in products that are able to recover the characteristics of fresh foods after rehydration. The objective of this work was to evaluate the influence of drying by trays (convective drying) on moisture kinetics, water activity, color, texture, ° Brix and ash content. The papayas (maradol) were washed and cut into slices (3 mm and 5 mm thick). The slices in the convective drying were subjected to temperatures of 60 and 70 ° C. The convective drying produced papayas in three stages of maturity, (green, medium degree of maturation and mature) for the drying process, the results of the treatments in The three stages of maturity, showed that there are significant differences in the water content in papaya.

I INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya* L.) pertenece a la familia *Caricaceae* es originario de las zonas tropicales de México y Centroamérica. Se cultiva en terrenos ricos en materia orgánica y que contengan una humedad abundante. En México el fruto de papaya es ampliamente consumido en fresco y se comercializa a nivel nacional e internacional, sin embargo, las pérdidas postcosecha en papaya en el estado de Veracruz son relevantes debido principalmente a enfermedades como la mancha anular y sobreproducción estacional.

Uno de los métodos que nos permite prolongar la vida útil de las frutas es el secado, técnica mediante la cual se preserva la calidad de los alimentos reduciendo la actividad de agua (a_w) por medio de la disminución de contenido de humedad, con lo cual se elimina la posibilidad de su deterioro microbiano (Ríos Pérez, 2005). Algunos métodos de secado aplicados a frutas son: liofilización, secado por aspersión secado por charolas y secado solar. En todos se obtiene un producto con valor agregado, con bajo peso, pero alto valor en nutrimentos. Por ello es uno de los métodos usados en el presente trabajo con la finalidad de alargar la vida útil de papaya.

El secado convectivo por charolas, es un método de secado convencional, es el más conveniente para obtener deshidratados de frutas con menor costo. Sin embargo, en muchos casos pueden sufrir encogimiento y rupturas de tejido, características que retardan la rehidratación y cambian el aspecto agradable del producto. En este sentido, es necesario estudiar las condiciones del proceso de secado que garanticen la calidad física, química y nutrimental del producto final.

El objetivo del presente trabajo es identificar causas de las pérdidas postcosecha de papaya maradol (*Carica papaya* L.) y evaluar el proceso de secado por charolas de la pulpa como estrategia de aprovechamiento y disminución de las pérdida.

2 ANTECEDENTES

2.1 Situación mundial y nacional en la producción de papaya

En la Figura 1 se muestran los principales países productores de papaya a nivel internacional ocupando México el quinto lugar en producción de la fruta.

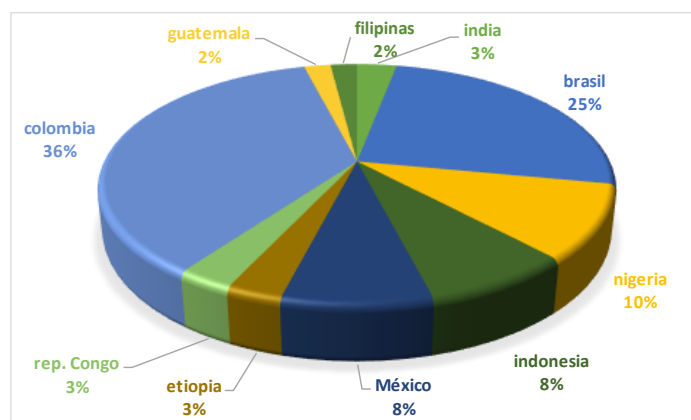


Figura 1. Principales países productores de papaya. **Fuente:** propia

Durante éste mismo periodo del año 1997 a 2008 se sembraron en México 21,519 hectáreas en promedio, tanto de riego como de temporal. Por estado, Veracruz ocupa el primer lugar tanto en superficie sembrada, cosechada y volumen de producción, aunque tiene un rendimiento casi 50% menor al de Chiapas, segundo productor de papaya fresca a nivel nacional. En contraste Oaxaca, Michoacán, Tabasco y Yucatán en conjunto destinaron 5,098 hectáreas en promedio a la siembra de este cultivo, lo que representa el 23.69% de la superficie destinada a su cultivo (Jimenez & Cerero, 2009).

Ante estas cifras, es conveniente señalar el comportamiento que presenta el estado de Veracruz desde 1997, año en que contaba con 12,095 hectáreas dedicadas a éste cultivo; pasando 5,337 en 2000 (la menor cantidad en los últimos 25 años), para luego mostrar una recuperación y alcanzar 9,838 en 2007, y finalmente desplomarse hasta 5,905 en 2008. En contraste, Chiapas ha visto casi cuadruplicada la superficie dedicada al cultivo de papaya, pasando de 540 hectáreas en 1997 a 1,863 en el mismo periodo (Jimenez & Cerero, 2009).

2.3 Origen y clasificación taxonómica

Carica papaya L. (*C. papaya*) es un frutal tropical originaria del norte de Centroamérica y sur de México. Perteneció al género *Carica*, donde existen varias especies a nivel de nuestra región (Badillo & Santamaria , 2015) . Fue descrita por primera vez en 1526 por el cronista español Oviedo quien la encontró en las costas de Panamá y Colombia, Es una especie que existía en Mesoamérica antes de la llegada de los españoles (Siglo XVI) y los pobladores de la cultura Maya utilizaban dicha planta. Fue cultivada rápidamente en los trópicos, ya que la distribución, indudablemente ha sido auxiliada por la abundancia de semillas de relativamente amplia viabilidad. Este fruto se ha adaptado en diversas regiones tropicales, particularmente en áreas con suelos fértiles y lluvia abundante.

En México, a finales del Siglo XX la mayoría de los productores dejaron de sembrar las poblaciones de papaya nativas (Soriano- Melgar , 1999) , que tenían cierta importancia local o regional. Una de las razones pudo ser la presencia del virus de la mancha anular del papayo en el año 1975 (Villegas & Mora , 2011). Aunado a esto, la introducción de variedades mejoradas de papayo trajo como consecuencia el desplazamiento de los materiales nativos. Una de estas variedades fue la Maradol, originaria de Cuba, la cual muestra características morfoagronómicas sobresalientes como la altura a la primera flor (45.4 cm), sólidos solubles totales (8.2-13.1°Brix), color de pulpa roja, fruto de tamaño intermedio (2081.8 g), y mayor vida de anaquel respecto de la „Cera Amarilla“ y „Sunset“ (Acosta , 2001).

La papaya es una planta dicotiledónea a la familia *Caricaceae*, una familia que contiene 35 especies agrupadas en cuatro géneros (*Carica*, *Cylicomorph*, *Jarilla* y *Jacaratia*). Existe una gran variedad de papayas, el género *Carica* es el único que se cultiva como árbol frutal mientras que los otros géneros son cultivados como ornamentales (Teixeria da Silva & Teixeira Souza Jr, 2007). En la tabla 1 se muestra el Sistema Integrado de Información Taxonómica (ITIS) para clasificar a la *Carica papaya* L.

Tabla 4. Clasificación taxonómica de la *Carica papaya* L **Fuente:** propia

Reino	Plantae
Sub-reino	Viridaeplantae
Súper-división	Embriófita
División	Traqueofita
Clase	Magnoliopsida
Orden	Brasicales
Familia	Caricaceae
Género	Carica L.
Especie	Carica papaya L.

2.4 Deshidratación osmótica

Los árboles frutales del papayo pertenecen a la familia de *Caricaceae* tiene una altura promedio de 2.17 y 10 m, longitud de hoja de 1.54 m, ancho de hoja de 0.74 m, altura del primer fruto de 70 cm, peso del fruto de 2 a 2.8 kg y 12.44 o °Brix. El híbrido ‘Azteca’ produjo un promedio de 38.5 frutos/planta vs. 33.9 de la variedad ‘maradol’ (Mirafuentes Hernández & Azpeitia Morales , 2008). Es un planta de origen vigoroso, hojas de color verde oscuro con textura gruesa, frutos de 2 a 3 kg de peso fresco; mide de 3.5 m, fruto de color naranja con semillas café oscuro; y con tolerancia de virosis (síntomas de virosis en el follaje) (Mirafuentes Hernandez & Azpeitia Morales , 2008).



Figura 2. Papayas en tres estados de maduración. **Fuente:** propia

2.5 Composición y valor nutritivo

En la Tabla 2 se presenta la composición química de 100 g de pulpa de papaya. El principal componente de esta fruta es el agua (un 88% en promedio), seguido de los hidratos de carbono (6,3 gramos por cada 100 gramos de parte comestible), lo que la hace ser un alimento de bajo aporte calórico, tan sólo aporta 26,5 calorías por cada 100 gramos de parte comestible.

Tabla 5 .Composición química de la papaya. **Fuente:** propia

Elemento	Porcentaje
Calorías	23.1 – 25. 8 g
Humedad	85.9 – 92.6 g
Calcio	12.9 – 40.8 g
Cenizas	0.31 – 0.66 g
Fibras	0.5 – 1.5 g
Fosforo	5.3 – 22.0 g
Lisina	0.15 – 1 .00 g
Ácido ascórbico	35.5 – 71. 3 g

La composición de fibra soluble (compuesta por pectina) le atribuyen a la papaya un efecto laxante suave, sobre todo a su alto contenido de ácido ascórbico y en compuestos derivados de la hidroxifenilixantina, sustancia que estimula suavemente los movimientos peristálticos del intestino (mediante la estimulación de la musculatura lisa del colon).

Durante el período de maduración del fruto, hay una débil disminución del contenido en sólidos insolubles en alcohol, almidón y algunos minerales y un aumento en azúcares. La concentración de ácidos varía mucho desde su formación al estado

maduro. El contenido en hierro aumenta con el desarrollo del fruto, mientras que el potasio, fósforo y calcio no sufrían apenas modificaciones. El contenido en vitamina C y A, así como en proteínas aumentaba con la maduración.

En cuanto a su contenido de minerales, destaca por su aporte en potasio, posee 211 mg por cada 100 gramos de parte comestible. Además contiene un alto nivel de calcio con un porcentaje de 12.9 g a 40.8 g (Jimenez & Cerero, 2009). Posee otros minerales como el magnesio, (8 mg por cada 100 gramos de parte comestible) y pequeñas cantidades de hierro y calcio.

La papaya, se considera una fruta con alto poder antioxidante ya que aporta licopeno, un carotenoide que constituye el color de la papaya. Asimismo, el flavonoide criptoxantina, que “actúa como antioxidante frente a los radicales libres, responsables del envejecimiento prematuro de las células.

Los flavonoides protegen de la oxidación del colesterol LDL, por lo que ayudan a la prevención de enfermedades cardiovasculares.

2.6 Usos y aplicaciones

La fruta madura se come habitualmente fresca, pero también obtiene un excelente sabor, se consume como postre o conserva con azúcar (Maruchi, Rodríguez, & R. Pastor, 2008).

Los frutos son considerados como diuréticos y antiespasmódicos. En la medicina tradicional las cocciones de frutas son empleadas para regularizar problemas menstruales, un preparado de la pulpa, actúa eficazmente en los problemas de diarreas crónicas. También se usa en el tratamiento de diversos tipos de úlceras y disentería. Puede prevenir la flatulencia infantil y los gases intestinales. En Filipinas se reporta el uso de jocote en diversas estomatitis infantiles (Ríos Pérez J. M., 2005) además de que investigación recientes sugieren que el consumo de papaya deshidratadas ayudan a retrasar el desarrollo de aterosclerosis (acumulación de depósitos adiposo llamados placa en el interior de las paredes de las arterias) debidos a la alta actividad antioxidante de los frutos secos (Badui Dergal, 2006).

2.7 Factores que influyen en las pérdidas postcosecha

2.7.1 Factores que influyen en el desarrollo de la planta

Las condiciones esenciales para el buen desarrollo de la planta y el logro de un buen fructificación son la humedad y el calor. Puede resistir fríos ligeros, pero si las temperaturas son bajas durante mucho tiempo se produce un retraso en el crecimiento y una merma.

2.7.2 Deterioro de la planta por presencia de plagas.

En árboles de lechosa (*Carica papaya L.*) de tipo maradol ubicadas en el municipio de Cotaxtla Veracruz, se ha observado en frutos de diferentes estados de desarrollo (verdes y maduras) sintomatológicamente con manchas color marrón en la parte central de la fruta (Lugo & Alvarado, 2004).

2.7.3 Enfermedades fungosas

Prácticamente, los frutos son altamente resistentes a la acción de patógenos post-cosecha hasta el momento en que llegan al estado de madurez, las lesiones en los frutos se desarrollan más rápido durante la senescencia que en los frutos que están recién cosechados y madurados adecuadamente. Al tomar en cuenta el mecanismo de acción de los hongos, las infecciones se pueden clasificar en infecciones latentes que ocurren durante el crecimiento y desarrollo del fruto e infecciones en heridas. Las infecciones por heridas se caracterizan por ser causantes de hongos, que carecen de la enzima cutinasa y por lo tanto son incapaces de romper la cutícula, asimismo va a requerir de un agente externo que rompa la cutícula del fruto y de esta manera realizar la infección. Las heridas pueden ser provocadas por insectos, daños mecánicos y el desarrollo de infecciones quiescentes como la antracnosis (Vazquez Garcia, 2010).

2.7.4 Phytophthora Palmivora

La marchitez de la Papaya es causada principalmente por *Phytophthora Palmivora*, aunque otros hongos como *Fusarium* y *Rhizoctonia* también se han encontrado en este árbol (Lugo de Cumare Z. F., 2004).

Los síntomas que presentan las plantas enfermas son la presencia de tallos deshidratados hacia el ápice de crecimiento mostrando marchitez de las hojas (Figura 3). Además, los arboles pueden presentar una apariencia necrótica y acuosa (pudrición) que fácilmente se descortezaza y el centro de la raíz también se necrosa (Figura 4).



Figura 3. Deshidratación causada por marchitez de la plaga. **Fuente:** propia.



Figura 12. Raíces en pudrición del árbol de papaya. **Fuente:** propia.

2.7.5 *Mycosphaerella caricae* (mancha anular de la papaya)

La mancha anular de la Papaya es causada por el hongo *Mycosphaerella caricae*, esta enfermedad está ampliamente distribuida, y es sin duda una de las enfermedades más comunes de este cultivo (Lugo de Cumare Z. F., 2004).

Los síntomas causados por esta enfermedad se pueden observar en las hojas de las plantas, especialmente en los bordes de la misma, donde causan quemaduras severas. La Figura 5 muestra las hojas del papayo con manchas del hongo y la Figura 6 la mancha café en hoja de la planta ocasionada por la deshidratación de la planta.



Figura 13. *Mycosphaerella* en *Carica papaya*. **Fuente:** propia



Figura 14. Mancha en hoja de papayo plaga en la planta. **Fuente:** propia.

Esta enfermedad es fácilmente distinguible de otras pues muestra una lesión necrótica de forma anular en los márgenes de la hoja a medida que avanza la lesión se forman pequeños puntitos negros (peritecios) sobre la hoja, en donde se pueden encontrar las ascas y ascosporas que permiten su identificación (Brechelt, 2004).

2.8 *Corynespora cassiicola*

La mancha café de la papaya es causada por el hongo *Corynespora cassiicola*, esta enfermedad está ampliamente distribuida en muchos países, entre los cuales se encuentra México (Lugo de Cumare & Fuguet de Alvarado , 2004). (Calderon Rivera & Cepeda Vergara). En las Figuras 7 y 8 se logran identificar como el hongo logra afectar al fruto de papaya provocando una perdida en la producción y así mismos dañando a la fruta en buen estado.



Figura 15. *Corynespora cassiicola* en papaya. **Fuente:** propia



Figura 8. *Corynespora cassiicola* en papaya. **Fuente:** propia

2.8.1 Desórdenes fisiológicos en frutos

De acuerdo con (Vazquez Garcia, 2010). Entre los desórdenes fisiológicos se incluyen a los siguientes:

- Manchas oscuras opacas sobre el lado expuesto al sol o cuando se presentan lluvias y bajas temperaturas en los dos meses anteriores a la cosecha.
- Escaldado por el sol sobre los frutos desarrollados en árboles con poco follaje; cuando, los frutos se exponen directamente al sol o bien al ser cosechados quedan expuestos al sol.
- Defectos en la flor que pueden ser severos. Estos desórdenes dejan un canal abierto al final de la cavidad floral de la fruta. Normalmente, los frutos con este desorden quedan expuestos a enfermedades de origen bacteriano en la cavidad de las semillas antes de una cosecha normal.

III MARCO TEÓRICO

3.1 Proceso de secado

El secado es la operación que elimina, por evaporación, el agua de una materia humedad (sólida o líquida), es por eso que numerosos productos alimenticios son secados en el momento de su transformación y/o conservación, esto con el fin de convertir productos perecederos en productos estables debido a la disminución de la actividad de agua (Boulogne S, 2015).

La deshidratación es una de las técnicas más antiguamente utilizada para la conservación de alimentos. El secado de frutas, granos, vegetales, carnes y pescados ha sido ampliamente utilizado desde los albores de la humanidad proporcionando al hombre una posibilidad de subsistencias en época de carencias. Actualmente existe una gran demanda de alimentos de alta calidad en el mercado, entre los cuales se encuentran los alimentos deshidratados estos deben de poseer altas propiedades nutricionales y organolépticas con niveles similares a los de un producto fresco (Sharma, 2003).

El secado de los alimentos es un complejo fenómeno que implica procesos de transferencia de cantidad de movimiento, calor y masa. Por lo que se define mejor la deshidratación como la operación básica por lo que el agua que contiene un sólido o una disolución (generalmente concentrada) se transfiere a la fase fluida que lo rodea debido a los gradientes de la actividad de agua (a_w) entre ambas fases.

Todas las operaciones de secado dependen de aplicación de calor para vaporizar el agua o los constituyentes volátiles. El mecanismo que regula el secado de un producto en forma de partículas que dependen de la estructura d este y de los parámetro de secado como contenido de humedad, dimensiones de producto, temperatura del medio de calentamiento, velocidades de transferencia superficiales y contenido de humedad en equilibrio (Sharma, 2003).

El propósito del secado o deshidratación de materiales biológicos (en especial los alimentos), es aumentar su vida de anaquel, mediante la reducción de la actividad de agua, lo que inhibe el crecimiento microbiano y la actividad de las enzimas.

Los microorganismos que provocan la descomposición de los alimentos no pueden crecer y multiplicarse en ausencia de agua. Además, muchas de las enzimas que causan los cambios químicos en alimentos y otros materiales biológicos no pueden funcionar sin agua. Los microorganismos dejan de ser activos cuando el contenido de agua se reduce al 10% en peso. Sin embargo, generalmente es necesario reducir este contenido de humedad por debajo del 5 % en peso en los alimentos, para preservar su sabor y su valor nutritivo. Los alimentos secos pueden almacenarse durante períodos bastante largos (Geankliplis, 1998).

Otros de los objetivos de la deshidratación de alimentos es la transformación de estos en materias primas adecuadas para el mezclado y formulación de nuevos productos u obtener formas físicas deseadas (por ejemplo, polvos, papaína) como el uso de papaya deshidratadas, frutas y cereales para desayuno etc.

Las operaciones de deshidratación conllevan una apreciable reducción del peso y volumen de los alimentos que se deshidratan, consiguiéndose así un importante reducción de los costes de transporte y almacenamiento de estos productos la máxima reducción de volumen (Fito Maupoey, 2001).

Sin embargo, este procesos también puede afectar la calidad nutritiva y el sabor de los alimentos (Sharma, 2003), es por ello que durante el procesamiento y manejo de los alimentos se busca mejorar y preservar sus cualidades originales al favorecer o evitar cambios que tengan que ver con la aceptación o rechazo, su utilidad, su calidad nutricional o su seguridad al no tener compuestos o sustancias tóxicas. La temperatura y la exposición prolongada al oxígeno presentes en el secado, son factores importantes que producen o favorecen cambios en los alimentos. El estudio de estos cambios generalmente se hace mediante técnicas de cinéticas u otros procedimientos de análisis más complicados. Por lo cual los procesos de secado se clasifican de acuerdo con las condiciones físicas usadas para adicionar calor y extraer vapor de agua: (1) en la primera categoría, el calor se añade por contacto directo con aire caliente a presión atmosférica, y el vapor de agua formado se elimina por medio del mismo aire; (2) en el secado al vacío, la evaporación del agua se verifica con mayor rapidez a presiones bajas, y el calor se transmite indirectamente por contacto por la pared metálica por radiación. Es importante

mencionar, que cuando se trata de secado de alimentos, generalmente nos interesa conservar las propiedades nutritivas y organolépticas de los alimentos, es por eso que se debe trabajar a temperaturas bajas, entre los 30 y 40 °C. (Torres Lara, 2015).

3.2 Mecanismos del proceso de secado

Los procesos de secado han sido utilizados desde que se descubrió que los alimentos pueden ser preservados por este medio y que algunos materiales, a través del secado, pueden convertirse en buenos materiales estructurales. Actualmente una gran cantidad de productos son secados por diversas razones: preservación, reducción de peso o volumen para su transporte, mejoramiento de su estabilidad dimensional, o como una etapa más de su procesamiento (Hernández Rodríguez, 2005).

La transferencia de materia a través de un sólido poroso, como suelen ser los sólidos que se deshidratan en las industrias.

Teniendo en cuenta que el alimento sometido al proceso de deshidratación. Cuando el aire se calienta entra en contacto con un alimento húmedo, su superficie se calienta y el calor transmitido se utiliza como calor latente de vaporación, con lo que el agua que contiene pasa a estado de vapor. El vapor de agua, que atraviesa por difusión la capa de aire en contacto con el alimento, es arrastrado por aire caliente en movimiento generándose sobre aquel una zona de baja presión y creándose entre el aire caliente y el alimento un gradiente de presión de vapor. Este gradiente proporciona la fuerza impulsora que permite eliminar el agua (Fellows & Sala Trepát, 1999). En la Figura 9 se muestra un ejemplo de la trayectoria del aire de secado de los alimentos.

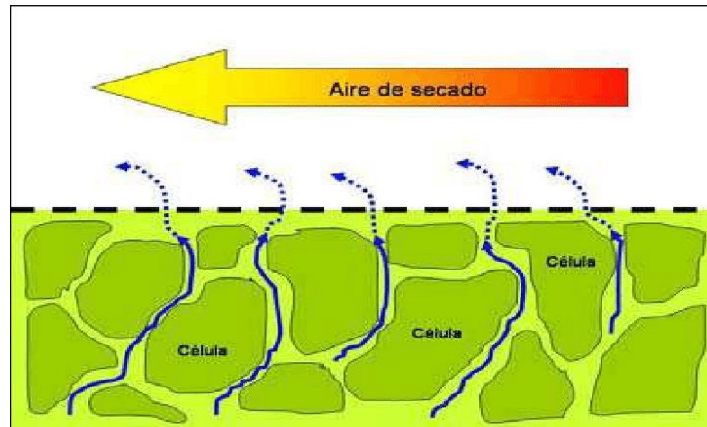


Figura 16. Trayectoria de secado en alimentos. **Fuente:** propia

De acuerdo a la imagen los mecanismos de transferencia de materia en el interior del sólido son, el movimiento de agua debido a las fuerzas capilares, difusión, provocada por las diferencias de concentración de solutos entre las distintas partes del alimento, difusión del agua absorbida en diversas capas sobre la superficie de los componentes sólidos de los alimentos y difusión gaseosa provocado por el gradiente de presión de vapor existentes en el interior del alimento.

En el secado la transferencia de calor hacia la interface puede realizarse por los tres mecanismos conocidos: convección, conducción, y radiación. En algunas ocasiones es alguno de estos mecanismos el que predomina, mientras que en otras el calor se transmite por la combinación de ellos (Fito Maupoey, 2001). El proceso de secado de materiales puede ser descrito por una serie de etapas en las cuales la velocidad de secado es importante. El secado de diversos sólidos bajo diferentes condiciones constantes de secado casi siempre produce curvas de forma variable en el periodo de velocidad decreciente.

3.3 Secado por charolas

El más sencillo de los mecanismos de secado es el secador de charolas, el cual consiste esencialmente en un gabinete en el que se coloca el material que se va a secar sobre charolas en una unidad intermediente. El secador puede tener espacios para 10 o más (S. Foust, 2006) charolas. Pueden ser entrepaños de fondo sólidos con el aire circulando a través de la parte superior e inferior del entrepaño o pueden tener una base de malla con la circulación de aire controlada. En la figura 10 se muestra la charola con muestras de papaya.



Figura 10. Muestras de papaya madura en charola. **Fuente:** propia

En algunos secadores, para evitar esta dificultad, se emplea un sistema para invertir la trayectoria de flujo de aire o se deben de girar las bandejas durante el proceso para lograr un secado uniforme. Una ligera modificación, utilizada consiste en la incorporación de vacío a la cámara de secado; este vacío mantiene lo más bajo posible la presión de vapor alrededor de productos a secar, además de que también reduce la temperatura a la que la humedad del producto se evapora, lo que produce una mejora en la calidad del producto (Singh & Heldman, 2001).

3.4 Secado por liofilización

La liofilización se define como un proceso de estabilización en el cual la materia primero se congela y se concentra el solvente, comúnmente el agua reduciendo mediante sublimación, a niveles que no sostendrán más el crecimiento biológico o las reacciones (Ramirez Navas , 2006).

La liofilización involucra varias etapas: Preparación de la materia prima previo a sus tratamientos. Los alimentos deben ser preparados antes del proceso (limpiado, pelado, acondicionado, cortado, blanqueado cuando sea necesario). Para aumentar la permeabilidad, se hacen agujeros en la piel de los alimentos, a la carne se le extrae la grasa, ya que interfiere el proceso de sublimación y cuando sea se le corta se hace perpendicular a la fibra. Los líquidos deben de concentrarse previamente para disminuir el contenido de agua y de esta manera acelerar el proceso de liofilización. Congelación la temperatura y el tiempo de congelación se encuentran en función de la concentración de los solutos de la solución. En el caso de los alimentos la temperatura de congelación es menor que la temperatura de congelación del agua pura.

Al final del proceso de congelación se obtendrá una masa de beberá de ser rígida. Formando una mezcla eutéctica consistente en cristales de hielo y componentes alimenticios la cual es requerida para lograr remover el agua por sublimación.

La ventaja de este proceso de liofilización con respecto al secado por charola es que la microestructura del alimento deshidratado queda intacta; sin embargo, es un proceso caro que se aplica generalmente en alimentos con alto valor comercial como los medicamentos, por lo tanto, no es accesible para todo tipo de sector.

3.5 Propiedades fisicoquímicas de los alimentos deshidratados

Al deshidratar los alimentos, se producen cambios físicos y químicos que influyen en la calidad final, por lo que la producción de cualquier alimento deshidratado no solo es necesario optimizar la operación en términos de volumen de producción o

costo, sino que además es requisitos fundamentales ofrecer productos que satisfagan las necesidades y requerimientos del consumidor.

El interés por mejorar la calidad de este tipo de productos, especialmente de fruto y vegetales secos, conducen a estudiar las diferentes propiedades fisicoquímicos de los alimentos, ya que están avalúan y definen las características finales, vida útil y precio del producto deshidratado. Las investigaciones llevadas a cabo en este campo han permitido minimizar los aspectos negativos de los productos deshidratados de manera que las industrias de este sector ofrecen al mercado mayor calidad, es decir productos secos de rápida constitución que poseen propiedades sensoriales lo más parecida a las del alimento fresco.

Es conocida la importancia que presenta el concepto de actividad de agua (a_w), para la estabilidad bioquímica y microbiológica de los alimentos. El agua es quizá el factor individual que más influye en la alterabilidad de los alimentos. Se ha demostrado que alimentos con el mismo contenido de agua se alteran de forma distinta, por lo que se deduce que la cantidad de agua no es por si sola una herramienta indicativa del deterioro de los alimentos, y por ello se relaciona el contenido de humedad (X; g agua/g masa húmeda) con la (a_w).

3.5.1 Actividad de agua en productos deshidratados

La actividad de agua (a_w) es la cantidad de agua libre en el alimento, es decir, el agua disponible para el crecimiento de microorganismos y para que se puedan llevar a cabo diferentes reacciones químicas. Tiene un valor máximo de 1 y un valor mínimo de 0. Cuanto menor sea este valor, mejor se conservará el producto.

La actividad de agua se define de acuerdo a la Ec. (1)

$a_w = \frac{p}{P_0} = \frac{HR}{100}$	Ec. 1
--	-------

En donde:

(a_w) es la relación entre la presión de vapor del agua del alimento y la presión de vapor del agua pura y toma valores de 0 a 1.

P es la presión parcial ejercida por el agua del alimento

p_o es la presión de vapor del agua pura

HR es humedad relativa de equilibrio (%).

El concepto de (a_w), que indica la fracción del contenido de humedad total de un producto que está libre y en consecuencia, disponible para el crecimiento de microorganismos y para que puedan llevar a cabo que afectan diversas reacciones químicas que afectan su estabilidad (Millan, Roa, & Tapia, 2001). Del agua libre contenida de un alimento dependen de las propiedades biológicas y texturas de este, pero también es responsable a gran medida de las reacciones químicas, enzimáticas y microbiológicas, que son las tres principales causas del deterioro del producto, mientras que el agua ligada está unida a la superficie sólida y no puede intervenir en estos procesos. Es decir, bajo este esquema solo una parte del agua libre es capaz de propiciar estos cambios (Badui Dergal, 2006). Para medir dicha fracción se definió el término actividad acuosa que se viene empleando desde 1953 y que repleta el grado de integración del agua con los demás constituyentes, o la porción que está disponible en un producto para sustentar las reacciones ya mencionadas. Con base s esto se puede predecir la estabilidad de un alimento (Badui Dergal, 2006).

La actividad de agua está relacionada con la textura de los alimentos: a una mayor actividad, la textura es mucho más jugosa y tierna; sin embargo, el producto se altera de forma más fácil y se debe tener más cuidado. A medida que la actividad de agua disminuye, la textura se endurece y el producto se seca más rápido. Por el contrario, los alimentos cuya actividad de agua es baja por naturaleza son más crujientes y se rompen con facilidad. En este caso, si la actividad de agua aumenta, se reblandecen y dan lugar a productos poco atractivos. En ambos casos, el parámetro de la actividad de agua del alimento es un factor determinante para la seguridad del mismo y permite determinar su capacidad de conservación junto con la capacidad de propagación de los microorganismos (Ríos Pérez J. M., 2005).

Es por ello que el objetivo fundamental de la deshidratación es extender la vida útil de los alimentos a través de una importante reducción de su actividad acuosa, ya que ésta disminuye o inhibe el crecimiento microbiano y la actividad enzimática (Ríos Pérez J. M., 2005). Se tiene información sobre la actividad acuosa de un gran número de alimentos en general; las frutas en fresco tienen un valor promedio de 0.983, las hortalizas de 0.985 y la carne de 0.990. Contrariamente a éstos los productos deshidratados van de aproximadamente 0.4 a 0.6 ya en alimentos libres totalmente de humedad.

3.5.1.1 Humedad

En la mayoría de los equipos de secado el producto a secar está en contacto con una mezcla de aire de vapor de agua (aire con algún grado de humedad). Si un alimento sólido húmedo se pone en contacto con aire de temperatura y humedad constantes como sucede cuando se usa el aire en exceso, después de un tiempo suficiente el sólido alcanzará una humedad de equilibrio que depende de la humedad y temperatura con que estuvo en contacto (Orrego Alzate, 2003).

La humedad de equilibrio X al que puede llevarse el contenido de humedad de una sustancia por contacto con aire de humedad y temperatura determinada, si la humedad del sólido es mayor que la del equilibrio, el sólido se secará hasta alcanzar la humedad de equilibrio (Orrego Alzate, 2003).

3.5.1.2 Color

El color es una calidad organoléptica de los alimentos que se aprecia por medio del sentido físico de la vista, suele ser considerado como un factor psicológico de aceptación y un criterio para elegir un alimento, incluso en los productos de origen vegetal se relaciona con la posibilidad de poder distinguir su grado de maduración y su idoneidad (Bello Gutierrez , 2000).

En el caso de las frutas y vegetales el color depende de la presencia de cuatro tipos de fundamentos fundamentales de pigmentos, carotenoides, antocianinas y compuestos fenólicos. Por otra parte la coloración de alimentos marrones frecuentes indeseadas se asocia a reacciones de pardeamiento no enzimático (reacción de Maillard, propiciada por las altas temperaturas), pardeamiento de tipo de tipo

enzimático y en producido por la caramelización de los azúcares. Todo esto puede afectar en forma negativa a la presentación y al sabor de los productos (Contreras Monzón , 2006).

Cuando el deterioro del color es visualmente extenso, el producto resulta inaceptable, por lo que industrialmente el color puede ser una característica determinada para el éxito comercial de innumerables productos.

La importancia tecnológica de estas relaciones reside en la posibilidad de utilizar el color como índice de transformaciones naturales de los alimentos frescos o de cambios ocurridos en el proceso industrial (Villa Rivera, 2002). En este sentido, es necesario disponer de métodos objetivos de medida de esta propiedad que permitan la obtención de valores comparables y reproducibles.

El sistema **L, a, b** de Hunter se desarrolló tomando como base teoría de los colores opuestos de Hering; con las cuales se establecen coordenadas triestímulo dentro de un espacio cartesiano (Figura 12) donde **L** corresponde a la claridad, mientras que **a** y **b** a la cromaticidad.

Por lo cual es fundamental el estudio de las propiedades ópticas en los alimentos, las cuales derivan de los fenómenos de transformación de la luz que inciden sobre ellos, transparencia, turbidez, color y brillo (Contreras Monzón , 2006).

La importancia tecnológica de estas relaciones reside en la posibilidad de utilizar el color como índice de transformaciones naturales de los alimentos frescos o de cambios ocurridos en el proceso industrial (Villa Rivera, 2002). En este sentido, es necesario disponer de métodos objetivos de medida de esta propiedad que permitan la obtención de valores comparables y reproducibles.

El sistema **L, a, b** de Hunter se desarrolló tomando como base teoría de los colores opuestos de Hering; con las cuales se establecen coordenadas triestímulo dentro de un espacio cartesiano donde **L** corresponde a la claridad, mientras que **a** y **b** a la cromaticidad.

El valor **L** representa la aproximación matemática de la respuesta del ojo al negro y blanco. Un blanco perfecto tiene un valor de cero en la escala de **L**. concretamente

a define el componente rojo-verde; rojo para valores positivos y verde para valores negativos. El parámetro **b** define el componente amarillo-azul; amarillo para los valores positivos y azul para los valores negativos. Los colores son tanto más saturados cuanto más separados se encuentran del centro del espacio de color Hunter **L**, **a**, **b** los puntos que los definen (Villa Rivera, 2002). En la Figura 11 se muestra un ejemplo de la escala del color donde L representa la luminosidad (a) colores entre el rojo y verde mientras que (b) los que están en la escala del azul y amarillo.

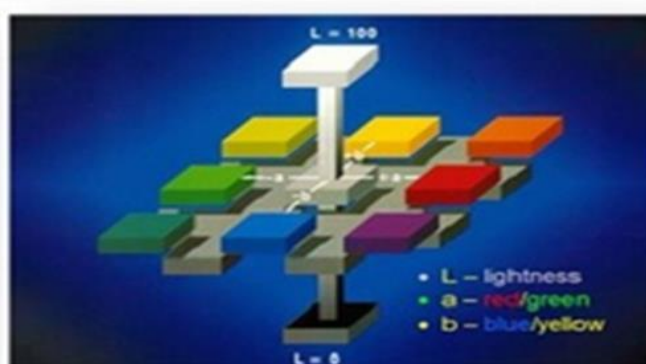


Figura 11. Escala de color para la determinación de análisis en frutas. **Fuente** propia

El análisis de color mediante los parámetros de Hunter (L, a y b) proveen información útil para el control de calidad de frutas y verduras durante su procesamiento térmico, ya que el color de estos cambia debido a las reacciones ocurridas en el interior del material alimenticio, alterando sus características superficiales y por lo tanto su color final y refractancia. Por lo general, cuanto más largo es el proceso de secado y más elevada la temperatura, mayores, son las pérdidas de los pigmentos.

3.5.1.2 Propiedades térmicas de los alimentos.

Debido a que muchas etapas de la elaboración y conservación de los alimentos implican la transferencia de calor, debido a un proceso de calentamiento o enfriamiento, es importante conocer las propiedades térmicas de los alimentos, los cuales son parámetros esenciales en el diseño de equipos y de la ingeniería de los alimentos. La importancia de la aplicación de las propiedades térmicas se debe a lo siguiente.

- Cálculo de transferencia de calor
- Velocidad de la transferencia de calor al alimento.
- Debido a la gran variedad de alimentos, para su utilización adecuada en el diseño de equipo y de procesos

3.5.2 Calor específico

Con el contenido de agua es uniforme es por ello que durante el secado, la capacidad en el caso del calor específico, indica la cantidad de energía en forma de calor que gana o pierde un sistema por unidad de masa, para que se produzca en el cambio de temperatura de un grado, sin que haya cambio de estado. En los alimentos de calor específico depende de su composición. Principalmente al contenido de agua, debido a que el agua tiene una capacidad calorífica mucho mayor del otro componente en un alimento. Por tanto la capacidad calorífica del alimento es significativamente afectada por la cantidad de contenido de agua presente. Se ha establecido que la variación del calor específico calorífica se reduce.

3.5.3 Actividad antioxidante

Los antioxidantes son compuestos los cuales pueden inhibir o retardar la oxidación de otras moléculas inhibiendo la iniciación y/o propagación de las reacciones en cadena de los radicales libres. Los antioxidantes se dividen en dos categorías principalmente que son: sintéticos y naturales. En general los antioxidantes

sintéticos son compuestos de estructuras fenólicas con varios grados de sustitución alquílica, mientras que los antioxidantes naturales pueden ser: compuestos fenólicos (tocoferoles, flavonoides y ácidos fenólicos), compuestos nitrogenados (alcaloides, derivados de la clorofila, aminoácidos y aminas) o carotenoides así como el ácido ascórbico. Los antioxidantes sintéticos como el BHA y BHT (Butil – hidroxianisol y Butil - hidroxitolueno) han sido utilizados como antioxidantes desde principios del siglo pasado. Sin embargo, se han impuesto medidas de precaución y se ha restringido su uso debido a su carcinogenicidad. Debido a esto, el interés por los antioxidantes naturales se ha incrementado considerablemente ya que la capacidad de actuar como antioxidante se ha demostrado en el laboratorio y mencionado en la literatura (Villa Rivera, 2002).

Con el incremento del interés por los antioxidantes, también ha incrementado el uso de métodos para estimar su eficiencia de cada sustancia como antioxidante. Un método que está aceptado en la actualidad por la comunidad científica, es el basado en el uso del radical libre estable difenil-picril-hidrazil (DPPH). La capacidad antioxidante de un alimento depende de la naturaleza y concentración de los antioxidantes naturales presentes en él. El contenido de los principales antioxidantes en los alimentos varía de un alimento a otro, dentro de un mismo grupo como el de frutas y vegetales. El hecho que los alimentos difieran en su poder antioxidante explica que también difieran en su capacidad para prevenir las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) asociadas al estrés oxidativo (Villa Rivera, 2002).

Muchos antioxidantes naturales, en especial los flavonoides, muestran un amplio rango de efectos biológicos incluyendo funciones antibacteriales, antivirales, antiinflamatorias, anti alergénicas, antitrombóticas y vasodilatadores. Una terapia antioxidante provee una alternativa barata para el tratamiento de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo ya que se ha demostrado el efecto antioxidante de productos naturales provenientes de las plantas. La actividad antioxidante y su relación con la propiedad curativa de una gran cantidad de plantas medicinales han sido reportadas en diversas investigaciones.

3.5.4 Textura en alimentos

La palabra textura deriva del latín textura, que significa tejido, y originalmente se toma en referencia a la estructura, sensación y apariencia de los tejidos. En 1960 se empezó a utilizar para describir la constitución, estructura o esencia de cualquier cosa en relación con sus constituyentes, elementos formativos. La textura se define como todos los atributos mecánicos, geométricos y superficiales de un producto perceptibles por medio de receptores mecánicos, táctiles y, si es apropiado, visuales y auditivos (Feippe & Carballo, 2003).

3.5.5 Estudios realizados sobre secado convectivo de frutos.

Las frutas y hortalizas mexicanas son reconocidas en todo el mundo por su gran calidad organoléptica, en especial por la intensidad de su color y sabor. La papaya no es la excepción y prueba de ello es que México es uno de los principales productores y exportadores de papaya ‘maradol’, con un constante crecimiento en los mercados de Estados Unidos de América y Canadá.

Existen algunas investigaciones realizadas a las diferentes especies de papayas: pero con respecto a la *Carica papaya* L. se encuentra principalmente aquellos cuyo objetivo es establecer las características físicas y fisiológicas durante el desarrollo y pre cosecha de la papaya así como otros estudios que permiten establecer sistemas de manejo adecuados para reducir las pérdidas de calidad y cantidad durante la recolección y la pos cosecha. A continuación se mencionara algunas investigaciones de secado en otros frutos.

3.6 Aplicación de secado convectivo por charolas en frutas y hortalizas.

Sobre el secado por charolas de plantas y hortalizas se tiene una amplia información. Algunos antecedentes científicos sobre el tema se muestran a continuación, los cuales sirven de referencia de cómo pueden afectar las condiciones de secado sobre ciertas características de un alimento.

(Ríos Pérez J. M., 2005) Realizaron un estudio para evaluar la influencia de los frútanos en la cinética de secado de rebanadas de plátano (*Musa acuminata*) y mango (*Mangifera indica*). Las rebanadas de fruta (3 cm de diámetro y 0.2 cm de

espesor) fueron secados en un secador de charolas a 50 y 70 °C. Los frutos frescos fueron llevados a un pretratamiento de soluciones de inulina y frútanos nativos de agave (FNA) (0 y 10 % peso/peso) por 15 minutos, antes de secar. Dentro de la evaluación de color (L, Hue, Chroma) se encontró que las condiciones óptimas para obtener frutos secos cercanos al color original fueron aquellas en las que empleó temperaturas de 50 a 70 °C con un pretratamiento de FNA al 10%.

(Contreras Monzón , 2006) Examinó la influencia de diferentes procedimientos de secado en la calidad de color y capacidad de rehidratación de espárragos (*Asparagus marítimos* L.). Las rebanadas de espárragos silvestres (10 cm de longitud) fueron secadas mediante tres procedimientos: secado convectivo (secador de bandejas) a diferentes temperaturas (40, 50, 60,70 °C y una velocidad de flujo de aire constante de 2.75 m/s), secado natural (temperatura máxima 22 °C y mínima 9 °C) y liofilización a dos temperaturas (-20 y -40 °C con una presión de 0.5 mbar). Obtuvieron como resultado que no existen diferencias significativamente el cambio de color de las muestras frescas y las muestras deshidratadas mediante el secado a temperaturas menores de 45 °C. Suelen presentar actividad microbiana. Por lo cual el secado convectivo de espárragos a 60 °C presentó la menor diferencia con respecto al material fresco y la mejor relación de rehidratación se obtuvo en las muestras liofilizadas a -40 °C en comparación con los otros procedimientos realizados.

(Aranda Gonzalez , 2016) Evaluó el secado de partículas de aguacate (6 mm x 6 mm x 12 mm) previamente sometidas en un escaldado en agua de 85 ° C por 8 minutos utilizando 4 métodos: secado convectivo (secado túnel): liofilización (con o sin radiación infrarroja): secado por lecho fluorizado pulso asistido por microondas; y combinaciones de estos métodos. Además del efecto de dos velocidades de congelación (rápida: nitrógeno líquido por 5 min y lenta: congelador doméstico por 15 horas a – 14 °C). Realizaron cinéticas de secado, color, textura, (dureza), análisis de rehidratación y análisis de imagen 2D 3D en un microscopio electrónico de barrido: observándose que en la liofilización combinada con otras técnicas de secado el tiempo de secado se reduce entre 6 y 70% aunque en general el daño a

la estructura se incrementa con respecto a la liofilización convencional; los sistemas híbrido de secado no mostraron diferencias significativas en los tiempos de secado convencional; reduce el tiempo de secado entre 23 y 40 %. También se observó que el tiempo el secado por convención es menor que en la liofilizacional; sin embargo las partículas de aguacate presentan oscurecimiento, mayor dureza, menor tamaño de poro (menor de 15 μm) y su capacidad de rehidratación es la más baja (76% frente a 86 % para las muestras congeladas en seco), a diferencia de la liofilización donde el producto se hizo más ligero, luminoso y con un tamaño de poro menor.

(Boulogne S, 2015) . Estudiaron la cinética de secado, el color y la variación de volumen de fresas enteras y rodajas, después de aplicarles el proceso de liofilización a diversas temperaturas (30, 40, 50,60 y 70 °C), teniéndose como resultado que el tiempo de deshidratación aumenta proporcionalmente al espesor del producto. La liofilización causo un color rojo intenso en las fresas, un decrecimiento es Hue de 22.5% (piel) y 42.4 % (pulpa). Presentaron una radiación de volumen de 8%(enteras) y 2% (rodajas); se observó que el nivel de la contracción también era independiente de las temperaturas de liofilización. Sin embargo, el porcentaje de fresas colapsadas incremento con la temperatura del proceso, a temperatura mayor a 50 ° C se tenía un mayor riesgo de colapso.

3.7 Evaluación sensorial en frutos deshidratados

El análisis sensorial es considerado una ciencia multidisciplinaria estructurada a partir de los principios científicos con diferentes áreas de conocimiento tales como ciencia de los alimentos, psicología, estadística, sociología, fisiología humana y conocimientos sobre prácticas de preparación de productos, con el propósito de obtener resultados objetivos de forma en que los alimentos sin percibidos por los seres humanos a través de los sentidos (Aranda Gonzalez , 2016).

Para que un producto alimenticio tenga éxito en el mercado, es necesario que sus características sean aceptadas por el consumidor. Entre las aplicaciones del análisis sensorial, se encuentra: la determinación de normas de calidad, desarrollo de

nuevos productos, correlación con medidas físicas, químicas o instrumentales, percepción humana-afectiva, percepción humana-descriptiva entre otras.

Las pruebas afectivas son aquellas en las cuales el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, estas pruebas son las que presentan mayor variabilidad en los resultados y son más difíciles de interpretar (Aranda Gonzalez , 2016). Esta prueba se utiliza a nivel consumidor para comprender la importancia de las propiedades sensoriales de aceptación/rechazo, así como de preferencia y nivel de agrado en relación con los atributos del mismo producto.

3.8 Prueba de nivel de agrado

Su objetivo es localizar el nivel de agrado o desagrado que provoca una muestra específica, se utiliza una escala estructurada (también llamada escala hedónica). La palabra hedónica significa placer, por lo tanto, las escalas hedónicas son instrumentos de medición de las sensaciones placenteras o desagradables producidas por un alimento a quienes la prueban. La escala hedónica se utiliza para calificar el grado de satisfacción global de la muestra, pero también se sugiere incluir un cuestionario o sección. En donde el juez exprese sus comentarios, así el investigador podrá tener más información acerca del porqué de su respuesta y no solo obtener un número, ya que en la prueba por sí sola, no se conoce la causa de la respuesta, no hay relación directa con respecto a la intensidad o capacidad discriminativa de algún descriptor de la muestra.

En general varios trabajos realizados en otros frutos comprueban la factibilidad de aplicar el secado convectivo por charolas a frutos maduros, con altos contenido de azúcares que garantizan su aprovechamiento y permiten obtener productos con calidad física y química adecuados y sensorialmente aceptables.

IV JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La papaya (*Carica papaya* L.) es una importante especie frutal, la cual posee un gran potencial económico ya que puede ser materia prima para la industria de confituras y frutos deshidratados.

La principal problemática identificada en la zona Centro del Estado de Veracruz es la sobreproducción de papaya y los deficientes canales de comercialización para su venta. En suma, la calidad de su fruto para alcanzar estándares de calidad para su comercialización a mercados más competitivos no es la adecuada.

Por lo tanto, es importante identificar las principales causas que están provocando la falta de calidad y además que no se conoce por parte de los productores una alternativa que se adapte a su situación socioeconómica para alargar la vida de anaquel del fruto sin demeritar la calidad del producto, sometiéndola al secado convectivo por charolas en fruta de papaya.

V Hipótesis

1. La combinación de tecnologías de secado permitirá conservar la papaya, obteniendo rodajas de 3 mm y 5 mm en frutas deshidratadas.
2. La combinación de tecnologías de secado reducirá el contenido de agua en las rodajas de papaya.

VI Objetivo general

El objetivo de este proyecto es evaluar los parámetros fisicoquímicos de papaya deshidratada a través del secado convectivo por charola.

6.1 Objetivos específicos

- Obtener las cinéticas de secado convectivo en nuestras de papaya en diferentes estados de madurez.
- Evaluar parámetros fisicoquímicos (color, a_w , textura, ceniza, acidez y humedad) de muestras de papaya fresca y deshidratada.

VII MATERIALES Y MÉTODOS

En la **Figura 12** se muestra un diagrama de proceso de obtención de para obtener las rebanadas de papaya deshidratadas mediante secado convectivo por charolas.

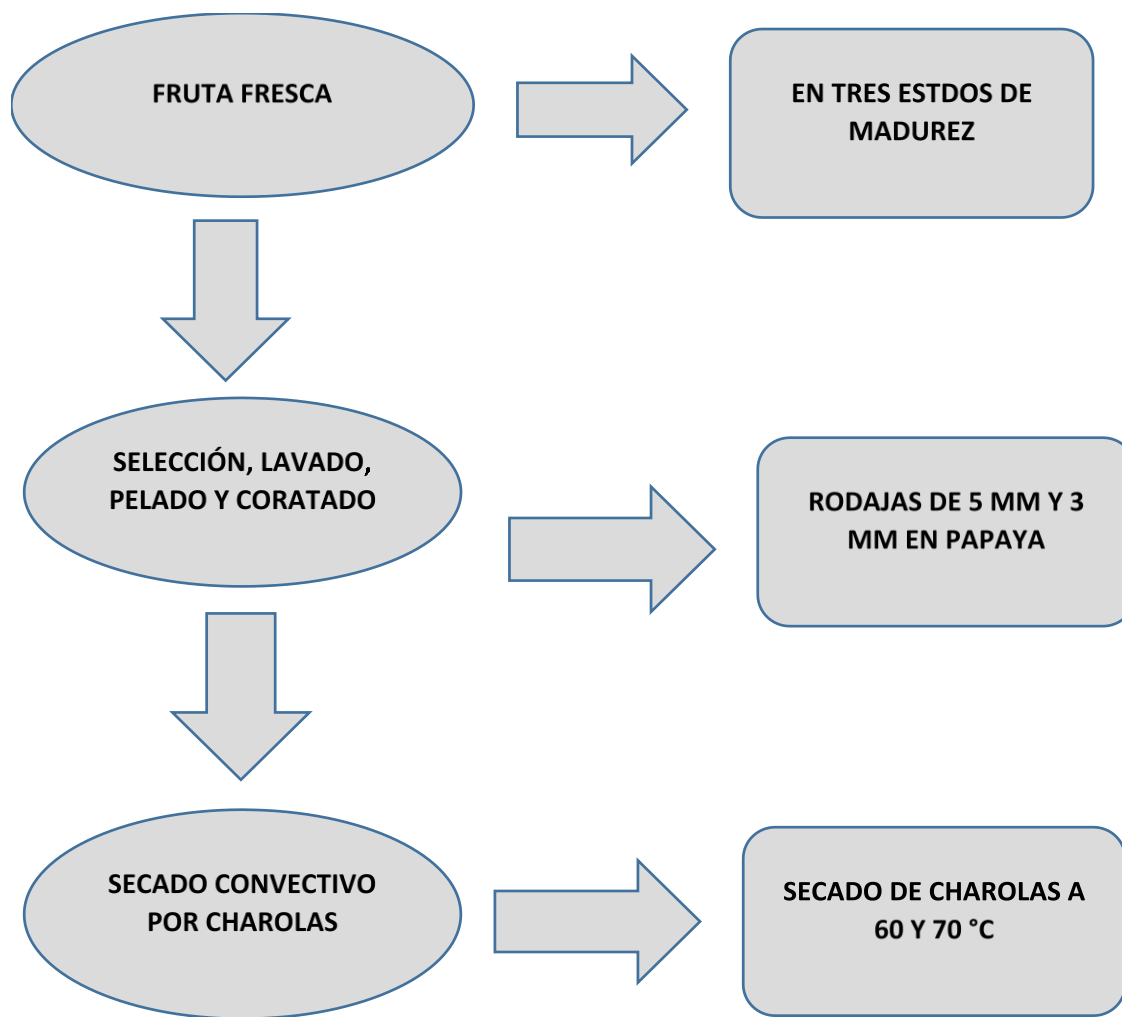


Figura 17. Diagrama de proceso en el deshidratado de rodajas de papaya. **Fuente:** propia

7.1 Obtención de la materia prima

Se utilizaron frutos de papaya del estado de madurez 2 y 3: Verde/Amarillo, colectadas en el municipio de Cotaxtla se ubica en la zona central del estado de Veracruz, región comúnmente denominada como Sotavento y que está formada por los alrededores del Puerto de Veracruz.

Con el fin de llevar a cabo la investigación experimental los frutos fueron trasladados al Laboratorio de Análisis de Alimentos ubicado dentro del COLPOS VER, donde se lavaron, pelaron y cortaron para llevar acabo los análisis antes del secado donde se cortaron y fueron llevados la UNIDA ubicada en el Tecnológico de Veracruz.

- Lavado y desinfección

Las papayas seleccionadas se lavaron con agua potable, luego con el uso de un cepillo y detergente alcalino líquido, usado de acuerdo a la fabricación del fabricante, (2 cucharadas por litro de agua) se disminuye la carga microbiana y suciedad. Se efectúa otro enjuague con agua potable para eliminar la suciedad y detergente en solución.

- Pelado y corte de la pulpa

Se procedió a separar la pulpa de la cascara manualmente y la pulpa fue cortada longitudinalmente por medio de una rebanadora ajustando los cortes de 3 mm de espesor por rebanada de pulpa (medidos con un vernier).



Figura 13. Rebanadora marca Bermex 250- ST. Fuente propia

7.2 Determinación de humedad

Nmx-f-083-1986. Alimentos. Determinación de humedad en productos alimenticios. Se midió la humedad por estado de madurez, se lavaron, pelaron y cortaron los frutos, se pesaron los crisoles a peso constante, posteriormente las rodajas en una balanza analítica marca ADAM® modelo AAA 300L. Para llevar a cabo el secado de papaya se pesaron las charolas en la báscula analítica antes y después con la muestra, se introdujeron las muestras en la estufa de vacío con una temperatura de 60°C en un tiempo de 24 horas. Transcurrido el tiempo se sacaron de la estufa se introdujeron al desecador por 30 minutos a tomar temperatura constante para tomar el peso obtenido de la humedad perdida en cada muestra.



Figura 18. Estufa al vacío para determinación de muestras húmedas. **Fuente:** propia

$$\% \text{ en humedad} = \frac{(P-P_1)}{P_2} \times 100$$

Donde

P = Peso del recipiente con la muestra humedad en gramos

P₁ = Peso del recipiente con la muestra seca

P₂ = Peso de la muestra en gramos

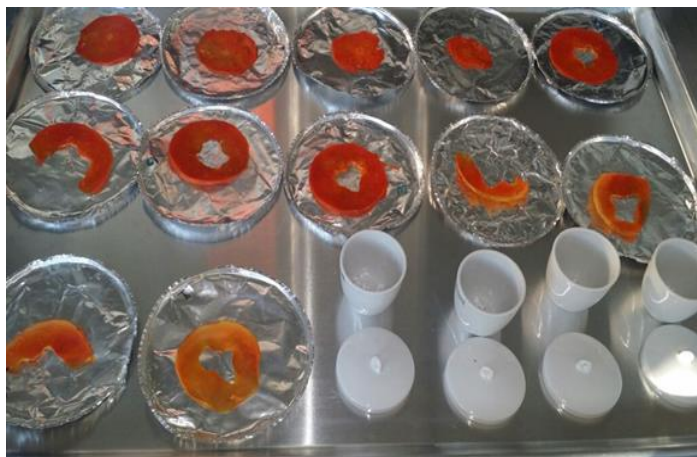


Figura 19. Rodajas de papaya deshidratadas en charolas de aluminio. **Fuente** propia

7.3 Determinación de cenizas

NMX-F-066-S-1978. Determinación de cenizas en alimentos en fruta fresca papaya. Se lavaron las papayas, se pelaron y se cortaron en rodajas. Posterior a este paso se pesaron en una balanza analítica marca ADAM® modelo AAA 300L. Pesadas las muestras se llevaron a la mufla para empezar con la determinación de cenizas, permanecieron dentro 5 horas a una temperatura de 600C. Pasado el tiempo se metieron al desecador durante 30 minutos para tomar peso constate y empezar con el pesado obtenido de la muestra, los resultados obtenidos del análisis en la determinación en de ceniza, para obtención de solidos totales en una muestra de papaya, se indican los valores mediante la siguiente fórmula matemática.



Figura 16. Mufla para la determinación de cenizas. **Fuente:** propia

$$\% \text{ cenizas} = \frac{(P - p_1) \times 100}{M}$$

En donde:

P = Masa del crisol con las cenizas en gramos.

P₁ = Masa del crisol vacío en gramos.

P = Masa de la muestra en gramos.

7.4 Determinación de °Brix

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

En esta técnica se seleccionaron las muestras, lavaron, cortaron y pelaron. Mediante la ayuda del mortero con pistilo de porcelana se obtuvo el jugo de las papayas en distintas etapas de maduración. Teniendo en jugo se llevó de inmediato al refractómetro donde se logró idéntica la cantidad de °Brix en cada muestra. En la imagen 17 se muestra el Refractómetro para la determinación de °Brix presentes en la muestra de papaya.



Figura 20. Refractómetro para la medición de °Brix. **Fuente:** propia

7. 5 Determinación de textura

Se realizó dicha muestra en frutos en fresco de papaya de los tres estados de madurez para determinar la textura de cada muestra, se usó un penetrometro de mano marca Wagner tm modelo FDKIO y FDK 20 con punto cónico de 4 mm de espesor. Figura 18 Penetrometro análogo, con él se mide la textura de los alimentos, en este caso frutas.



Figura 18. Penetrometro para la determinación de textura. **Fuente:** propia

7.6 Determinación de color

Las variables de respuesta fueron las coordenadas cromáticas L^* , a^* y b^* medidos mediante un colorímetro Hunter Lab®, MiniScan XE Plus, Modelo No D/8-L. El análisis de color se llevó a cabo sobre la superficie de las muestras de las rodajas de papaya en tres estados de madurez realizando tres mediciones por cada muestra. Los parámetros medidos fueron L^* que indica la luminosidad y a^* y b^* que indican el nivel de tono rojo y amarillo, respectivamente. Los análisis fueron realizados por triplicado para cada muestra. En la Figura 19 se logra ver en la pantalla del colorímetro los resultados de la luminosidad y la cromaticidad del fruto papaya en tres lecturas obtenidas de la muestra deshidratada y en la Figura 20 se muestra las mismas variables en diferentes resultados de una segunda lectura obtenidos en muestra deshidratada.



Figura 21. Colorímetro. Fuente: propia

Figura 22. Colorímetro. Fuente: propia



Figura 23. Muestra de papaya deshidratada para la toma de color. Fuente: propia

En la Figura 21 se muestra la toma de lectura con el colorímetro en una muestra deshidratada de papaya.

7.7 Cinética de secado convectivo en charolas

El secado convectivo se llevó a cabo en el laboratorio de ingeniería de alimentos de la UNIDA, en donde se encuentra el secador de charolas o bandejas marca APEX®, serie A 39854-14, que se muestra en la figura 22 donde se llevó a cabo todo el proceso de secado de la papaya.



Figura 22. Secador de charolas o bandejas marca APEX®, serie A 39854-14. **Fuente:** propia

Las muestras cortadas entre 3 mm y 5 mm se colocaron en las charolas con una separación de aproximadamente 2 cm, dichas charolas se llevaron después al interior del secador a temperaturas de 50 y 60° C, en la figura 23 se muestra charola con fruta en fresco en tres estados de maduración, madura, verde y grado medio de maduración.



Figura 25. Charola con muestra de papaya. **Fuente:** propia

En la Figura 23 se muestra las muestras de papaya pasados los primeros 30 minutos de secado para tomar las lecturas.

A los primeros 30 minutos se sacaron las muestras para determinar el peso y color cada estado de madurez de la papaya. Se mantuvieron así hasta alcanzar la cinética de 6 horas dentro del secador por último se determinó la A_w de las muestras secas.

7.8 Determinación de aw

En la Figura 24 se utilizó un higrómetro para la determinación de actividad de agua marca AquaLab® donde se coloca una rodaja de la muestra obtenida en la celda después del tiempo requerido en el secado y se efectúa la lectura de aw.

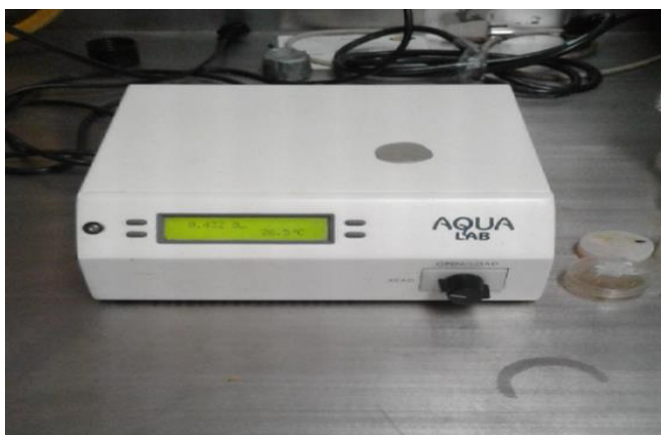


Figura 26. Higrómetro para la determinación de actividad de agua marca AquaLab®. **Fuente** propia.

7.8.1 Determinación de compuestos fenólicos

Se pesaron aproximadamente 2 g de muestra seca y se mezclaron con etanol al 95% en una relación 1:5 en un matraz Erlenmeyer el cual se cubrió con papel aluminio. La mezcla se extrajo a 35 kHz y 50°C por 2 h en un baño ultrasónico marca BRANSON®, modelo CPX3800H. La muestra se filtró a través de un papel Whatman No. 4 para obtener una solución clara. Posteriormente se hizo una dilución 1:10 con agua destilada; en matraces de 10 ml se identificaron como papaya verde, madura y media madura.

7.8.2 Construcción de la curva de calibración para la determinación de fenoles totales.

Se preparó una disolución patrón de ácido gálico de 0.1 g/L. Para esto, se pesaron 25 mg de ácido gálico, se colocaron en un matraz aforado de 25 mL y se aforaron con agua destilada. Posteriormente se preparó una dilución 1:10 con agua destilada.

A partir de la dilución patrón de ácido gálico se hicieron diversas diluciones en viales protegidos de la luz (viales ámbar). Se tomaron 20 µL, 40 µL, 60 µL y 100 µL de la disolución patrón de ácido gálico de 0.1 mg/L y se agregaron en viales ámbar de 3 mL. Se adicionaron a cada uno 250 µL del reactivo Folin-Ciocalteu diluido 1:10 en una probeta.

Las mezclas se agitaron por un minuto en el vórtex y se dejaron reaccionar por 5 min. Se adicionaron a cada disolución 1250 µL de una solución 7.5 g/100 ml de Na₂CO₃. Se llevó cada vial a un volumen final de 2 mL con agua destilada y se dejó reposar a temperatura ambiente durante 90 min.

Se preparó un blanco con todos los componentes excepto la disolución de ácido gálico. Estas disoluciones tenían entonces concentraciones de 0 mg/L, 1 mg/L, 2 mg/L, 3 mg/L, 4 mg/L y 5 mg/L. Finalmente se realizó la lectura de la absorbencia de cada disolución y el patrón a 760 nm usando un espectrofotómetro UV-Vis.



Figura 27. Frascos con filtrados de compuestos fenólicos. **Fuente:** propia

7.9 Diseño experimental y análisis de datos

Cada una de las variables se evaluó a través de un diseño completamente al azar; para el análisis estadístico se realizó un ANOVA y en caso de existir diferencias significativas entre tratamientos se realizó una comparación de medias empleando la prueba Tukey. El programa utilizado para el análisis estadístico fue el SAS[®], versión 9.1.

El modelo del diseño completamente al azar se representa:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = j – ésima observación del tratamiento i

$i = 1, 2, \dots, k$

$j = 1, 2, \dots, n$

μ = Media global

τ_i = Efecto del tratamiento i

ε_{ij} = Efecto del error experimental de la medición Y_{ij}

VIII RESULTADOS Y DISCUSIONES

8.1 Análisis de pérdida postcosecha de papaya maradol.

Perdidas postcosecha. Se pueden impulsar investigaciones para el desarrollo de técnicas que combatan virus Meleira, ácaros y pulgones y mancha anular. Se debe consolidar empresas para la comercialización de empresas exportadoras.

Desarrollo regional en fruta papaya perdidas y recomendaciones.

Regiones	Motores de la planeación
Yucatán	Aplicar las normas sanitarias para el control de plagas y enfermedades de manera legalizada.
Campeche	Desarrollar capacidades para gestión de seguros agrícolas.
Tabasco	Incentivar la adopción de esquema de manejo integral de plagas y enfermedades.
Veracruz	Fomentar la instalación y equipamiento de unidades tecnológicas que demuestren mejores prácticas de transformación entre los productores.

Tabla 3. Desarrollo regional en frutas. **Fuente:** propia.

8.2 Cinéticas de secado convectivo en muestras de papaya

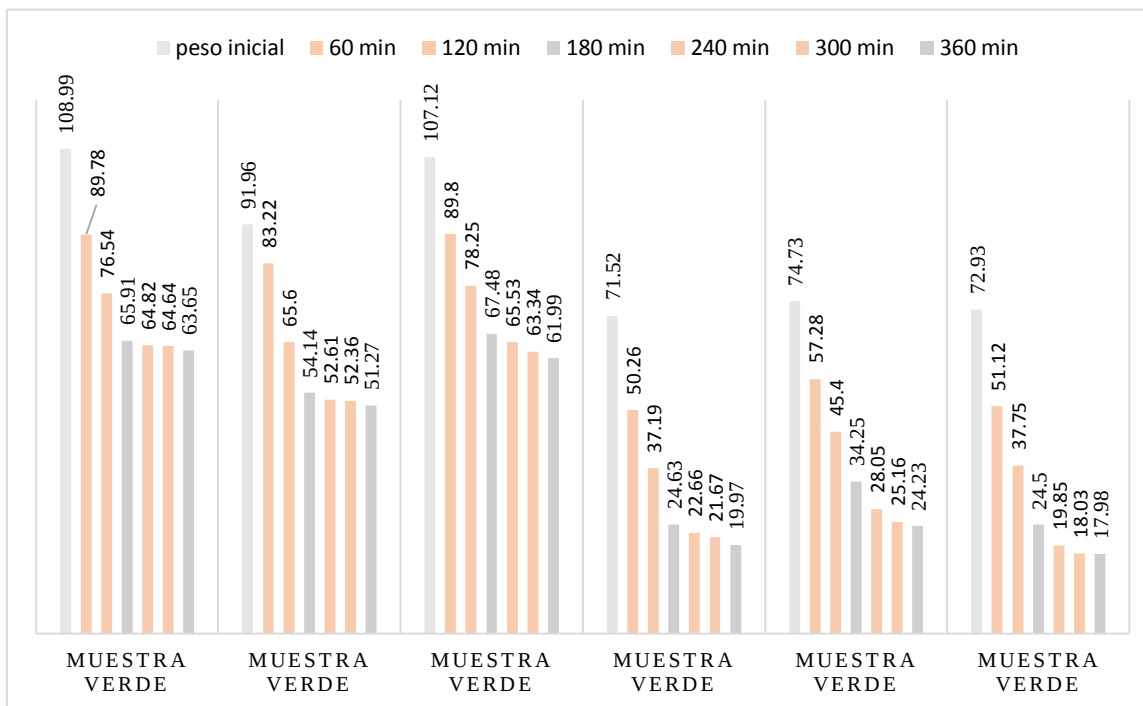
Cinética de secado (secado convectivo) muestra una comparación de la pérdida de humedad de rodajas de papaya en tres estados de madurez, verde, grado medio de maduración y madura. En dos grosores 3mm y de 5mm de muestra. Se muestran los resultados de acuerdo al tiempo y la pérdida de humedad. Las altas temperaturas promueven la rápida pérdida de agua en la papaya.

Tabla 4. Registro de datos en fruta verde de papaya. **Fuente:** propia

Tratamiento Estado verde	Peso inicial	60 min	120 min	180 min	240 min	300 min	360 min
1 (3mm)	108.99 g	89.78 g	76.54 g	65.91 g	64.82 g	64.54 g	63.65 g
2 (3mm)	91.96 g	76.58 g	65.60 g	55.14 g	52.61 g	52.36 g	67.48 g
3 (3mm)	107.12 g	89.80 g	78.25 g	67.48 g	65.53 g	63.34 g	61.99 g
4 (5mm)	71.54 g	50.26 g	37.19 g	24.67 g	22.66 g	21.67 g	19.97 g
5 (5mm)	74.73 g	57.28 g	45.40g	34.25 g	28.05 g	25.16 g	24.23 g
6 (5mm)	72.93 g	51.22 g	37.75 g	24.50 g	19.85 g	18.03 g	17.98g

En la tabla 4 se muestra como el peso de muestras fue disminuyendo de acuerdo al tiempo de secado, reportando como peso inicial con un valor de 108.99 gramos de muestra verde, transcurrida la 1 hora (60 minutos), perdiendo 17.03 gramos de muestra verde de grosor. Pasado el tiempo esperado 6 horas, la muestra con peso de 108.99 gramos y finalizando el secado se reportó una pérdida de 91.01 gramos de muestra en el secado convectivo.

8.3 Cinética de secado en muestra verde



Grafica 1. Determinación de secado en muestra verde. **Fuente:** propia

Variación de humedad base húmeda, en función del tiempo, durante la deshidratación de rebanadas de papaya (*Carica papaya* L.). En esta gráfica se muestra una de las primeras etapas; la primera es la etapa dinámica que presenta durante las primeras 6 horas de secado, donde la variación de humedad disminuye hasta donde se alcanza el equilibrio, es decir donde la velocidad de transporte de calor disminuye o se frena tomando peso constante en la última etapa del secado.

En la cinética de secado, como se muestra en la tabla 5 para la muestra en estado medio de maduración; se llevó a cabo en dos diferentes grosores para la muestra de 3mm de papaya grado medio de maduración, se reportó un peso inicial de 101.29 gramos y un reporte final de 51.98 gramos, es decir teniendo una pérdida de 49.31 gramos de papaya en peso final transcurridas las 6 horas (360 minutos) teniendo una pérdida de humedad en todo el secado.

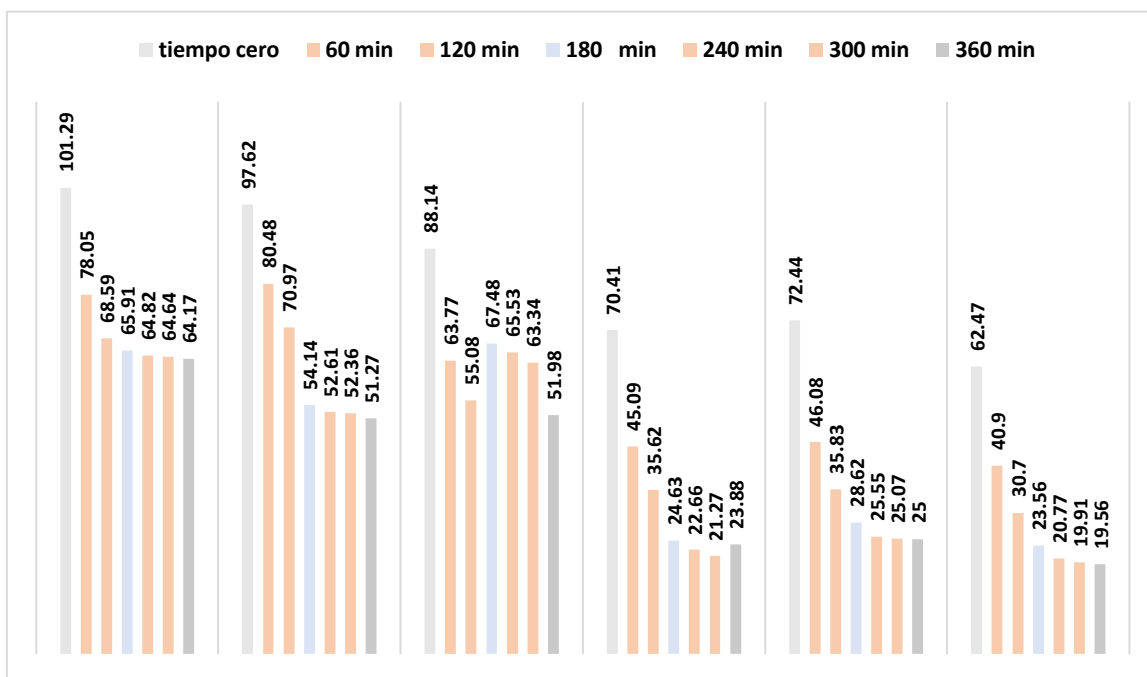
Tabla 5. Datos obtenidos de muestra en grado medio de maduración. **Fuente:** propia

Tratamiento grado medio de maduración	Peso inicial	60 min	120 min	180 min	240 min	300 min	360 min
1 (3mm)	101.29 g	78.05 g	68.59 g	64.80 g	64.48 g	64.45 g	64.17 g
2 (3mm)	97.62 g	80.48 g	70.97 g	65.79 g	65.48 g	64.59 g	64.38 g
3 (3mm)	88.14 g	63.77 g	55.08 g	53.27 g	52.95 g	52.96 g	51.98 g
4 (5mm)	70.41 g	45.09 g	35.62 g	28.28 g	25.40 g	24.37 g	23.88 g
5 (5mm)	72.44 g	46.08 g	35.83 g	28.62 g	25.55 g	25.07 g	25.00 g
6 (5mm)	62.47 g	40.90 g	30.70 g	23.53 g	20.77 g	19.91 g	19.56 g

En la tabla 5 de grado medio de maduración se observa, que con las horas de secado el contenido de humedad fue disminuyendo para obtener un deshidratado totalmente libre de agua. Reportando con un peso inicial de 101.29, para la primera hora (60 min) de secado perdió 3.67 gramos de muestra muy poco por el alto contenido de agua presente en la muestra.

En las seis horas de secado se reportó un peso de 19.56 gramos, es decir hubo una pérdida de 81.73 gramos en el grado medio de maduración.

8.4 Cinética de secado en grado medio de maduración

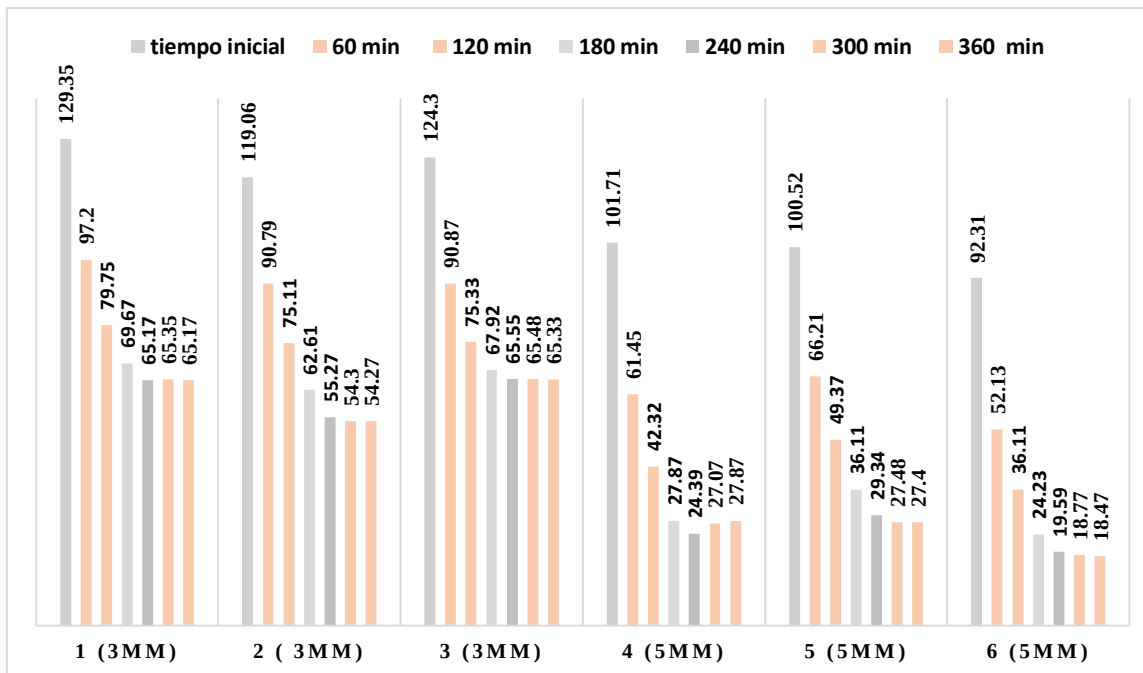


Grafica 2. Determinación en grado medio de maduración. **Fuente:** propia.

Se presenta la gráfica en papaya de estado medio de maduración, de base húmeda en función de tiempo (horas), en el cual observamos todos los tratamientos, es decir repeticiones por muestra de papaya, la humedad disminuye conforme transcurre el tiempo del proceso de 6 horas.

Cinética de secado (secado convectivo) muestra una comparación de la pérdida de humedad de rodajas de papaya en tres estados de madurez, verde, grado medio de maduración y madura. En la tabla se muestran los resultados de acuerdo al tiempo y la pérdida de humedad. Para las rodajas de 3 mm inicio con peso de 129.35 gramos y finalizando con 65.33 gramos. Perdiendo 64.04 gramos de muestra madura de papaya, en la tabla se muestran los datos del estado maduro de la papaya.

8.5 Cinética de secado en muestra madura



Grafica 3. Secado determinación de muestra verde. **Fuente:** propia

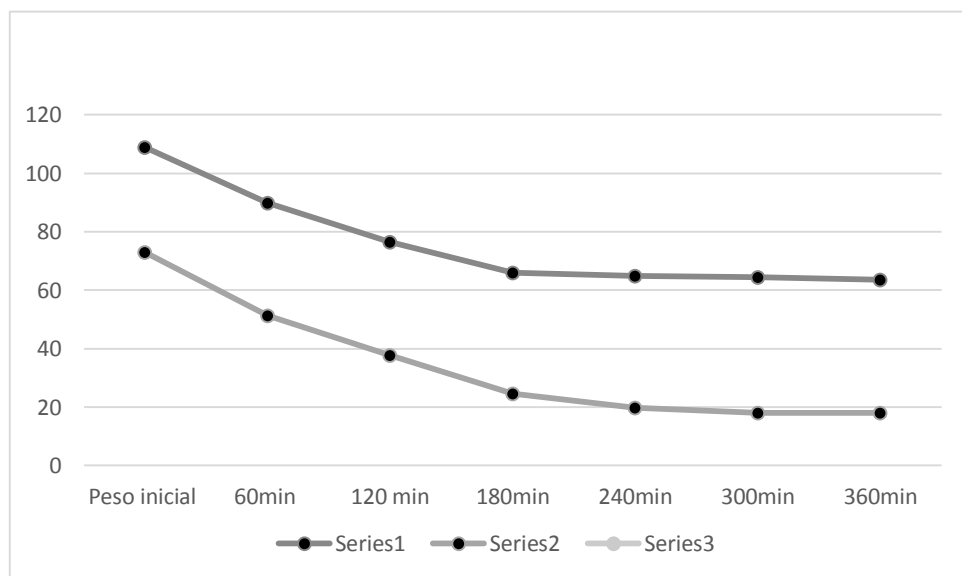
Conforme paso el tiempo esperado de secado se obtuvieron los pesos de la muestra, en la gráfica se observa en el estado maduro de la papaya maradol, con una pérdida de humedad de 110.88 gramos 6 horas, teniendo como conclusión que hubo mayor pérdida de humedad en la muestra verde.

8.6 Pérdida de agua en muestra verde

Tabla 6. Resultados de fruta deshidratada. **Fuente:** propia

Muestra verde						
Peso inicial	60 Min	120 Min	180 Min	240 Min	300 Min	360 Min
108.99 g	89.78 g	76.54 g	65.91 g	64.82 g	64.54 g	63.65 g
72.93 g	51.22 g	37.75 g	24.5 g	19.85 g	18.03 g	17.98 g

En la gráfica se muestra una comparación de la pérdida de humedad de rodajas de papaya con respecto al tiempo, teniendo con peso inicial de 109 gramos en rodajas de papaya verde.



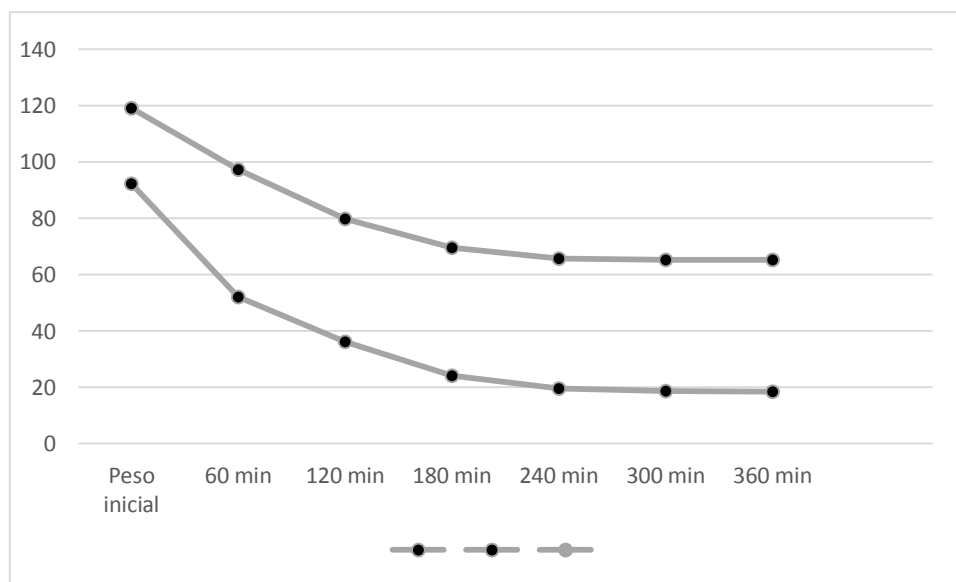
Grafica 4. Curva de la pérdida de húmeda en muestra verde. **Fuente:** propia.

8.7 Pérdida de agua en muestra grado medio

Tabla 7. Datos en fruta deshidrata en grado medio de maduración. **Fuente:** propia.

	Muestra grado medio					
Peso inicial	60 min	120 min	180 min	240 min	300 min	360 min
101.24 g	78.05 g	68.59 g	64.8 g	64.48 g	64.45 g	64.17 g
62.47 g	40.9 g	30.7 g	23.53 g	20.77 g	19.91g	19.56 g

La grafica representa las curvas de pérdida agua expresada en gramos de agua sobre rodajas de papaya, en relación al tiempo transcurrido teniendo como peso inicial 101 obteniendo un peso constante de 19.56 gramos.



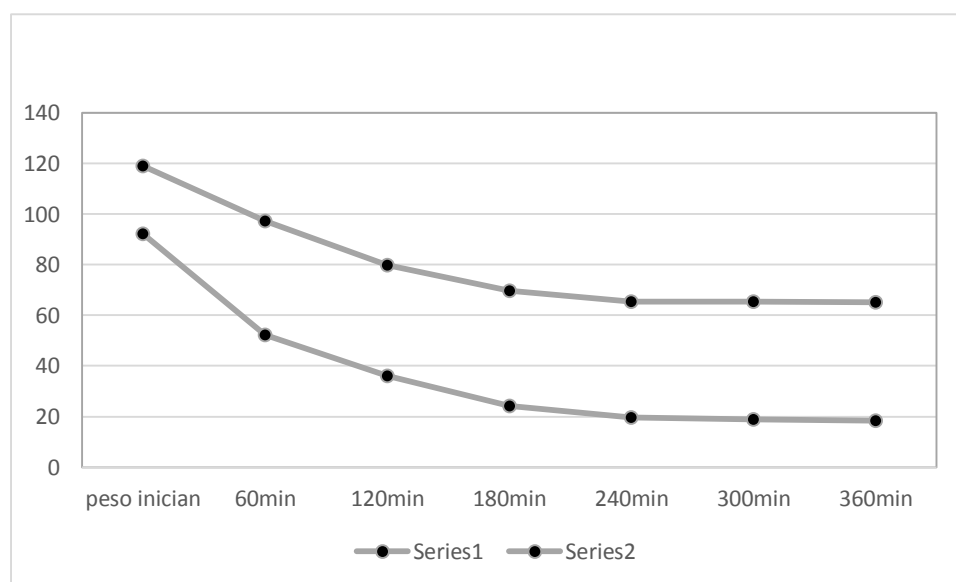
Grafica 5. Pérdida de húmeda en muestra grado medio. **Fuente:** propia.

8.8 Perdida de agua en muestra madura

Tabla 8. Resultados de muestra madura. **Fuente:** propia.

Muestra madura						
Peso inicial	60 min	120 min	180 min	240 min	300 min	360 min
119.06 g	97.2 g	79.75 g	69.67g	65.35 g	65.35 g	65.17 g
92.31 g	52.13 g	36.11 g	24.23 g	19.59g	18.77 g	18.47 g

En la gráfica se muestra la pérdida de húmeda en papaya madura, obtenido como resultado que se perdió más contenido de agua en la muestra verde.



Grafica 6. Perdida de húmeda en muestra madura. **Fuente:** propia

8.9 Evaluación de parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos que se evaluaron son: humedad, ceniza, °Brix, textura, color y actividad de agua.

Los parámetros fisicoquímicos fueron evaluados en muestras frescas y secas de papaya maradol (*Carica papaya* L.) en tres estados de madurez, como se muestra en la Tabla 6

Tabla 9. Parámetros fisicoquímicos que se evaluaron en los muestras de papaya. **Fuente:** propia

Estado		Grado de madurez del fruto		
		Verde	Madura	Grado medio
Fresco	Humedad	X	X	X
	Ceniza	X	X	X
	°Brix	X	X	X
	Textura	X	X	X
	Color	X	X	X
	Determinación de a_w	X	X	X
Deshidratado	Color	X	X	X
	Actividad de agua	X	X	X
	Humedad			

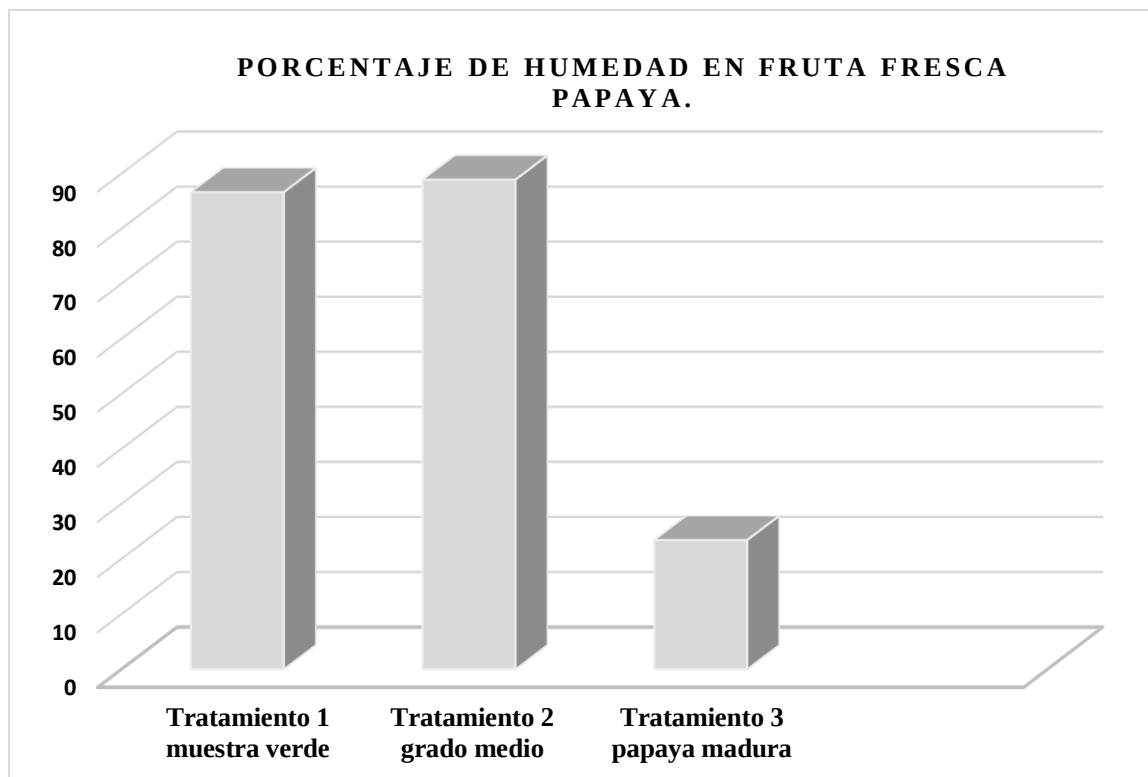
Determinación de humedad de papaya en fresco y deshidratado.

La determinación de humedad se realizó en la fruta fresca y deshidratada, es decir en fresco para ver en contenido de agua presente en la muestra y en seco después del secado convectivo, para determinar obviamente el porcentaje de agua perdida en la muestra. En la tabla 10 se muestran los resultados obtenidos en 4 repeticiones por muestra teniendo un total de 12 muestras.

Tabla 10. Resultados final en la pérdida de humedad del fruto. **Fuente:** propia

Estado de maduro.	Peso de charola	Peso con muestra fresca	Peso final muestra seca
1	3.4473 gr	10.1066 gr	8.258 gr
2	3.4705 gr	8.6017 gr	6.778 gr
3	3.4751 gr	8.7717 gr	6.492 gr
4	3.4711 gr	7.3113 gr	5.6075 gr
Grado medio de Madurez			
1	3.4947 gr	13.777 gr	10.835 gr
2	3.4885 gr	9.5434 gr	7.8783 gr
3	3.6667 gr	13.2842 gr	9.8071 gr
4	3.3455 gr	15.2214 gr	11.7865 gr
Verde			
1	3.4246 gr	8.1106 gr	6.0306 gr
2	3.4678 gr	10.4363 gr	7.6513 gr
3	3.4531 gr	8.6316 gr	6.5568 gr
4	3.4175 gr	8.7493 gr	5.8268 gr

Determinación de humedad en % de humedad en fruta fresca. En la gráfica 7 se muestra en grados de porcentaje la humedad, para el tratamiento 1 en papaya verde se obtuvo 5.43 % en pérdida de humedad siendo el valor menor en cantidad de agua, para el tratamiento 2 con una pérdida de 88.88 % de humedad y para el tratamiento 3 madura con 23.40 %. Siendo el tratamiento 3 papaya madura con la menor cantidad de agua presente en la muestra.



Grafica 7. Porcentaje de humedad en fruta fresca. **Fuente:** propia

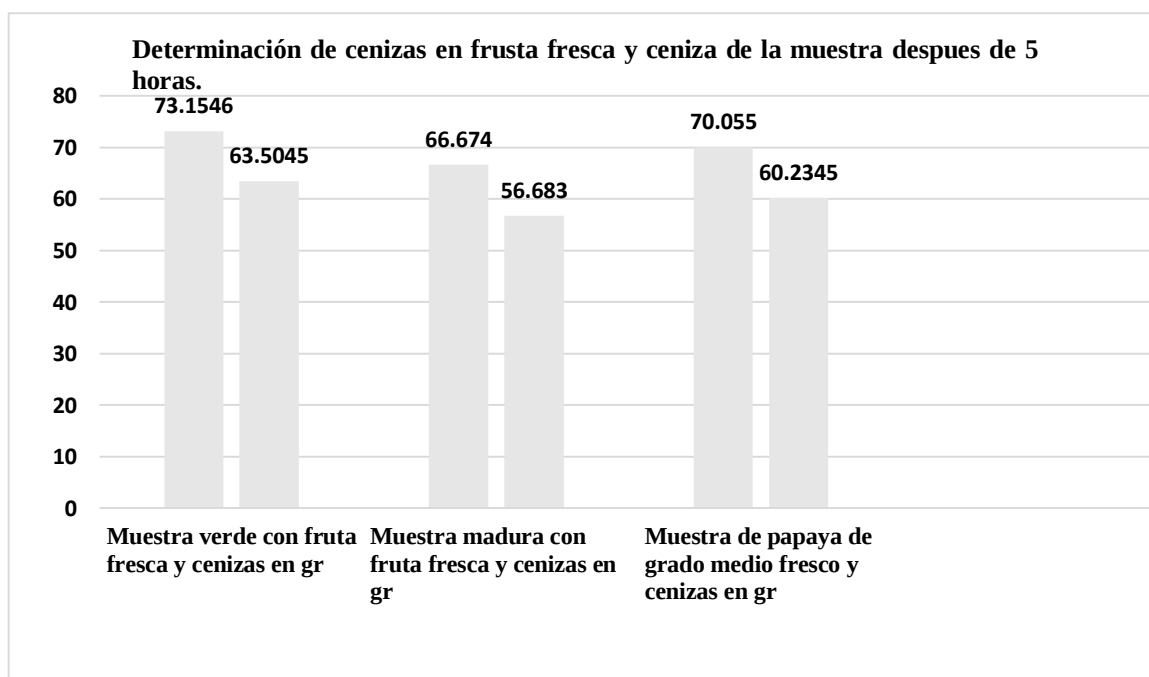
En la gráfica se observa los resultados de papaya en tres estados de madurez, y en la muestra madura hubo mayor contenido de humedad mientras que en la muestra verde hay menor cantidad de agua.

8.10 Determinación de ceniza

La determinación de ceniza se realizó en fruto fresca de papaya, en la tabla 7 se muestra la cantidad presente de ceniza en cada una de las muestras, para ellos se midió en tres estados de madurez. Verde, madura y grado medio de maduración obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 11. Resultados en la determinación de cenizas. **Fuente:** propia

Grado de madurez	Crisol con muestra	Cenizas de papaya
Verde	73.15 gr	63.50gr
Madura	66.67 gr	56.68 gr
Grado medio de maduración	70.05 gr	60.23 gr

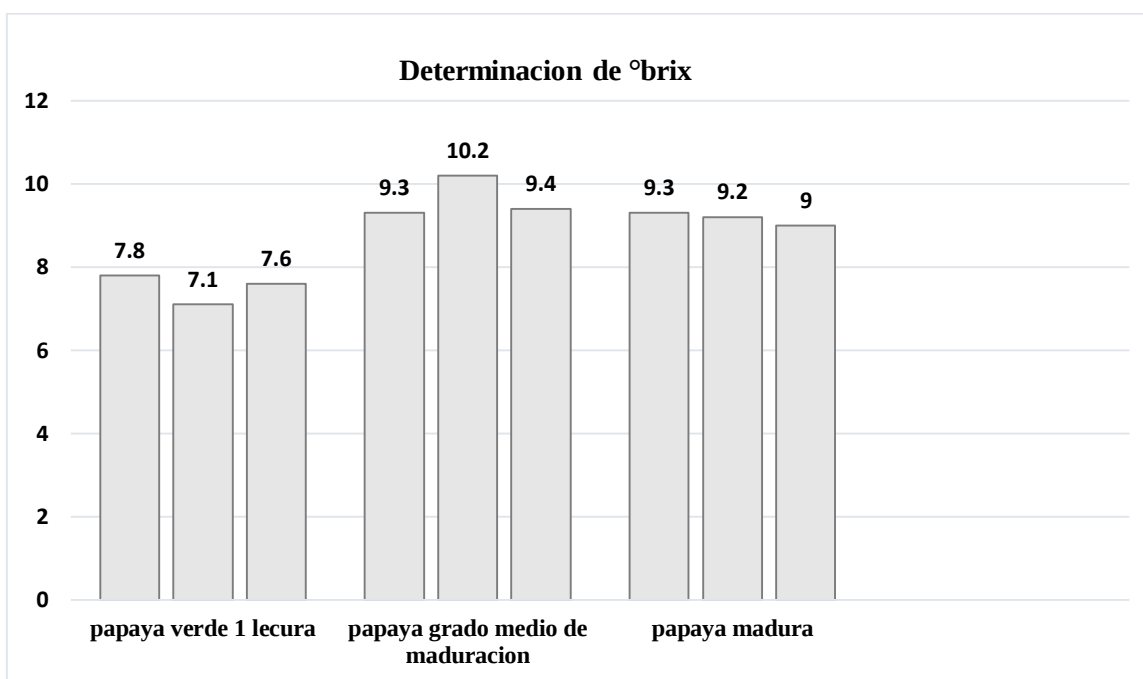


Grafica 8. Determinación de ceniza en tres estados de madurez. **Fuente:** propia

8.12 Determinación de °Brix

Determinación de grados °Brix. En fruta fresca de papaya, de las cuales fueron medidas en tres estados de madurez; obteniendo diferentes resultados para cada una, teniendo para la muestra verde un porcentaje de 0.5356 % en diferentes lecturas de la muestra siendo la muestra con menor °Brix, para muestra del grado medio de madurez un total de 0.5455% y papaya madura con 5.15% resultado muy elevado. En la gráfica 6 se muestran los resultados de cada muestra en diferentes estados de madurez.

La grafica 9 nos muestra cómo se comporta el contenido de °Brix en las muestras de papaya en los tres grados de madurez, aunque se presenta similitud entre los valores, se puede observar que la repetición 2 de la muestra de papaya en grado de maduración medio alcanzo el valor más alto (10.2 °Brix), siendo las muestras papaya verde las que presentaron los valores más bajos, por ejemplo la repetición 2 alcanzo solamente los 7.1 °Brix.



Grafica 9. Determinación de °Brix. **Fuente:** propia

8.13 Determinación de textura.

Determinación de textura en papaya en tres estados de maduración; verde, grado medio y madura. La textura de una fruta u hortaliza es uno de los atributos más importantes que hacen a la aceptabilidad por parte del consumidor. El termino textura engloba propiedades estructurales y mecánicas de un vegetal, asociadas a una diversidad de tejidos. Expresiones tales como dureza, firmeza, blando, frágil, flexible, flácido, harinoso, seco, jugoso, son algunas de los términos de texturas. En las tablas se muestra la determinación de textura en los tres grados obteniendo diferentes pesos al momento del uso del penetrometro empezando con la muestra verde.

Tabla 12. Resultados de muestra verde en la determinación de textura. **Fuente:** propia

Muestra verde	Kg	Lb
1	5.5	12
2	4.7	10.1
3	4.4	9.3

8.14 Determinación de textura en grado medio de maduración.

Tabla 13. Resultados en la determinación de textura grado medio. **Fuente:** propia

Muestra grado medio	Kg	Lb
1	6.2	13.9
2	5.9	12.9
3	5.9	13

8.15 Determinación en estado maduro.

Tabla 14. Resultados finales en fruta madura de textura. **Fuente:** propia

Muestra madura	Kg	Lb
1	3.7	8.1
2	4.7	10.1
3	4.5	10

8.16 Color de la papaya mediante el proceso de secado por charolas

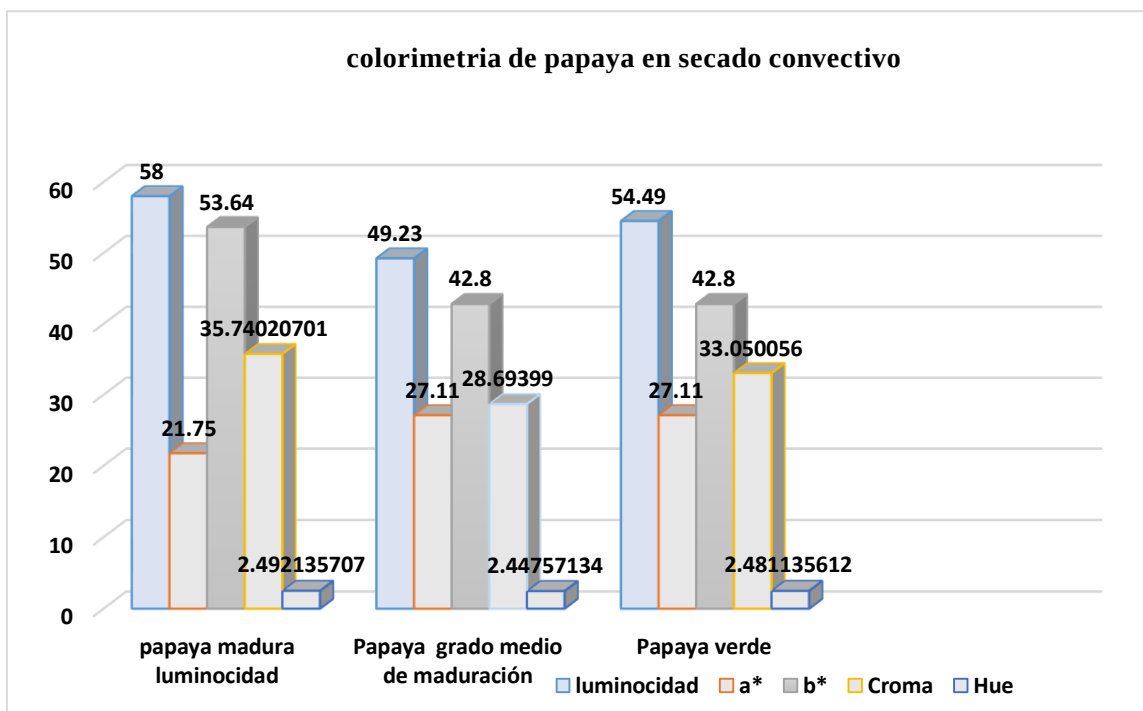
El análisis de color se realizó con los valores de Hue, chroma; en primer lugar se determinaron las diferencias significativas por condición en cada variable, en muestras de papaya en tres estados de madurez; verde, grado medio de maduración y madura.

Es posible decir que en el secado convectivo, la temperatura de secado es una variable de la que si depende chroma, en dicha variable los valores entre 60°C son diferentes significativamente. Por el contrario, Hue presentaron diferencias entre estas temperaturas en el secado convectivo. En la tabla se muestran los valores después del secado convectivo. En la gráfica 5 se señalan los valores más bajos obtenidos de desde la luminosidad hasta el Hue.

Tabla 15. Determinación de colorimetría en los tres estados de maduración de la papaya. **Fuente** propia

Resultados de color en secado					
Papaya 1 Madura	L	a*	b*	Croma	Hue
	56.78	22.58	53.64	37.95884849	2.492135705
	60.73	21.75	56.99	36.82936557	2.760757339
	58.74	22.59	53.93	35.47010347	2.720434768
	58.00	22.36	54.16	35.74020701	3.977738003
Papaya 2 grado medio de maduración	51.78	29.59	46.16	36.30167875	2.999626599
	55.76	27.11	50.80	36.26717835	3.278210106
	52.88	28.89	49.21	32.74033610	3.074968796
	49.23	28.99	42.80	28.69399077	2.444757181
Papaya 3 verde	54.47	26.59	46.24	34.34009468	2.517287753
	59.43	24.40	55.83	33.90748080	2.646469483
	55.00	24.61	51.85	34.06622931	2.481135531
	57.78	22.46	51.48	33.06669998	3.957576506
	57.47	15.23	54.30	34.39541559	5.840114798
	55.17	15.61	50.30	33.05005682	2.707356212
L= Luminosidad a*= coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde) b*= coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul) C= croma h= Hue					

En la gráfica 10 se muestran los resultados más bajos después del secado convectivo en la determinación de color, dada en tres estados de madurez y en 5 repeticiones por muestra de papaya. Se obtiene que, en el grado medio de maduración es el valor más bajo en luminosidad hasta el Hue, con valores muy bajos a diferencia de los otros dos estados de madurez.



Grafica 10. Colorimetría de la papaya en estado deshidratado. **Fuente:** propia

8.17 Determinación actividad de agua (a_w)

En cuanto (a_w) se evaluaron para muestras de papaya en estado fresco y seco; para el estado en fresco se determinó a_w en tres estados de madurez, estos resultados se pueden apreciar en la tabla 4. Los resultados son muy diferentes de un estado fresco y un estado seco total de la fruta, secado convectivo se utilizó a 60 °C durante 6 horas.

La actividad acuosa fue baja en seco con 0.442 en muestra verde a una temperatura de 25.5 °C a diferencia de la fresca con mayor actividad acuosa 0.989 para la misma muestra a una temperatura de 26.5.

Tabla 66. Actividad de a_w es estado fresco y deshidratado. **Fuente:** propia.

Muestra de papayas	A_w Fresco °C	A_w Seco °C
Verde	0.989 26.5	0.442 25.5
Madura	0.986 25.8	0.401 25.1
Grado medio de maduración	0.986 27.9	0.434 26.3

En general los resultados mostraron que la técnica de secado evaluada logró disminuir la humedad, presente en las muestras de papaya, con el objetivo de deshidratarla y obtener el grado más mínimo de agua en la muestra

Por lo tanto, la técnica de secado por charola es una alternativa viable para el aprovechamiento de los frutos de papaya que no logran comercializarse en fresco por no cumplir con los estándares de calidad o por la elevada producción en ciertas pequeñas cantidades, así mismo para la exportación con la misma calidad pero en una presentación diferente (deshidratado) para mejor transporte del fruto.

IX Resultados de los Análisis de varianza (ANOVA)

Se realizaron los ANOVA de las variables cenizas, °Brix, peso final, croma, Hue y actividad de agua (Cuadros 17 - 22), presentado en todos ellos que la F calcula es mayor que la F de tablas, por lo que no existen diferencias significativas entre tratamientos en todas las variables bajo estudio.

Cuadro 17.- Análisis de varianza de la variable cenizas (grs) en muestras de papaya (*Carica papaya* L.) en tres estados de madurez

<i>Fuentes de variación</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F_{calculada}</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tratamientos	2	134.42	67.21	6.07	4.25
Error	9	17.57	1.95		
Total	11				

Cuadro 18.- Análisis de varianza de la variable °Brix en muestras de papaya (*Carica papaya* L.) en tres estados de madurez

<i>Fuentes de variación</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F_{calculada}</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tratamientos	2	7.54	3.77	28.53	5.15
Error	6	0.79	0.13		
Total	8	8.34			

Cuadro 19.- Análisis de varianza del peso final (grs) de papaya deshidratada (*Carica papaya* L.) en tres estados de madurez

<i>Fuentes de variación</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F_{calculada}</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tratamientos	5	133476.3	26695.24	69.81	3.10
Error	12	4588.38	382.36		
Total	15				

Cuadro 20.- Análisis de varianza para la variable croma en rodajas de papaya (*Carica papaya* L.) en diferentes grosores de rodaja y estado de madurez.

<i>Fuentes de variación</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F_{calculada}</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tratamientos	3	8.515909126	2.838636375	1.306336125	4.066180551
Error	8	17.38380388	2.172975485		
Total	11	25.89971301			

Cuadro 21.- Análisis de varianza para la variable Hue en rodajas de papaya (*Carica papaya* L.) en diferentes grosores de rodaja y estado de madurez.

<i>Fuentes de variación</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F_{calculada}</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tratamientos	3	0.80	0.26	1.765	4.757
Error	6	0.90	0.15		
Total	9	1.7			

Cuadro 22.- Análisis de varianza de la variable actividad de agua en muestras de papaya (*Carica papaya* L.) en tres estados de madurez.

<i>Fuentes de variación</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F_{calculada}</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tratamientos	5	1.41	0.28	75873.14	3.10
Error	12	4.46 E-5	3.72E-06		
Total	17	1.41			

A pesar de que no existen diferencias significativas, es decir se acepta la Hipótesis nula (todos los tratamientos son iguales estadísticamente) y se rechaza la Hipótesis alternativa (al menos un tratamiento es diferente estadísticamente), existen diferencias numéricas que se han analizado en apartados anteriores en este documento a través de la estadística descriptiva y uso de gráficos. A manera de conclusión preliminar, los estados de madurez de las rodajas de papaya no influyen sobre las variables fisicoquímicas aquí estudiadas.

X CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La caracterización realizada en la papaya en cuanto al contenido de humedad, cenizas, textura, °Brix, color y determinación de agua son similares a los reportados en la bibliografía.

En base en la revisión bibliográfica y a pruebas preliminares del proceso de secado por charolas de rodajas de papaya (*Carica papaya* L) establecieron las condiciones de operación para obtener rodajas deshidratadas con características aceptables.

En la actualidad las personas buscamos cada vez más, productos de mejor calidad, de alto valor nutritivo, y sensorialmente agradables. Es por ello que la industria alimentaria se ha dedicado a la búsqueda de nuevos métodos y productos que garanticen reunir los requerimientos y necesidades de los seres humanos. La presente investigación da pauta a una nueva combinación de tecnologías para la conservación que no solo permite optimizar el proceso de modo de lograr un secado eficiente que permita prolongar la vida útil de los fruto de papaya pero sin perder los atributos de calidad que garantizarán la aceptación del producto por parte de los consumidores.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Bibliografía

- Badillo, V. M. 2000. Carica L. vs Vasconcella St. Hil. (Caricaceae) con la rehabilitación de este último. *Ernstia* 10:74-79.
- Badui Dergal, S. (2006). *Química de los Alimentos*. México: cuarta edición.
- Brechelt, A. D. (2004). *Manejo Ecológico de Plagas y Enfermedades*. Santiago de Chile: Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina.
- Hernández Rodríguez, J., & Quinto Diez, P. (2005). *Secado de medios porosos una revisión a las teorías actualmente en uso* . MÉXICO.
- Jimenez , R., & Cerero, J. (2009). *oportunidades de mercado e inteligencia comercial internacional de la papaya mexicana*. México: ProPapaya.
- Lugo , C., & Alvarado, F. (2004). Antracnose in papaya (Carica papaya L.) fruits Maradol. *Agron*, 207-212.
- Lugo de Cumare, Z., & Fuguet de Alvarado , R. (2004). Antracnosis en frutos de lechosa (Carica papaya L.) del tipo Maradol causada por Colletotrichum. *Fac. Agron*.
- Mirafuentes Hernández, F., & Azpeitia Morales , A. (2008). PRIMER HÍBRIDO DE PAPAYA. *Fitotecnia Mexicana*, 292.
- Aranda Gonzalez , M. (2016). *modelado de deshidratción de tiras de aguacate variedad Hass (Persea American Mill) secado convectivo* . Mexico .
- Badui Dergal, S. (2006). *Química de los Alimentos*. Mexico : cuarta edición.
- Bello Gutierrez , J. (2000). *Ciencia bromatológica principios generales de los alimentos* . México : Díaz de Santo .
- Boulogne S, Marquez E, García , & Medina. (2015). *Evaluación del secador de charolas del Instituto Tecnológico Superior de Santiago*. Bolivia: ECORFAN .

- Calderon Rivera , G., & Cepeda Vergara , R. (s.f.). *Control de enfermedades y plagas en melon y la Papaya* . Colombia : Boletín de Sanidad vegetal .
- Contreras Monzón , C. (2006). *INFLUENCIA DEL MÉTODO DE SECADO*. Valencia : Departamento de Tecnología de Alimentos .
- Feippe , A., & Carballo, S. (2003). *guía práctica de análisis físico-químicos de frutas y hortalizas* . Uruguay : inia .
- Fellows, P., & Sala Trepas, F. J. (1999). *Tecnología del procesamiento de los alimentos: principios y prácticas*. México : Acribia, 1993.
- Fito Maupoey, P., Andres Grau, A. M., Barat Baviera , J. M., & Albors Sorolla , A. M. (2001). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente* . España : Univiversitat Politecnica de Valencia.
- Fuentes, G., and J. M. Santamaría. 2014. Papaya (*Carica papaya* L.): Origin, domestication, and production. In: Ming, R., y P. H. Moore (Eds.). Genetics and Genomics of Papaya. Springer, New York. pp: 3-15.
- Geankplis, C. J. (1998). *PROCESOS DE TRANSPORTE Y PERACIONES UNITARIAS* . México : CONTINENTAL .
- Lobo Rodrigo, M. G. (2000). *CARACTERIZACION BIOQUIMICA DE FRUTOS DE*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Lugo de Cumare, Z., & Fuguet de Alvarado, R. (2004). Antracnose in papaya (*Carica papaya* L.) fruits Maradol type caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. *Fac. Agron.*
- Maruchi , A., Aranguren , Y., Maikel Ramos , R., Rodríguez , K., & R. Pastor, M. (2008). CARACTERIZACIÓN DE LOS FRUTOS DE CUATRO CULTIVARES DE PAPAYA. *Agronomía Costarricense*, 169 .
- Millan, F. R., Roa, V., & Tapia, M. S. (2001). *MODELADO MATEMÁTICO DE ISOTERMAS*. Directora del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos: Directora del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

- Mirafuentes Hernandez , f., & Azpeitia Morales , A. (2008). Primer híbrido de papaya para el propico de México . *Fictotenia Mexicana* , 291-293.
- Orrego Alzate, C. E. (2003). PROCESAMIENTO DE AIMENTOS. *UNIVERSIDAD NACIONAL*, 176.
- Ramirez Navas , J. (2006). *Llofilizacion de alimentos* . Colombia: colombia 2006 .
- Ríos Pérez , J., Márquez Cardoso, C., & Velásquez Hernández , C. J. (2005). Deshidratcion osmótica de frutos de papaya. *Facultad Nacional de Agronomía* , 3.
- Ríos Pérez, J. M., & Ríos Pérez ,C, ,. (2005). *Deshidratcion osmótica de frutos de papaya*.
- S. Foust, A., A. Wenzel , L., W. Clump, C., Maus , L., & Bryce Andasen, L. (2006). *PRINCIPIO DE OPERACIONES UNITARIAS* . México : CONTINENTAL .
- Sharma , S., Mulvaney , S., & Rizvi , S. (2003). *INGENIERIA DE ALIMENTOS* . México : LIMUSA.
- Singh, P., & Heldman, D. R. (2001). *Introducción a la ingenieria de los alimentos*. España: acribia.
- Teixeria da Silva, J., Zinia , R., Duong , T., Sivakumar, D., Teixeira Souza Jr, M., & Tennant, •. (2007). Papaya (*Carica papaya* L.) Biology and Biotechnology. *Tree and Forestry Science and Biotechnology*, 34.
- Torres Lara , M., Estupiñan Ibañez, M., Cordova Gurrola, E., & Quiñones Muñoz, M. (2015). Evaluación del secador de charolas . *Revista de Tecnología e Innovación*, 465.
- Vazquez Garcia , E., Mata Vazquez , H., Ariza Flores , R., & SantaMaria Basulto , F. (2010). *PRODUCCIÓN Y MANEJO POSTCOSECHA DE PAPAYA MARADOL*. Mexico: SAGARPA.
- Villa Rivera, J. E. (2002). *tecnología de alimentos volumen 1*. México: INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL DE MEXICO.

