



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TIERRA BLANCA

MAESTRIA EN CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

**“SÍNTESIS DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN BASE A PLÁTANO MACHO
(*Musa balbisiana*) ENRIQUECIDO CON EXTRACTO NATURAL DE MORINGA
(*Moringa oleífera Lam*) Y SU EVALUACIÓN EN LA CALIDAD POSTCOSECHA DE
PAPAYA MARADOL (*Carica papaya L*)”.**

TESIS

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
DE LOS ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA**

PRESENTA

ING. LUIS MANUEL COVARRUBIAS AGUILAR

COMITÉ TUTORIAL

DRA. KARINA BUSTOS RAMÍREZ

MC. ÁNGEL CÁRDENAS CÁGAL

DRA. VERÓNICA SAUCEDO RIVALCOBA

TIERRA BLANCA, VER; A 3 DE JUNIO DE 2019



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TIERRA BLANCA

DICTAMEN DE LA COMISIÓN DICTAMINADORA

Tierra Blanca, Ver., a 03 de Junio de 2019

DR. EDDY SÁNCHEZ DE LA CRUZ
SUBDIRECTOR DE POSGRADO E INVESTIGACION

Los que suscriben, miembros de la comisión revisora, una vez concluido y analizado los contenidos de la Tesis de Maestría que presenta el C.:

Luis Manuel Covarrubias Aguilar

Con el título de:

"Síntesis de recubrimiento comestibles en base a plátano macho (*Musia balbisiana*) enriquecido con extracto natural de moringa (*Moringa oleifera Lam*) y su evaluación en la calidad postcosecha de papaya maradol (*Carica papaya L*)"

Determinan que es aceptada, como requisito parcial para la obtención del grado de Maestría en ciencias de los Alimentos y Biotecnología.

ATENTAMENTE

PRESIDENTE	Dra. Karina Bustos Ramírez
SECRETARIO	M.C. Ángel Cárdenas Cágal
VOCAL	Dra. Verónica Saucedo Rivalcoba
VOCAL SUPLENTE	Dra. Karen Aylin Vargas García



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TIERRA BLANCA

ORDEN DE IMPRESIÓN

FECHA: 17 DE ENERO DE 2020
DÉPENDENCIA: SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
OFICIO NÚM: OFICIO NO. ITSTB/004
ASUNTO: ORDEN DE IMPRESIÓN


C. LUIS MANUEL COVARRUBIAS AGUILAR
CANDIDATO (A) A TÍTULO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGIA
PRESENTE

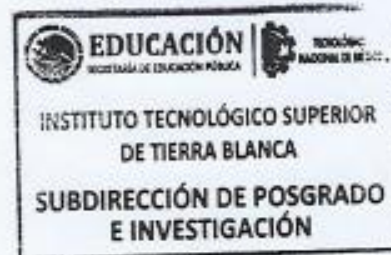
De acuerdo con los requisitos para la obtención del grado de los lineamientos para la operación de los estudios de posgrado de los Institutos Tecnológicos, dependientes del Tecnológico Nacional de México y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la comisión revisora le hizo respecto a su trabajo profesional titulado:

"Síntesis de recubrimientos comestibles en base de plátano macho (*musa balbisiana*) enriquecida con extracto natural de moringa (*Moringa oleífera* Lam) y su evaluación en la calidad postcosecha de papaya maradol (Carica papaya L)"

Comunico a Usted, que tienen la autorización, para que proceda a la impresión de su trabajo de tesis.

ATENTAMENTE


MTR. ELVIS JAVIER RECIO CAMPOS
SUBDIRECTOR DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



c.c.p. Lic. Judith Amaya Domínguez - Dirección Académica
Dra. Elizabeth del Carmen Valera Santos - Coord. de Maestría en Ciencias de los Alimentos y Biotecnología.
Archivo

ÍNDICE

Índice de figuras.....	6
Índice de tablas.....	7
1.-Introducción.....	8
2.-Objetivos.....	11
2.1.-Objetivos generales.....	11
3.-Hipótesis.....	12
4.-Justificación.....	13
5.-Antecedentes.....	14
5.1.-Residuos agroindustriales.....	14
5.2.-Recubrimientos comestibles.....	14
5.3.- Polímeros.....	16
5.3.1.- Propiedades de los polímeros.....	16
5.3.2.- Polímeros naturales.....	17
5.4.- Almidón.....	18
5.4.1.- Propiedades del almidón.....	19
5.4.2.- Aplicaciones del almidón.....	19
5.4.3.- Recubrimientos de almidón.....	19
5.5.-Agentes antimicrobianos.....	20
5.6.- <i>Moringa oleífera</i>	21
5.7.-Extractos naturales.....	27
5.7.1.- Extracción de metabolitos secundarios.....	27
5.7.2.- Técnicas de extracción.....	27
5.7.2.1.- Infusión.....	28
5.7.2.2.- Maceración.....	28

5.7.2.3.- Soxhlet.....	28
5.7.2.4.- Percolación.....	28
5.7.3.- Solventes.....	29
5.8.- Métodos de síntesis de almidón de plátano macho (<i>Musa balbisiana</i>).....	30
6.- Metodología.....	30
6.1.- Materiales.....	30
6.2.- Métodos.....	30
6.2.1.1.- Método de extracción en seco.....	30
6.2.1.2.- Determinación cualitativa de almidón.....	32
6.2.1.3.- Determinación de amilosa y amilopectina.....	32
6.2.1.4.- Determinación de solubilidad, poder de hinchamiento y absorción de agua.....	33
6.2.1.5- Caracterización estructural (FT-IR) del almidón obtenido.....	33
6.3.- Extracción de metabolitos de interés.....	34
6.4.- Plastificante.....	34
6.5.- Recubrimiento de almidón.....	35
6.6.- Método de aplicación de recubrimientos en frutos.....	35
6.7.- Pruebas fisicoquímicas en papaya maradol (<i>Carica papaya L</i>).....	36
6.7.1.- Selección de frutos a evaluar.....	36
6.7.2.- Diseño experimental.....	39
6.7.3.- Pérdida de peso.....	40
6.7.4.- Cambio de coloración.....	40
6.7.5.- Sólidos solubles totales.....	40

6.7.6.- Acidez titulable.....	41
6.7.7.- Evaluación microbiológica.....	41
6.7.7.1.- Preparación de Medio de cultivo.....	41
6.7.7.2.- Aislamiento de microorganismos.....	42
7.- Resultados estadísticos	43
7.1.1- Amilosa y amilopectina.....	43
7.1.2.- Solubilidad, poder de adsorción y potencial de hinchamiento.....	43
7.1.3.- Caracterización por FT-IR.....	45
7.2.1.- Acidez titulable.....	47
7.2.2.- Potencial de Hidrogeno.....	50
7.2.3.- Solidos solubles totales.....	53
7.2.4.- Pérdida de peso.....	57
7.2.5.- Cambio de color.....	59
7.2.6.- Evaluación fúngica.....	63
8.- Discusión.....	66
9.- Conclusiones.....	68
10.- Recomendaciones.....	69
11.- Bibliografía.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Morfología de árbol de Moringa (Moringa oleífera Lam).....	22
Figura 2.- Estructuras fitoquímicas de Moringa.....	24
Figura 3.- Proceso de síntesis de almidón.....	31
Figura 4- Prueba cualitativa de almidón por prueba de Lugol.....	32
Figura 5.- Recubrimientos y unidad experimental.....	35
Figura 6.- Textura de papaya por grado de madurez.....	38
Figura 7.- Frutos evaluados como unidades experimentales.....	39
Figura 8.- Solubilidad de almidón a distintas temperaturas.....	43
Figura 9.- Poder de hinchamiento de almidón a distintas temperaturas.....	43
Figura 10.- Capacidad de absorción de agua del almidón.....	44
Figura 11.- Característica estructural FTIR de almidón obtenido.....	46
Figura 12.- FTIR de almidón de plátano evaluado por otros investigadores.....	46
Figura 13.- Acidez titulable.....	47
Figura 14.- Comportamiento de la acidez en tratamientos.....	48
Figura 15.- Lectura de potencial de Hidrogeno.....	50
Figura 16.- Comportamiento de potencial de Hidrogeno en tratamientos.....	51
Figura 17.- Lectura de grados Brix.....	53
Figura 18.- Lectura de Solidos Solubles Totales por tratamiento.....	54
Figura 19.- Evaluación de pérdida de peso.....	56
Figura 20.- Pérdida de peso por tratamientos evaluados en 8 días.....	57
Figura 21.- Pérdida de peso de los frutos durante la maduración.....	57
Figura 22.- Cambio de color por tratamiento en proceso de maduración.....	59
Figura 23.- Coordenadas en L*.....	60
Figura 24.- Coordenadas en a*.....	61
Figura 25.- Coordenadas en b*.....	62
Figura 26.- Aislamiento de microorganismos y evaluación in vitro de extracto.....	65
Figura 27. Evaluación in vitro.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Composición química de la hoja de Moringa(<i>Moringa oleífera Lam</i>)	23
Tabla 2.- Contenido de fenoles totales, taninos condensados y capacidad antioxidante (TEAC y ORAC) de hoja de Moringa.....	23
Tabla 3.- Fitoquímicos de extractos de hoja de Moringa.....	26
Tabla 4.- Compuestos bioactivos extraídos de plantas	29
Tabla 5.- Parámetros de extracción de metabolitos secundarios de Moringa.....	34
Tabla 6- Relación de concentración plastificantes.....	35
Tabla 7.- Prueba de espesor de plastificantes.....	35
Tabla 8.- Clasificación de papaya bajo la Norma NMX-FF-041-SCFI-2007.....	36
Tabla 9.- Nomenclatura de tipo de papaya por peso.....	37
Tabla 10.- Clasificación de papaya por grado de madurez en base a color.....	38
Tabla 11.- Relación de formulaciones en recubrimientos a evaluar.....	39
Tabla 12.- Evaluación de almidón por FT-IR.....	44
Tabla 13.- Parámetros de acidez en papaya en tratamientos evaluados.....	47
Tabla 14.- Valores de potencial de hidrogeno en tratamientos evaluados.....	50
Tabla 15.- Valores de Sólidos Solubles Totales en papaya.....	53
Tabla 16.- Porcentaje de pérdida de peso diario por tratamiento.....	56
Tabla 17.- Pérdida de peso en etapa de senescencia al octavo día.....	56
Tabla 18.- Escala Pantone coordenadas CIE.....	60
Tabla 19.- Coordenadas en L*.....	61
Tabla 20.- Coordenadas en a*.....	61
Tabla 21.- Coordenadas en b*.....	62
Tabla 22.- Relación de concentración de extracto de moringa en evaluación in vitro.....	63
Tabla 23.- Desarrollo micelial de microorganismos.....	63
Tabla 24.- Resultados de pruebas fisicoquímicas a tratamientos evaluados.....	67
Tabla 25.- Comparativa de pruebas fisicoquímicas en frutos de papaya con recubrimientos comestibles.....	67

1.-INTRODUCCIÓN

Los residuos agroindustriales son materiales en estado sólido que se generan a partir de consumo directo de productos primarios o de su industrialización y que no son de utilidad para el proceso que los generó, pero que son susceptibles de aprovechamiento o transformación para generar otro producto con valor económico, de interés comercial y/o social (Saval-Bohórquez 2012).

En México se generan anualmente cerca de 76 millones de toneladas de residuos orgánicos de frutas (limón, peras, manzanas, papaya, piña, plátano, naranja) y diversos cultivos como maíz, caña de azúcar, frijol, col, zanahoria, tomate, lechuga, papa (González-Sánchez *et al*; 2015).

El uso de residuos orgánicos en la agroindustria como actividad económica que dota de valor agregado a productos del sector primario cobra entonces importancia en este contexto. Sin embargo, una cantidad de biomasa importante no es aprovechada y se clasifica como residuos agroindustriales (Lizardi-Jiménez *et al*; 2016).

En promedio en los últimos tres años los Estados de Chiapas, Veracruz, Colima, Oaxaca y Tabasco son los principales productores de plátano macho, registrando el 85% del volumen registrado en el país (SIAP-SAGARPA). La Cuenca del Papaloapan destaca a nivel estatal en Veracruz como zona productora de plátanos y bananas quienes por no cumplir normativas de tamaño o forma en algunos de sus frutos no pueden ser comercializados en los diferentes canales de comercialización. Existe un gran interés por el uso de residuos agroindustriales en el procesamiento del plátano, con la finalidad de aprovechar las grandes cantidades de biomasa para elaborar productos con valor agregado como fruto fresco y son destinados para el desarrollo de subproductos como la elaboración de harinas con alto contenido de almidón, teniendo parámetros de 65.89% de almidón en fruto (Ramos *et al*;2016), (García y Pinzón 2016), (Hernández *et al*; 2017).

Polímeros como el almidón han sido alternativas sustentables en el uso de recubrimientos y ser estos económicos y de fácil acceso para su uso como materia prima siendo sintetizado de raíces, tallos y frutos de diversos cultivos destacando maíz, malanga, ñame, papa, arroz, plátano entre ellos. La funcionalidad del almidón es dependiente de su contenido de amilosa y amilopectina así como la organización molecular de estos glucanos dentro del gránulo (Achipiz *et al*; 2013).

Las películas y recubrimientos comestibles están elaborados con diversas matrices poliméricas ya sean de proteínas, carbohidratos o lípidos que al ser utilizados generan una barrera semipermeable al vapor de agua, los gases Oxígeno (O_2) y bióxido de Carbono (CO_2) aunado a retención de compuestos volátiles (Ramos-García *et al*; 2010). Los recubrimientos comestibles se definen como una matriz continua y delgada adherida al fruto generalmente por inmersión, aspersión o brocha a diferencia de una película que es una matriz preformada (Quintero *et al*; 2010).

Las propiedades funcionales, sensoriales y mecánicas de una recubrimiento comestible también pueden modificarse por la adición de varias sustancias en pequeñas cantidades a los cuales se les denomina aditivos como lo pueden ser plastificantes al ser compuestos higroscópicos que tienen la capacidad de ceder o absorber la humedad presente en el medio ambiente que los rodeo, son solubles en agua y en pequeñas cantidades introducen cambios significativos haciendo al recubrimiento más flexible aunado a antimicrobianos o colorantes (Romero-Bastida *et al*; 2011).

Diversos productos derivados de las plantas han mostrado un efecto antimicrobiano. Entre estos compuestos destacan los flavonoides, fenoles, terpenos, aceites esenciales, alcaloides, lectinas y polipéptidos donde sus mecanismos de acción son variables; por ejemplo, la toxicidad de los fenoles en microorganismos se atribuye a inhibición enzimática por oxidación de compuestos; el modo de acción de los terpenos y aceites esenciales no ha sido dilucidado por completo, pero se postula que pueden causar rompimiento de la membrana a través de los compuestos lipofílicos. De los alcaloides se ha postulado que se intercalan con el DNA, y de las lectinas y polipéptidos se conoce que pueden formar canales iónicos en la membrana microbiana o causar la inhibición competitiva por adhesión de proteínas microbianas a los polisacáridos receptores del hospedero (Hernández-Lauzardo *et al*;2007).

Los recubrimientos comestibles a base de almidón son adicionados con extractos naturales antimicrobianos donde destacan ajo, canela, orégano y follajes de árboles como *Moringa oleífera Lam*, (Landeró-Valenzuela *et al*; 2013), (Cueto-Wong *et al*; 2010), (Saucedo-Pompa *et al*; 2018).

México es el principal exportador de papaya y quinto productor mundial de papaya. De 2013 a 2016, la producción pasó, con base en estadísticas del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), de 734.5 mil toneladas a 957.4 mil toneladas, donde los cinco principales estados productores son Oaxaca, Colima, Chiapas, Veracruz y Michoacán, estados que aportan el 81.1 por ciento

del volumen total nacional, lo que asciende a 776.6 mil toneladas. En el Estado de Veracruz destacan en su producción los municipios de Cotaxtla, Tierra Blanca, Paso de Ovejas (SIAP SAGARPA 2017).

La papaya es una fruta climatérica altamente perecedera y susceptible a enfermedades postcosecha como la Antracnosis causada por *Colletotrichum gloeosporioides* donde los fungicidas sintéticos han generado resistencia y residualidad en los frutos (Maqbool M. *et al*; 2011) donde la Organización Mundial de la Salud (OMS) cita provocan cáncer y problemas en sistemas reproductivo, nervioso e inmunitario (OMS 2019). Es necesario la aplicación de diferentes tecnologías como: uso de atmósferas modificadas, aplicación de recubrimientos comestibles, aplicación de tecnologías emergentes y la combinación de algunas de ellas, que permitan mantener la calidad y extender el tiempo de vida útil de estos frutos. Los recubrimientos comestibles y películas comestibles forman una barrera semipermeable a los gases y vapores y pueden mantener/mejorar la calidad, seguridad y estabilidad de los frutos recubiertos (Marquez *et al*; 2016).

El uso de recubrimientos comestibles en el fruto de papaya ha sido evaluado en diversos polímeros como aceite mineral y vegetal (Mercado-Ruíz *et al*; 2014), propóleos (Barrera-Bello *et al*; 2012), almidón de yuca (Almeida-Castro *et al*; 2011), almidón de plátano y aceite esencial de canela disminuyó la permeabilidad al vapor de agua y la solubilidad sin que afectara las condiciones mecánicas añadiendo un efecto antimicrobiano (Romero-Batista *et al*; 2011).

El proyecto de investigación tuvo como fin, sintetizar almidón extraído del plátano macho (*Musa Balbisiana*) adicionado con extractos naturales para el desarrollo de un recubrimiento comestible que permita mediante sus metabolitos secundarios inhibir dicho hongo en la papaya y poder así generar mayor vida de anaquel libre de patógenos acorde a normas de inocuidad e higiene internacional logrando así, incursionar en nuevos mercados fortaleciendo la cadena del sector hortofrutícola, cabe señalar que dichos daños suelen generarse en los procesos de manipulación, transporte y distribución de los diversos canales comerciales de dicho fruto, que por su creciente demanda comercial en el mercado nacional e internacional, sin dejar a un lado que el estado de Veracruz es de los principales productores a nivel nacional posicionando al país como el principal exportador a nivel mundial y ser la cuenca del Papaloapan una región propicia de desarrollo y transferencia tecnológica por las condiciones edafoclimáticas presentes (Comisión Veracruzana de la Comercialización Agropecuaria 2010).

2.-OBJETIVO GENERAL

Formulación de un recubrimiento conformado por almidón de plátano macho (*Musa Balbisiana*) y enriquecido con extracto natural de *Moringa oleífera Lam.* en papaya maradol (*Carica papaya L.*)

2.1.-OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Obtención y caracterización de almidón de plátano macho (*Musa Balbisiana*) de la Cuenca del Papaloapan a partir de frutos no comercializables como parte de sus residuos agroindustriales.
- ✓ Obtención y caracterización de extracto de *Moringa oleífera Lam.*
- ✓ Formulación de recubrimiento comestible a base de almidón y extracto obtenido.
- ✓ Aplicación y evaluación de recubrimientos comestibles en la calidad de papaya maradol.

3.-HIPÓTESIS

El uso de recubrimientos comestibles funcionalizados en base a almidón y extractos vegetales permite prolongar la vida útil de la papaya maradol.

Los recubrimientos comestibles son una opción sustentable para el mayor tiempo de vida de anaquel sin presencia de microorganismos fúngicos.

4.-JUSTIFICACIÓN

El uso de desechos agroindustriales es una opción sustentable la cual genera beneficios en diversos cultivos, como en este caso el uso de almidón extraído de pulpa de plátano macho que no cumple con las características de demanda y modificado con extractos naturales genera un subproducto consistente en un recubrimiento antifúngico propio para el cultivo de la papaya maradol el cual le generará mayor vida de anaquel libre de agentes fitopatógenos conservando sus propiedades fisicoquímicas por mayor tiempo.

5.- ANTECEDENTES

5.1.-Residuos agroindustriales

La agroindustria es una actividad integral de producción primaria siendo esto en los ámbitos agrícola, pecuario o forestal desarrollando productos provenientes del sector rural teniendo como materias primas industrializadas frutas, verduras, raíces, semillas, hojas, tubérculos, flores y vainas. Las cosechas del sector agroindustrial pueden ser comercializadas en fresco o transformadas (Da Silva *et al*; 2013).

Los residuos agroindustriales son materiales en estado sólido que se generan a partir de consumo directo de productos primarios o de su industrialización y que no son de utilidad para el proceso que los generó, pero que son susceptibles de aprovechamiento o transformación para generar otro producto con valor económico, de interés comercial y/o social (Saval-Bohórquez 2012).

En México se generan anualmente cerca de 76 millones de toneladas de residuos orgánicos de frutas (limón, peras, manzanas, papaya, piña, plátano, naranja) y diversos cultivos como maíz, caña de azúcar, frijol, col, zanahoria, tomate, lechuga, papa. (González-Sánchez *et al*. 2015; García-Peña *et al*.2011).

La agroindustria como actividad económica que dota de valor agregado a productos del sector primario cobra entonces importancia en este contexto. Sin embargo, una cantidad de biomasa importante no es aprovechada y se clasifica como residuos agroindustriales (Lizardi-Jiménez *et al*; 2016)

5.2.-Recubrimientos comestibles

Los recubrimientos comestibles son una delgada capa de material homogéneo, aplicadas sobre un alimento que pueden ser consumidas. Una gran cantidad de materiales han sido investigados en los últimos años con el fin de obtener recubrimientos comestibles y biodegradables con el fin de extender la vida útil de anaquel (Fernández-Váldes *et al*; 2015). Los recubrimientos comestibles son de secado rápido, de fácil remoción, no desarrolla sabores desagradables, no modifica la calidad sensorial del producto permitiendo el paso de gases como oxígeno y dióxido de carbono (Fernández *et al*; 2017). Entre los materiales estudiados se encuentran almidones como pectinas, proteínas de soya, quitosano y almidones aplicados de forma líquida sobre el producto por inmersión, aspersion o goteo.

El creciente deterioro ambiental asociado con el uso masivo de materiales plásticos derivados del petróleo en el empaque y embalaje de los alimentos, ha propiciado la búsqueda de nuevas alternativas para su sustitución, cuyas fuentes sean materiales renovables, biodegradables y de origen natural, este interés se centra además en compuestos que interaccionen efectivamente con el producto, que

permitan una modificación adecuada de los gases internos, y sobre todo, que no modifiquen las características sensoriales del mismo (Andrade *et al*; 2014).

En contraste, las películas elaboradas a partir de lípidos tienen una baja permeabilidad a la humedad, pero sus propiedades mecánicas son limitadas. Si estos ingredientes son combinados, pueden interactuar física o químicamente para producir películas o cubiertas compuestas con mejores propiedades (Marquez *et al*; 2017).

Algunos investigadores han evaluado diferentes condiciones para modificar el almidón (Guerra-Della Valle, 2008; Rivas-González *et al.*, 2009, Figueroa *et al*; 2013) y utilizarlo como una excelente materia prima para la elaboración de materiales de empaque biodegradables, debido a que es una fuente botánica renovable, económica y altamente disponible elaborando recubrimientos como los podemos mencionar en investigaciones realizadas por Amaya *et al*; (2009) en el uso de almidón nativo de yuca en la evaluación de vida de anaquel en tomates, García y Pinzón 2010 en almidón de plátano macho evaluado en fresas, Achipiz *et al*;(2013) en el uso de almidón de papa evaluando la maduración de guayaba.

La textura, consistencia y funcionalidad del almidón se debe en gran parte a sus dos componentes de alto peso molecular: la amilosa y la amilopectina (Montes *et al*; 2008), así como de la organización molecular de estos glucanos dentro del granulo (Achipiz *et al*; 2013).

El contenido de almidón en el fruto del plátano es de aproximadamente 70-80% en base seca, mientras que la piel puede contener hasta 50% (Agama-Acevedo *et al.*, 2015). A medida que el plátano va madurando se produce el rompimiento del almidón en azúcares, por lo cual el plátano verde es más rico en almidón mientras que el maduro lo es en azúcares donde el almidón contiene una mezcla de las macromoléculas amilosa (15 a 30%) y amilopectina (70 a 85%), la cual varía de una especie vegetal a otra y determina sus características. A mayor contenido de amilopectina (molécula más ramificada, soluble en agua) aumentan las propiedades adhesivas, mientras que la amilosa (molécula lineal, insoluble) aumenta la capacidad de gelatinización (Lambis-Miranda *et al*; 2016) y ha sido utilizado para elaborar películas con el almidón nativo de plátano (Romero-Bastida *et al.*,2005) y oxidado (Zamudio-Flores *et al*; 2007).

Estudios realizados por Jirukkakul 2016 a la funcionalidad de la harina de plátano en parámetros como resistencia a tracción, alargamiento y permeabilidad al vapor de agua corrobora evaluaciones previas por Zamudio-Flores *et al.* 2007 donde reportaron que la modificación química del almidón de plátano con hipoclorito de sodio aumentó las propiedades mecánicas de las películas donde se observó que el almidón de plátano presenta mayor contenido de amilosa y en consecuencia, las películas con este tipo de almidón

mostraron la mayor tensión a la fractura. Sin embargo, al ser incluido un sustituyente hidrofílico, la permeabilidad al vapor de agua se incrementó o aunque esta característica se controló por la adición de aceite de girasol. Este tipo de almidón se describió como adecuado para elaborar películas con matrices homogéneas, con estructuras estables a condiciones ambientales (25⁰C, 57 % HR), las cuales pueden ser prometedoras en la conservación postcosecha de fruta.

5.3.-Polímeros

La palabra polímero se deriva del griego poli y meros, que significan mucho y partes, respectivamente. Algunos científicos prefieren usar el término macromolécula, en lugar de polímero (Bustos-Ramírez 2011). Un polímero, es una molécula muy grande constituida por la repetición de pequeñas unidades químicas simples. En algunos casos la repetición es lineal, de forma semejante a los eslabones que forman una cadena. En otros casos las cadenas son ramificadas o interconectadas formando retículos tridimensionales. La unidad repetitiva del polímero es usualmente equivalente o casi equivalente al monómero o material de partida del que se forma el polímero. Se encuentran diferentes tipos de polímeros:

- a) Polímeros naturales: provenientes directamente de vegetales o animales. Por ejemplo celulosa, almidón, proteínas, caucho natural, ácidos nucleicos, etc.
- b) Polímeros artificiales: son el resultado de modificaciones mediante procesos químicos de ciertos polímeros naturales. Ejemplo: nitrocelulosa, etonita, etc.
- c) Polímeros sintéticos: son los que se obtienen por procesos de polimerización controlados por el hombre a partir de materias primas de bajo peso molecular.

5.3.1.-Propiedades de los polímeros

Las propiedades más importantes de los polímeros son:

Cristalinidad: que es el empaquetamiento de cadenas moleculares en distribución estereo regular con un alto grado de compacticidad. Aunque en la producción de polímeros no se logra obtener el 100% de cristalinidad.

Propiedades térmicas: desde el punto de vista térmico, los polímeros son aislantes y presentan coeficiente de expansión térmica. Sometidos a la acción del calor, tienen una temperatura de transición en la que el material se ablanda y se vuelve suave. La temperatura de transición vítrea

(Tg) juega un papel muy importante, debido a que a la temperatura a la que esta transición térmica ocurra, es como se define la aplicación de los materiales poliméricos.

Propiedades mecánicas: las propiedades mecánicas más comunes que se determinan a un material polimérico para su caracterización son: resistencia a la tensión y elasticidad. Siendo estos parámetros importantes para determinar la resistencia mecánica y la fuerza necesaria para romper el material. En términos generales las propiedades mecánicas en polímeros dependen de la temperatura, humedad y velocidad de prueba. Las propiedades mecánicas finales dependen en gran medida de los procesos de elaboración o de transformación (Bustos-Ramírez 2011).

Degradación: Los materiales poliméricos también experimentan deterioro al interactuar con el ambiente. La degradación polimérica es de tipo fisicoquímico, con presencia de una gran variedad de reacciones. La degradación viene acompañada de la ruptura de enlaces covalentes (por calor, reacciones químicas o radiación), provocando una disminución en los valores de resistencia mecánica. Debido a la diversidad de estructuras en los polímeros, los mecanismos de degradación no se conocen suficientemente (Bustos-Ramírez 2011).

5.3.2.-Polímeros naturales

Las proteínas, son compuestos químicos fundamentales que representan alrededor del 50% del peso del cuerpo humano. Químicamente están formadas por C, H, N, y O; también se pueden encontrar pequeñas partes de otros elementos. Las proteínas se consideran polímeros de alto peso molecular, se forman por la unión de unidades básicas llamadas aminoácidos. Algunas proteínas son muy importantes, como la queratina que es el principal constituyente de la piel, pelo y uñas (Krevelen y Nijenhuis 2009).

Los ácidos nucleicos se constituyen de nucleótidos como unidad estructural; presentan diferentes niveles de organización estructural, relacionados con la estructura y empaquetamiento de las hélices del ADN (Lehninger 2006).

Los carbohidratos están formados por C, H, y O; en una proporción que se expresa mediante $C_n(H_2O)_n$. Etimológicamente son carbono y agua. Los carbohidratos se clasifican por su complejidad (Badui 2006) según el número de monómeros en:

Monosacáridos; solo una unidad monomérica.

Disacáridos; dos unidades monoméricas.

Trisacáridos; tres unidades monoméricas.

Oligosacáridos; de cuatro hasta diez unidades monoméricas.

Polisacáridos; de once, a cientos de miles de unidades monoméricas.

Los monosacáridos, son las unidades elementales de los carbohidratos. Químicamente son polihidroxialdehidos de tres a ocho átomos de carbono de cadena lineal. De acuerdo al número de átomos de carbono, las más comunes se clasifican en triosas (tres), tetrasas (cuatro), pentosas (cinco), hexosas (seis) y así sucesivamente (Badui 2006).

El monosacárido más común es la glucosa, que es una cadena de seis átomos de carbono o una aldohexosa. El carbono del aldehído es un carbono deficiente de electrones.

La mayoría de los carbohidratos son polisacáridos, es decir, forman grandes cadenas lineales o ramificadas de monosacáridos iguales o diferentes. Los monosacáridos se unen por la reacción entre el grupo hidroxilo del carbono 1 con el grupo hidroxilo del carbono 4 o 6, esto se repite innumerables veces hasta producir el polímero o polisacárido.

Los polisacáridos estructurales como la celulosa y la quitina son lineales, poseen mayor superficie de interacción lo que permite mayor número de enlaces con otras moléculas. Dado que poseen grupos hidroxilos, forman uniones por puentes de H con las cadenas vecinas. Los polisacáridos como el glucógeno y el almidón son ramificados, lo cual evita que los polímeros se unan entre sí y se hagan insolubles (Bustos-Ramírez 2011).

5.4.-Almidón

El almidón es parte de los carbohidratos o polisacáridos que, junto con los lípidos, las proteínas y los ácido nucleicos, constituyen las cuatro clases principales de moléculas biológicamente activas. El almidón está compuesto de dos polímeros de unidades de glucosa: amilosa, de carácter esencialmente lineal, y la amilopectina, altamente ramificada y de mayor peso molecular (Bustos-Ramírez 2011).

El polisacárido está conformado principalmente de glucosa y por estructuras macromoleculares ordenadas en capas, y cuyas características en cuanto a composición y cantidad varían de acuerdo con el tipo de fuente de la que provenga (raíces, frutos, semillas, tubérculos, etc.).

El almidón constituye el tejido de almacenamiento primordial de las plantas, además de ser la sustancia más importante que existe desde el punto de vista de la alimentación humana, por su volumen de consumo, disponibilidad y precio (Bustos-Ramírez 2011).

5.4.1.-Propiedades del Almidón

Dentro de las propiedades del almidón, se encuentran: semicristalinidad, gelatinización, degradación, transición vítrea y biodegradabilidad. Sus desventajas y por ende sus limitaciones de uso son: su sensibilidad a la modificación de pH así como de la temperatura y a los esfuerzos de corte extremo. Propiedades que pueden mejorarse con la modificación del almidón bajo diversos tratamientos. Modificaciones que producen alteración en una o más de sus propiedades físicas, químicas o estructurales. Resultando en la incorporación de un componente ajeno a su estructura, o en la degradación controlada por una modificación ácida (Cárdenas-Freyre 2018).

5.4.2.-Aplicaciones de Almidón

Dentro de las diversas aplicaciones del almidón, se encuentran:

- Alimentos: es el área en donde más se utiliza.
- Polímeros biodegradables: Mediante una serie de procesos químicos, térmicos y mecánicos, se pueden elaborar láminas de almidón de yuca, utilizadas en la fabricación de recubrimientos de plásticos o en la fabricación de bolsas o empaques de plástico (Bustos-Ramírez 2011).
- Almidón termoplástico (TPS): A partir de la modificación del almidón de yuca, se genera el denominado plástico de almidón de yuca, que tiene la característica fundamental de ser térmicamente extensible, es decir, se puede estirar y de inmediato recupera su forma original.
- Otras aplicaciones: Como adhesivo, formador de películas, estabilizante de espumas, gelificante, humectante, texturizante, agente de envejecimiento del pan y como espesante.

5.4.3.- Recubrimientos de almidón

El almidón, es la materia prima más usada en la elaboración de películas biodegradables, debido principalmente a que es renovable, barato y relativamente fácil de manejar. Las películas de almidón se usan principalmente para disminuir el intercambio gaseoso entre el medio ambiente y el alimento, más que retardar la pérdida de humedad debido a sus características hidrofílicas.

El carácter hidrofílico de las películas de almidón, les confiere un aspecto quebradizo. Los plastificantes como glicerol, sorbitol, polietileno, glicol, aumentan la flexibilidad de las películas, debido a su capacidad para reducir los enlaces de hidrógeno entre las cadenas de los polímeros mientras aumentan el espacio molecular (Zamudio-Flores *et al*; 2007).

5.5.- Agentes antimicrobianos

Se ha demostrado que una gran variedad de plantas contienen compuestos los cuales presentan actividad antioxidante, anti cancerígena, así como antimicrobiana, entre otras (Shan *et al.*, 2005; Wojdylo *et al.*, 2007); Estos compuestos son llamados agentes antimicrobianos y pueden ser añadidos intencionalmente al alimento o a empaques, debido a que retardan el crecimiento o causan la muerte de los microorganismos aumentando así, la resistencia de la alteración de calidad o seguridad de un alimento; en estado natural, estos compuestos pueden desempeñar el papel de conservadores de alimentos de una manera natural y sin comprometer la salud de los consumidores; esto, debido a que varios de los agentes antimicrobianos han demostrado tener actividad biológica, la cual puede provenir de sus diversos componentes fenólicos presentes (Cáceres *et al* 2013).

Para extraer dichos compuestos también es necesario el desarrollo de técnicas que permitan la obtención de éstos, como es el caso de la hidrodestilación (Hernández-Ochoa *et al.*, 2012) proceso por el cual, se obtienen los aceites esenciales que han sido ampliamente estudiados por su actividad biológica (Lambert *et al.*, 2001). Los aceites esenciales contienen hasta un 3 % de moléculas activas (Ortuño, 2006) sin embargo, su fuerte olor y sabor, en la mayoría de los casos, impide la aceptación de los consumidores. En el proceso de extracción de los aceites esenciales, existe una segunda fase, llamada extracto acuoso o agua floral, la cual, según recientes estudios, puede presentar actividad biológica contra diferentes tipos de bacterias, incrementando las expectativas para su utilización como conservador natural en alimentos, ya que algunos de los componentes activos contenidos en el aceite esencial pueden migran hacia el extracto acuoso (Hernández-Ochoa *et al.*, 2012). Estudios de extractos acuosos de plantas, obtenidos por distintos métodos, ya se han utilizado recientemente para la producción de fungicidas alimentarios, incluyendo extractos de pino (*Pinus sylvestris*) abeto rojo (*Picea abies*), ajo (*Allium sativum*), albahaca, romero, laurel entre otros (Ozcan *et al.*, 2011). La compatibilidad con almidón y agentes antimicrobianos ha sido comprobada en diversos estudios manteniendo buenas propiedades mecánicas, detención de crecimiento de bacterias y efectividad en efecto de barrera (Shen *et al*; 2010).

5.6.- *Moringa oleífera Lam.*

Moringa oleífera Lam. es una planta originaria de los tractos occidental y sub Himalayan, India, Pakistán, Asia Menor, África y Arabia donde ahora es distribuida en Filipinas, Camboya, Centro América, América del Norte y del Sur. Es una de las más conocidas y distribuidas de las especies naturalizadas de la familia *monogénica Moringaceae* es cultivada en algunas zonas de México, fue introducida en forma de semillas desde África, generalmente para su cultivo en campos especializados, con la finalidad de cosechar hojas. Si bien actualmente hay en muchos países un gran interés en el aprovechamiento del árbol y la planta ha existido en México quizás por siglos, las personas que practican el cultivo popular de Moringa usualmente desconocen el interés por el árbol (Olson y Fahey 2011). La moringa presenta una altura entre 5 y 12 m, se encuentra silvestre y cultivada en planicies, prospera en clima insular tropical, abundante cerca de lechos arenosos de ríos arroyos, puede crecer en trópicos húmedos o tierras secas y calientes, produce una raíz parecida a la de un tubérculo, lo cual explica su tolerancia observada a las condiciones de sequía. Las necesidades anuales de lluvia estimadas en 250mm y máximo de más de 3000mm y un pH de 5.0–9.0. Las hojas tienen la apariencia de helecho, parecidas a una pluma y son de color verde (Anwar *et al*; 2007).

La corteza es blanquecina, la forma y tamaño del tronco irregular y la corona pequeña y densa. Las hojas tienen 20 cm de largo, con hojuelas delgadas, oblongas u ovaladas de 1 a 2 cm de largo y son de color verde claro, las flores de la moringa son de color crema y muy fragantes, miden de 1 a 1.5 cm, el fruto consiste en vainas de 20 a 45 cm de largo y de 1 a 2 cm de grosor, de color pardo, de tres lados, lineares. Las semillas son carnosas, tienen a su alrededor una cáscara fina de color café con tres alas o semillas aladas de 2.5 a 3 mm de largo. Cuando se retira la cáscara, se encuentra el endospermo o almendra que es blanquecina y muy oleaginoso. En cuanto a la raíz, es en forma de rábano, mide varios metros y es carnosas, es pivotante y globosa, lo que le da a la planta resistencia a la sequía en periodos (Álvarez-Mena 2017).

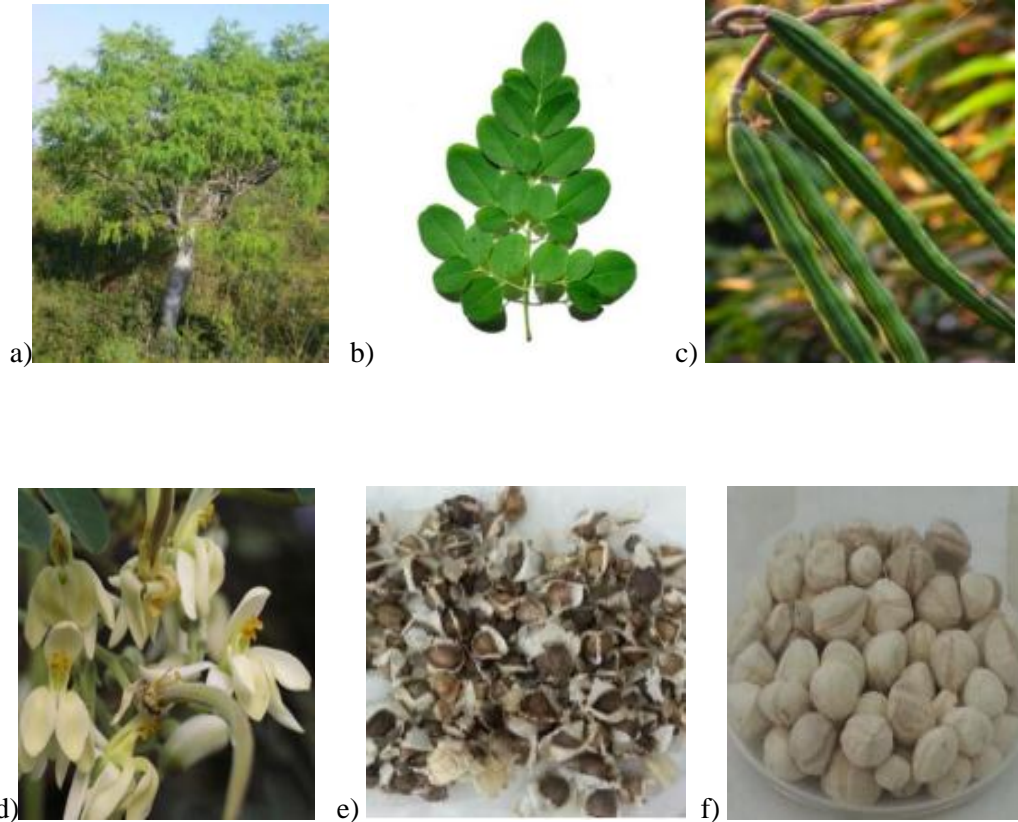


Figura 1.- Morfología de árbol de *Moringa oleífera* Lam. a).- árbol de Moringa, b).- hoja, c).- fruto (vaina), d).- flor, e) semillas, f) semilla sin cáscara. (Imágenes propias).

El árbol de Moringa es multifuncional al tener una amplia gama de compuestos bioactivos que se pueden obtener de diferentes partes vegetativas como lo son hojas, flores, semillas, tallos y cáscara de vainas. Estas moléculas bioactivas incluyen carbohidratos, compuestos fenólicos, aceites y ácidos grasos, proteínas y péptidos funcionales teniendo así un gran potencial en el uso de formulaciones de productos alimenticios (Saucedo-Pompa *et al*; 2018). La semilla se usa para tratamiento de agua de río con sólidos suspendidos y aguas subterráneas y como fuente de aceite para la producción de biodiesel (Velázquez-Zavala *et al*; 2016).

Estudios sobre la calidad nutrimental y nutracéutica de hoja de moringa proveniente de árboles de diferente altura en México demuestra que los compuestos fenólicos juegan un papel importante en las propiedades benéficas de la hoja de la moringa. Estos resultados son de interés desde el punto de vista de la salud, ya que la capacidad antioxidante de un alimento está relacionada con mecanismos intracelulares

antioxidantes y enzimas antioxidantes que están involucradas en la prevención de enfermedades crónicas que resultan del estrés oxidativo (Guzmán-Maldonado *et al*; 2015).

Tabla 1.- Composición química de la hoja de Moringa proveniente de árboles de diferentes alturas (Guzmán-Maldonado *et al*; 2015).

Altura (cm)	Proteína	Fibra	Ceniza	Carbohidratos
25	21.1±1.22c	25.8±0.13c	12.3±0.49b	35.3±0.71b
100	24.7±1.35b	27.5±0.8b	12.9±0.29b	29.3±0.8c
250	212.3±0.94c	30.6.9±0.71a	13.8±0.07a	26.9.2±0.42d
Mezcla	21.0±0.24d	23.9±0.35d	11.7±0.34c	40.2±0.63a

Medias con letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$, Tukey).

Tabla 2- Contenido de fenoles totales, taninos condensados y capacidad antioxidante (TEAC y ORAC) de hoja de árbol de moringa de diferentes alturas (Guzmán-Maldonado *et al*; 2014).

Altura (cm)	Fenoles totales (gEAG/100g)	Taninos condensados (mgEC/100g)	TEAC ($\mu\text{mol ET/g}$)	ORAC ($\mu\text{mol ET/g}$)
25	2.9±0.12d	21.9±0.84c	417.9±35.3c	462.3±25.9bc
100	3.9±0.19b	26.9±0.8b	431.0±42.8c	415.9±18.9cd
250	4.7±0.39a	31.7±1.04a	776.1±46.7a	648.82±41.8a
Mezcla	3.5±0.21c	21.8±1.94c	514.7±23.1b	500.02±23.3b

EAG= Equivalentes de ácido gálico, EC= equivante de catequinas, ET= equivalente de Trolox. Medias con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

La hoja de *Moringa oleifera* están presentes cinco flavonoides glicósidos cuyas estructuras determinadas son compuestos fenólicos los cuales se les atribuye la actividad antimicrobiana de la hoja, lo que ayuda a justificar una relación altamente positiva entre la actividad antibacteriana y el contenido de compuestos fenólicos de diferentes extractos de hierbas (Olson y Fahey 2011).

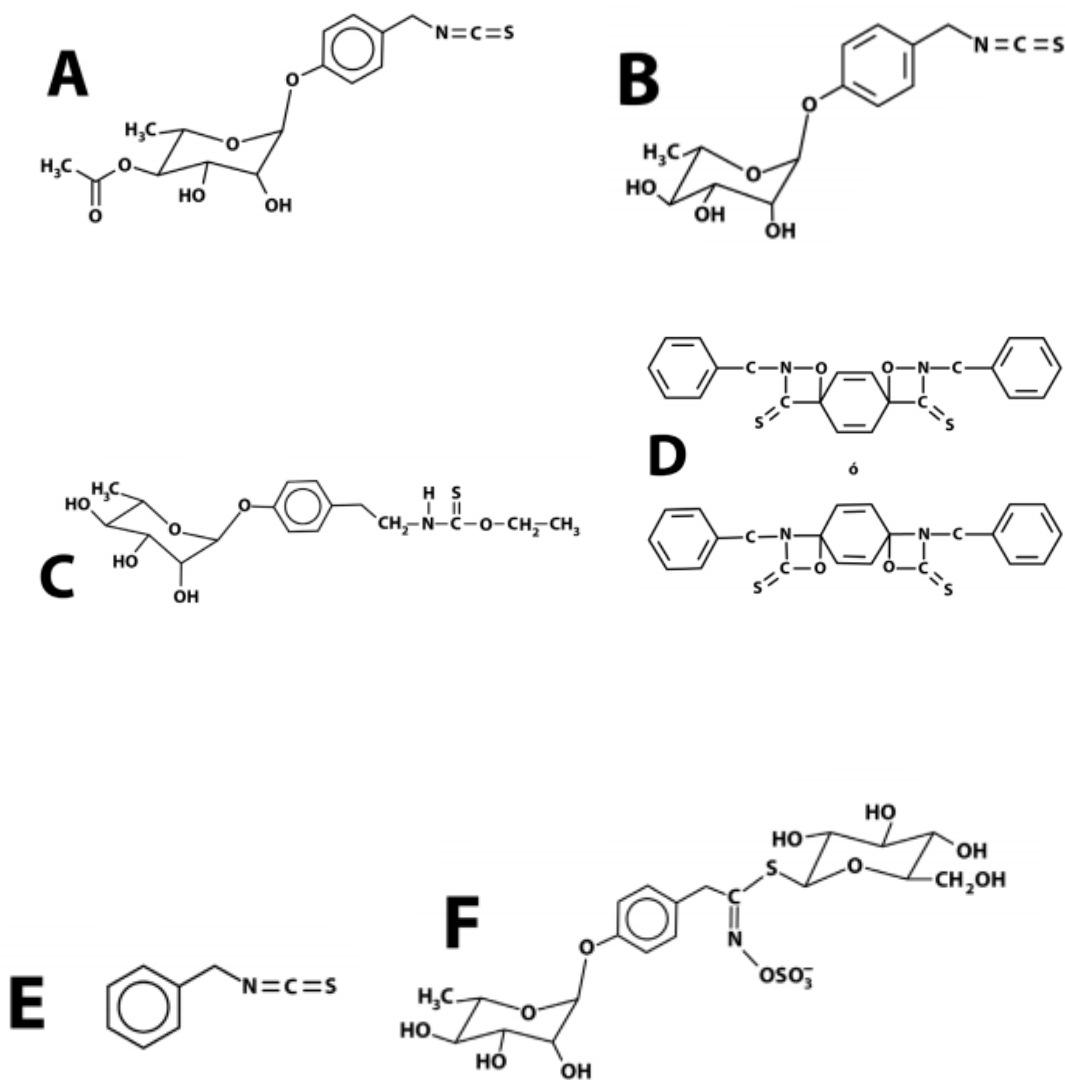


Figura 2- Estructuras fitoquímicas importantes en las especies de Moringa A, 4-(4'O-acetil-a-L-ramnopyranosiloxi) bencil isotiocianato, B, 4-(L-ramnopyranosiloxi) bencil isotiacianato, C, niacimicina; D, pterigospermina, E, bencil isotiocianato, F, 4-(a-L-ramnopyranosiloxi) bencil glucosinolato. (Olson y Fahey 2011).

Diferentes partes de esta planta han sido utilizados con fines medicinales como agente antioxidante, antiinflamatorio, anticancerígeno, antidiabético, y cardiotónico (Vongsak *et al*; 2014), (Gaffar *et al*; 2016).

Las hojas son ricas en proteínas, calcio, hierro, potasio, vitaminas (particularmente C y E), β -caroteno [5–11], y en compuestos antioxidantes y bioactivos, tales como flavonoides, ácidos fenólicos, glucosinolatos y Isotiocanatos, taninos y saponinas primer responsable de los numerosos compuestos farmacológicos. Estas características hacen que la planta sea adecuada para ser utilizada en la lucha contra la desnutrición y como planta medicinal en países subdesarrollados y en desarrollo donde estas hojas pueden ser usadas como potenciador natural del crecimiento de plantas y como biopesticida (Leone *et al*; 2015).

Evaluaciones realizadas en la carga microbiana de carne de pollo incorporada con extracto acuoso de moringa inhibieron de manera porcentual coliformes totales, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* no afectando la aceptabilidad y propiedades sensoriales (Elhadi *et al*; 2017).

Estudios realizados por Vinoth *et al*; 2012 obtuvieron con solventes etanol, cloroformo y agua extractos que mostraron considerablemente actividad contra *Salmonella typhi* destacando en mayor actividad el extracto etanólico

Existen muchos estudios que destacan sus propiedades antimicrobianas donde los precursores desde Olson en 1999 aportó la descripción química del componente antibiótico que es glucosinolato 4-alfa-L-rhamnosyloxy benzyl isotiocianato. Mientras que, Cáceres *et al*; 1991, mostró que jugo fresco extraído de la hoja de Moringa inhibió al microorganismo *Pseudomonas aeruginosa*; al año siguiente un estudio “in Vitro” utilizando un extracto acuoso de semillas, fue igualmente efectivo contra *Staphylococcus aureus*; es importante mencionar, que la actividad antimicrobiana fue probada por medio de sensidiscos y que extractos de semillas de Moringa oleífera a 56°C y 37°C mostraron inhibición sobre *P. aeruginosa*, también encontraron que el jugo de hojas frescas a 25°C poseía propiedades inhibitorias sobre el mismo microorganismo. .

La moringa ha sido utilizada en enfermedades de la piel causada por dematofitos existentes en zonas tropicales y semitropicales. Extractos etanólicos de hojas y semillas mostraron propiedades antifúngicas en *Trichophyton rubrum*, *Trichophyton mentagrophytes*, *Epidermophyton Xoccosum*, and *Microsporium canis*; donde estudios de las vías de lisis celular de los péptidos antimicrobianos mostraron que la membrana citoplásmica de la célula fúngica se rompía (Ping-Hsien *et al*; 2007).

El aislamiento de una proteína (Mo-CBP3) termoestable de unión a quitina (14.3 kDa) de semillas de Moringa demostró actividad antifúngica siendo una glucoproteína con 2.5% de azúcar sin actividad de hemaglutinación quitinasa o β -glucanasa. Mo-CBP3 posee actividad antifúngica in vitro contra los hongos fitopatógenos *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *Colletotrichum musae* y *C. gloesporioides* (Gifoni *et al*; 2012). El historial de uso en seguridad alimentaria de la proteína Mo-CBP3 es seguro, el modo de acción y los resultados para la homología de la secuencia de aminoácidos utilizando las secuencias de aminoácidos contiguas cortas y de longitud completa indican un bajo riesgo asociado con esta proteína (Pinto *et al*; 2015). El análisis estructural en *F. Solani* reveló alteraciones en presencia de Mo-CBP3 donde se observó condensación en el contenido de citosol, vacuolación y contracción de la pared celular (Batista *et al*; 2014).

Se reporta inhibición fúngica de extractos etanólicos de moringa en especies que pertenecen a nueve géneros y se clasificaron como *Alternaria*, *Alternata*, *Aspergillus candidus*, *A. flavus*, *A. niger*, *A.regulosus*, *A. sydowi*, *A. terreus*, *Chaetomium globosum*, *Fusarium solani*, *Helminthosporiumsp.*, *Macrophomina phaseolina*, *Nigrospora sphaericica*, *Rhizoctonia solani* y *Rhizopus nigricans* (Farahat-Sahab *et al*; 2015) y *Aspergillus fumigatus* (Maqsood *et al*; 2017).

Tabla 3.- Análisis fitoquímicos de extractos de hojas de Moringa.

Solvente	Flavonoides	Saponinas	Alcaloides	Fenoles	Taninos
n-Hexano	-	+	-	-	-
Cloroformo	+	+	-	-	-
Acetona	+	-	-	+	-
Acetato de etilo	+	-	-	++	+
Etanol	++	++	+	+++	+++
Metanol	+++	++	+	+++	+++
Agua	-	-	++	+++	+++

Excento= -, presencia= +, medianamente presente= ++, altamente presente= +++.

Extracto de metanol mostró actividad antibacteriana moderada contra cepas de bacterianas *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Vibrio cólera*, *Bacillus cereus*, *Salmonella typhi*, *Shigella*

dysenteriae, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella* y actividad antifúngica contra hongos patógenos. *Alternaria SP.*, *Colletotrichum SP*, *Curvularia sp* y *Fusarium SP* (Abu *et al*; 2012).

5.7.- Extractos naturales

Las plantas siguen siendo un importante recurso en combatir enfermedades en el mundo, donde la medicina tradicional juega un papel importante en las necesidades básicas de salud en los países desarrollados como en desarrollo haciendo un crecimiento exponencial de la medicina herbal. En recientes años se han encontrado propiedades antimicrobianas. Los constituyentes bioactivos de las plantas son alcaloides, taninos, flavonoides y fenoles donde poseen diferentes características farmacológicas entre las que destacan antioxidantes (Zaffer *et al*; 2015). Estos fitoquímicos son producto de la síntesis de las células de las plantas para su crecimiento, reproducción o defensa los cuales se denominan metabolitos secundarios. Los extractos son preparados concentrados de consistencia sólida, líquida o intermedia, derivados generalmente de material vegetal desecado, se obtienen al evaporar parcial o totalmente el disolvente en los líquidos extractivos de origen vegetal. Los extractos según su consistencia y concentración de principio activo se clasifican en: extractos fluidos, secos, blandos y los crioextractos (Carrión-Jara y García-Gómez, 2010).

5.7.1.-Extracción de metabolitos secundarios

La extracción es la separación de porciones medicinalmente activas de los tejidos de las plantas usando disolventes selectivos a través de procedimientos estándar. Los compuestos derivados de las plantas son de gran interés debido a sus diversas aplicaciones, esta propiedad de las plantas se conoce como metabolitos secundarios, los cuales pueden ser extraídos por diferentes técnicas considerando la variedad de compuestos bioactivos y la gran cantidad de especies de plantas (Rojas-Olivos 2009).

5.7.2.-Técnicas de extracción de extractos naturales

Se debe tomar en cuenta que existen diferentes métodos para extraer los principios activos contenidos en el material vegetal, los cuales necesitan de un líquido extractivo que va a depender del procedimiento técnico y de la naturaleza química del principio activo. (Rivas-Morales *et al*; 2016).

5.7.2.1.- Infusión

Es una solución diluida de los componentes fácilmente solubles de los fármacos en bruto. Infusiones frescas se preparan mediante la maceración de los sólidos durante un corto período de tiempo, ya sea con agua fría o hirviendo (Swami *et al*; 2008)

5.7.2.2.-Maceración

En la maceración (por extracto fluido), enteros o en trozos grandes de drogas plantación en polvo se mantiene en contacto con el disolvente en un frasco cerrado durante un período definido con agitación frecuente hasta que se disuelve la materia soluble. Este método es más adecuado para su uso en el caso de los medicamentos termolábiles (Swami *et al*; 2008).

5.7.2.3.- Soxhlet

Extracción Soxhlet sólo se requiere cuando el compuesto deseado tiene una solubilidad limitada en un disolvente, y la impureza es insoluble en ese disolvente. Si el compuesto deseado tiene una alta solubilidad en un disolvente y luego una filtración simple puede ser utilizada para separar el compuesto de la sustancia insoluble. La ventaja de este sistema es que en lugar de muchas porciones de disolvente caliente se pasan a través de la muestra, un solo lote de solvente se recicla. Este método no se puede utilizar para los compuestos termolábiles como calentamiento prolongado puede conducir a la degradación de los compuestos (Nikhal, 2010).

5.7.2.4.-Percolación

Este es el procedimiento más utilizado con frecuencia para extraer ingredientes activos en la preparación de tinturas y extractos fluidos. Un ejemplo es una cafetera (un estrecho vaso abierto en forma de cono en ambos extremos) se utiliza generalmente. Los ingredientes sólidos se humedecen con una cantidad apropiada del solvente especificado y se deja reposar aproximadamente 4 horas en un recipiente bien cerrado, después de lo cual está lleno y la parte superior de la cafetera está cerrada. El solvente adicional se añade para formar una capa superficial por encima de la masa, y la mezcla se deja macerar en el percolador cerrado durante 24 h. La salida de la cafetera a continuación, se abre y se permite que el líquido contenido en el mismo comience a gotear lentamente. El solvente adicional se añade según sea necesario, hasta que las medidas del percolado sobre tres cuartas partes de el volumen requerido del producto acabado. A continuación, se pulsa el orujo y el líquido expresado se agrega al percolado. Se

añade suficiente solvente para producir el volumen requerido, y el líquido mixto se clarifica por filtración o poniéndose de pie seguido por decantación (Handa, 2008).

Los métodos de extracción en un proceso de mejora continua se han utilizado técnicas emergentes o modificadas como digestión, decocción, ultrasonido, extracción exhaustiva.

5.7.3.- Solventes

La eficiencia de la extracción de cualquier método convencional depende de la elección de los disolventes. Los diferentes solventes usados en una extracción por gradiente de polaridad son: Agua, Acetona, Alcohol, Cloroformo y Éter. Un solvente con polaridad media es el diclorometanol.

Tabla 4.- Ejemplos de algunos compuestos bioactivos extraídos por diferentes solventes (Vinoth *et al*; 2012), (Rodríguez-Pérez *et al*; 2015), (Gaffar *et al*; 2016).

Agua	Etanol	Metanol	Cloroformo	Acetona
Antocianinas	Taninas	Antocianinas	Terpenoides	Polifenoles
Taninas	Polifenoles	Terpenoides	Flavonoides	
Saponinas	Flavonoles	Saponinas		
Terpenoides	Terpenoides	Taninas		
	Alcaloides	Flavonas		
		Polifenoles		

5.8.- Métodos de síntesis de almidón de plátano macho (*Musa balbisiana*)

Existen diferentes métodos de extracción de almidón aplicables a diferentes materiales vegetales, sin embargo, por las diferencias en la composición, no todos son aplicables al plátano. Los métodos de extracción del almidón a partir de los residuos de fruto de plátano incluyen: extracción en seco y extracción húmeda (Mazzeo *et al.*, 2008; Flores Gorosquera *et al.*, 2004). El método de extracción en seco permite extraer el 49.62% del almidón de la pulpa del plátano, mientras que el húmedo permite extraer el 56.76%. Aunque el método húmedo presenta mayores rendimientos, su costo es más elevado ya que consume grandes cantidades de agua, genera un efluente líquido con elevada carga orgánica y requiere mayor tiempo y espacio. Por otro lado el método seco es más económico ya que requiere una menor inversión en área y equipamiento, y no consume agua, generando así menores impactos ambientales.

6.- METODOLOGÍA

6.1.- Materiales

Se utilizó plátano macho (*Musa Balbisiana*) residual de la Comunidad San Cristóbal, municipio de Tuxtepec, Oaxaca la que proporciono pencas de plátano no comerciables que no cubrían las características de venta de exportación y de primera calidad en el mercado nacional.

Las hojas de Moringa (*Moringa oleífera Lam.*) fueron cosechadas de árboles ubicados en el banco de germoplasma del Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca.

Se utilizaron reactivos en la parte experimental grado reactivo como lo son: agua destilada, ácido cítrico, sorbitol, hidróxido de sodio, hipoclorito de sodio, yodo, yoduro de potasio, etanol.

Los frutos de papaya maradol (*Carica papaya L*) fueron cosechados del huerto de agricultura tradicional del Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca.

6.2.- Métodos

6.2.1.1.- Método de extracción en seco.

El método de extracción en seco fue desarrollado de manera inicial procesando las muestras de plátano con un lavado con agua, desinfección con hipoclorito de sodio (1%) durante 10 minutos, pelado, inmersión en ácido cítrico (3%) por 5 minutos, rebanado a 4mm de espesor, secado (40°C durante 20 horas), molido en molinos de martillo y tamizado en poros de 35 y 18 US para su posterior almacenaje.

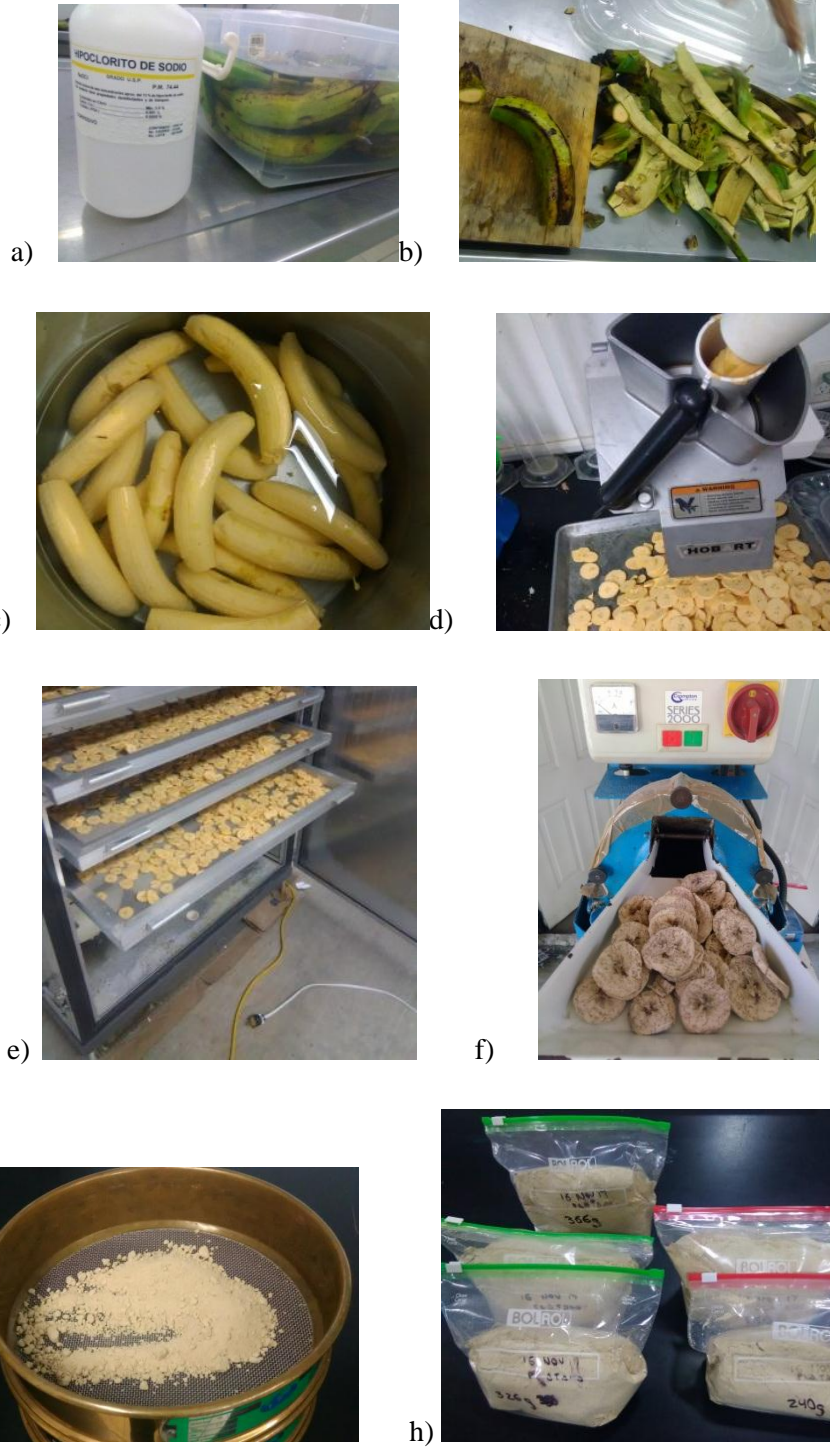


Figura 3.- Proceso de síntesis de almidón: a) Selección de frutos y desinfección, b) cortado y despulpe, c) acidificación de pulpa, d) rebanado, e) secado, f) molido, g) tamizado y h) almacenado. (Imágenes propias).

6.2.1.2.- Determinación cualitativa de almidón.

Se determina bajo la Norma NMX-F-374-1983, bajo la cual este método se basa en la identificación de la presencia de almidón por la aparición de una coloración azul al combinarse la muestra con gotas de Lugol (Se disuelve 1g de Yodo (I_2) y 2g de Yoduro de Potasio (KI) aforando a 200mL) cuando ésta contiene almidón.

Se evaluó a concentraciones de 5g/L, 10g/L, 15g/L, 20g/L, 25g/L y 30g/L llevando dichas diluciones a ebullición para su posterior evaluación de tinción con 5 gotas de Lugol a temperatura ambiente.

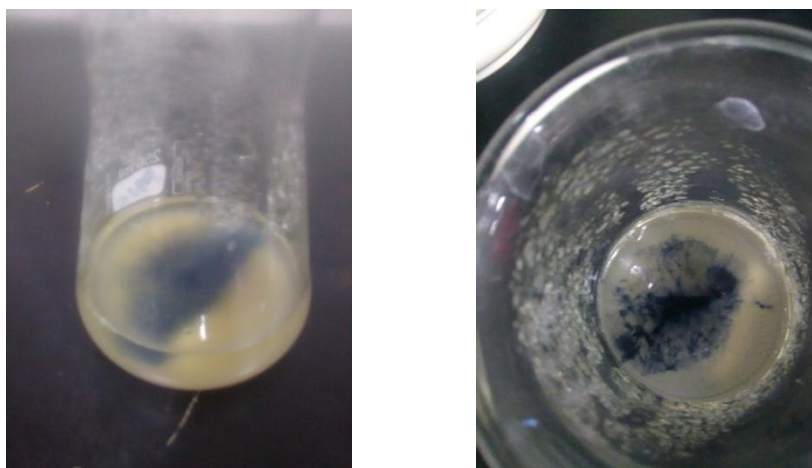


Figura 4.- Prueba cualitativa de almidón por tinción de Lugol. (Imágenes propias).

6.2.1.3.- Determinación de amilosa y amilopectina.

Se determinó por la técnica de Hoover y Ratnayakee 2002 consistente en tomar 100g de harina de almidón de plátano mezclada con 15mL de Dimetilsulfóxido (DMSO) al 90% llevado a agitación por 20 min para su homogenización y calentamiento a 85°C por 15min esperando su enfriamiento a temperatura ambiente para aforo a 25mL, tomando una alícuota de 1mL y mezclando con una solución I-KI I-KI (I_2 2.5mM y KI 6.5mM) aforando a 50mL y dejando reposar para enfriamiento a temperatura ambiente reposando por 15min y tomando lecturas de absorbancia a 620nm.

Para la determinación de valores de amilosa y amilopectina se tomó como referencia la curva de calibración de Rivas-González *et al*; 2008:

$$y=0.0168x+0.2138 \quad R^2=0.9998$$

$$\%amilosa = \frac{\text{absorbancia} - 0.2138}{0.0168}$$

Ecuación de Rivas-González *et al*; 2008.

6.2.1.4.- Determinación de solubilidad, poder de hinchamiento y absorción de agua.

Se desarrolla bajo la técnica de Torre-Gutierrez *et al* 2007 la cual consiste en mediante 40mL de una solución de almidón al 1% p/v colocar a temperatura constante en baño María (60, 70, 80 y 90°C) por 30 minutos, centrifugación a 2120g por 15 minutos a 25°C posterior a ello secado de 10 mL de sobrenadante en horno de convección de aire por 4 horas a 120°C.

6.2.1.5.- Caracterización estructural por Espectrofotometría de Infrarojo con Transformada de Fourier (FT-IR) del almidón obtenido.

La espectroscopia infrarroja es una técnica de análisis, en la cual se puede obtener información acerca de los procesos de absorción y emisión sobre las moléculas que se encuentran en la materia. El objetivo de la técnica es determinar la composición y el estado químico de los elementos presentes en los materiales. La radiación infrarroja es la radiación electromagnética en la cual la longitud de onda se encuentra en el intervalo de 1 micrómetro a 1 milímetro. Por lo tanto, esta radiación tiene longitudes de onda más grandes que las de la luz visible. Esta radiación fue descubierta en 1800 por Frederic William Herschel's, quien usó un prisma para refractar la luz del sol sobre un termómetro de mercurio colocándolo más allá del final rojo del espectro visible generado por el prisma. Sin embargo, fue Berguerel en 1869, quien le dio el nombre de infrarrojo. Con esta técnica se puede estudiar la interacción de la radiación infrarroja con la materia, ya que ésta radiación puede ser absorbida por la materia, causando una vibración en la molécula. Para absorber radiación infrarroja una molécula, debe experimentar un cambio neto en el momento bipolar como consecuencia de su movimiento vibratorio o rotatorio. Solo en estas circunstancias puede interactuar con la molécula el campo eléctrico de la radiación y causar cambios en su movimiento. (Bustos-Ramírez 2011).

Las bandas de absorción que aparecen en un espectro IR, son producidas por interacción de la radiación infrarroja con vibraciones de los átomos o las rotaciones del sistema molecular. La correlación entre la posición de la banda infrarroja y la estructura química de la muestra, es lo que hace de la espectroscopia infrarroja una herramienta para el análisis químico y análisis de la estructura química de compuestos. Existen dos tipos de espectrofotómetros infrarrojos, los dispersivos y los de transformada de Fourier (Bustos-Ramírez 2011). Se describe el último ya que este tipo de equipo fue el

que se utilizó en este trabajo de tesis siendo un espectrofotómetro Nicolet-Thermo Scientific donde se caracterizó y estudiaron los cambios espectrales del almidón.

Para la caracterización por espectroscopia de infrarrojo, se tomó una muestra de 2g de almidón de plátano y se colocó en el porta muestra del espectrofotómetro con ATR (Reflectancia Total Atenuada). Los espectros se registraron a temperatura ambiente entre los 4000 a 700 cm⁻¹, con una resolución espectral de 4cm⁻¹.

6.3.- Extracción de metabolitos de interés

Para la obtención de extractos de *Moringa Oleífera Lam* se tomó una relación de concentración 1:35 (m/v) con etanol al 70% como solvente.

Se desarrolló maceración por 48 horas en agitación a 100 rpm y 35 °C donde se utilizaron 10 g de muestra de hoja de Moringa en 350 ml de solvente (245 ml alcohol y 105ml de agua destilada), se filtró con papel filtro en embudo Fisher con bomba de vacío para su posterior destilación a 70 °C y obtención de extracto acuoso (López-Arroyo *et al*; 2011).

Tabla 5.- Parámetros de extracción de metabolitos secundarios de Moringa.

Muestra	Solvente	Pre tratamiento	Tipo de extracción
10 g Moringa (<i>Moringa Oleífera Lam</i>)	350ml Etanol 70%	Maceración 48 h 100 rpm 35° C	Destilación

Las extracciones se desarrollaron por triplicado obteniendo 100ml de extracto de Moringa en cada una de las repeticiones y 300ml de extracto de Orégano en cada una de las muestras utilizadas.

6.4.- Plastificante

El glicerol y sorbitol como plastificantes son compuestos higroscópicos, tienen la capacidad de ceder o absorber humedad presente en el medio ambiente. Este compuesto como plastificante modifica las propiedades de las proteínas insertándolas dentro de su estructura tridimensional y en pequeñas cantidades proporciona cambios significativos en recubrimientos haciendo de ellos una barrera con mayor flexibilidad (Michaca 2004).

6.5.- Recubrimientos de almidón

Para las pruebas preliminares de recubrimiento con almidón de plátano se tomaron las siguientes formulaciones tomando en cuenta la densidad del sorbitol 1.49g/cm³.

Tabla 6- Relación de concentración plastificantes.

Muestra (g)	Plastificante	Agua (mL)
4	10 ml glicerol	50
4	6.670 g sorbitol	50

Los tratamientos se sometieron a agitación y calentamiento a 90 °C por 10 minutos, enfriamiento a temperatura ambiente para su posterior aplicación en frutos a evaluar en 1 y 2 aplicaciones por brocha (Torres-Gutiérrez *et al*; 2007), mediante el uso de un calibrador de espesor Bernier donde el grosor de dichos recubrimientos se presenta como la tabla 6 siguiente:

Tabla 7.- Prueba de espesor de plastificantes en 1 y 2 de aplicaciones.

Sorbitol		Glicerol	
1 Aplicación	2 Aplicaciones	1 Aplicación	2 Aplicaciones
0.1mm	0.2mm	0.05mm	0.1mm



Figura 5.- Recubrimiento y unidad experimental evaluada (Imágenes propias).

6.6.- Método de aplicación de recubrimiento en fruto

La aplicación del recubrimiento se llevó a cabo bajo la técnica de aplicación por brocha, todo ello para una distribución uniforme sobre los frutos de papayo.

6.7.- Pruebas fisicoquímicas a papaya

Las variables de respuesta evaluadas son pérdida de peso, acidez titulable (AT), PH, sólidos solubles totales (SST), apariencia externa, daños mecánicos, índice de deterioro, firmeza y cambios de color.

6.7.1.- Selección de frutos a evaluar

Los frutos de papaya maradol se clasificaron en base a la Norma NMX-FF-041-SCFI-2007 donde dichas unidades experimentales quedan bajo la clasificación de papaya tipo 3, categoría primera buena, código I con peso de 1501 a 2000g y grado de madurez 2.

Tabla 8.- Clasificación de papayas bajo la Norma NMX-FF-041-SCFI-2007 (Tabla elaborada por Consuegra-Gamón 2007).

Parámetro/categoría	Premium	Extra	Buena
Limpieza de cáscara	Impecable	Impecable/buena	buena
Maduración pareja	Sí	Sí	Regular
Color de pulpa	Rojo/naranja/amarillo	Rojo/naranja/amarillo	Rojo/naranja/amarillo
Sabor	12 a 14 °Brix	11 a 14 °Brix	10 a 14 °Brix

Nota: Grados Brix en condiciones climáticas normales, madurez fisiológica (grado 1) 330 newton/cm² y madurez para consumo (grado 6) 45 newton/cm².

Tabla 9.- Nomenclatura de tipo de papaya por peso, (Tabla elaborada por Consuegra-Gamón 2007).

Código	Masa (peso) en g.
A	200-300
B	301-400
C	401-500
D	501-600
E	601-700
F	701-800
G	801-1100
H	1101-1500
I	1501-2000
J	2001-2600
K	2601-3000
L	3001-4600
M	4601-5500
N	Más de 5500

Tabla 10.- Clasificación de papaya por grado de madurez en base a color, (Tabla elaborada por Consuegra-Gamón 2007).

Número	Designación	Descripción por color de la cáscara
0	Verde	Verde oscura
1	Sazona	Verde claro con incipiente veta amarilla
2	Una raya	Verde más claro con una veta amarilla bien definida
3	Dos rayas	Verde claro con un 30% de color amarillo en dos vetas.
4	Tres rayas	Verde claro con un 50% de color amarillo en tres vetas.
5	Cuatro rayas	Naranja 70% y verde claro 30%.
6	Madurez maciza	Naranja del 90% al 100% con ligeros tonos de verde claro y punto de maduración recomendado para iniciar su consumo.

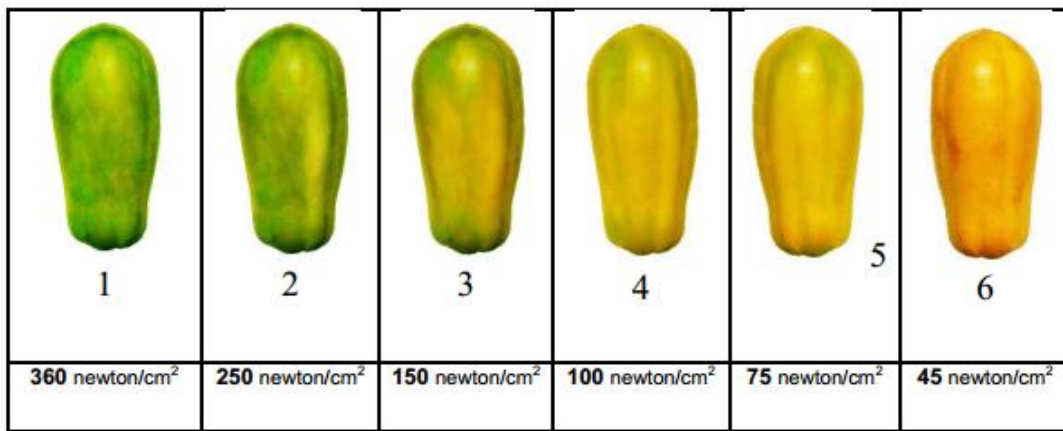


Figura 6.- Textura de papaya por grado de madurez. (Norma NMX-FF-041-SCFI-2007).

6.7.2.- Diseño experimental

Se tomó para esta investigación un Diseño Experimental Completamente al Azar, teniendo el mismo número de repeticiones en cada tratamiento evaluado en frutos homogéneos de diámetro ecuatorial 12 ± 1 cm y diámetro polar 20 ± 2 cm. Donde los 4 tratamientos evaluados se describen en la tabla 11 con base a las formulaciones con almidón, sorbitol, extracto y agua.

Tabla 11.- Relación de formulaciones en tratamientos evaluados.

Tratamiento	Sorbitol (g)	Almidón (g)	Extracto (mL)	Agua destilada(mL)
T1	0	0	0	0
T2	3.335	2	0	25
T3	3.335	2	1	24
T4	3.335	2	2	23



Figura 7.- Frutos evaluados (Imagen propia).

6.7.3.- Pérdida de peso

En este análisis se verifica cual es la pérdida de peso que sufre la papaya con respecto al tiempo en días realizándolo en un total de 20 papayas. El porcentaje de pérdida de peso se lo obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Pérdida de peso} = (P_0 - P_f) / (P_0 \times 100\%)$$

En donde:

P₀: peso inicial de la fruta.

P_f: Peso actual de la fruta.

Esta medición se realiza diariamente hasta llegar a la etapa de senescencia de la fruta.

6.7.4.- Cambio de coloración

La evaluación de cambio de coloración producido por el proceso de maduración que sufren las papayas con respecto al tiempo (esta medición se realiza a diario hasta llegar a la etapa de senescencia de la fruta), se hace una comparación con una escala Pantone® esta observación se realiza en el menú de colores en la escala y luego sobre la piel de la papaya en donde la observación se la realiza sobre la piel en la misma área de la papaya señalizada, la cual nos indica con mayor grado de precisión el color presente en la piel de la papaya y su respectiva codificación en la escala Pantone®.

Para este análisis se utiliza el libro PANTONE® Color Specifier 1000/Coated Volume 1 A de The Pantone Library of Color. De igual forma se realiza la conversión de la escala Pantone® a escala de coordenadas CIE L*a*b*.

6.7.5.- Sólidos solubles totales (Grados Brix).

Los grados Brix es la medición en porcentaje por peso de sacarosa en una solución de agua pura [28]. El método de análisis utilizado fue el refractométrico el cual se encuentra indicado en el AOAC Official Methods of Analysis con código AOAC 18th 932.14C. Para realizar este método de medición se utiliza un Refractómetro de Abbé en el cual se realiza la medición de los grados Brix.

6.7.6.- Acidez titulable

Se determinó la acidez total por titulación con un alcalino normalizado, con fenolftaleína como indicador. Los resultados se expresan en mililitros de solución NaOH 0.1N, o como gramos por 100ml del ácido predominante. En la papaya se expresa la acidez en gramos de ácido málico por 100 ml de jugo.

En un matraz erlenmeyer de 250 mL se coloca una alícuota de 10 ml de jugo. Luego se adicionan 40 ml de agua destilada, mezclar muy bien y agregar dos o tres gotas de fenolftaleína. Se realiza la titulación con solución estándar de NaOH 0.1N hasta el viraje de la fenolftaleína a un color rosado leve. Se repite la titulación con otra muestra y promediar los resultados.

La fórmula para determinar la acidez total es la siguiente:

$$Acidez = \frac{(V \times N \times Peq)}{m}$$

En donde:

V: Volumen de la lectura de la titulación.

N: Normalidad del NaOH (0.1 N o aproximado)

Peq: u.m.a. del ácido de muestra (expresado en ácido ascórbico)

m: Alícuota en ml de la muestra.

6.7.7.- Evaluación microbiológica

6.7.7.1.- Preparación del Agar Papa - Dextrosa (PDA)

Para la preparación del Agar Papa - Dextrosa (PDA) se pesó en un matraz erlenmeyer 39 g de PDA en 1 l de agua destilada la cual debe ser neutra para garantizar el crecimiento de los hongos que serán objeto de nuestra fase experimental. Posteriormente, la solución de PDA es llevada a calentamiento con agitación magnética hasta obtener una solución translúcida, esta se la lleva a esterilización mediante un autoclave a 121°C durante 15 minutos con el fin de eliminar los posibles microorganismos presentes en la solución PDA. La solución una vez esterilizada se deja enfriar a una temperatura aproximada de 40°C y se coloca aproximadamente 25 g del agar en placas Petri estériles.

6.7.7.2.- Siembra de los Hongos Aislados

Para sembrar los hongos obtenidos en las superficies de las papayas, primeramente se aislaron las manchas generadas por hongos, se realiza un frote o raspado de estas superficies con una asa de platino para luego ser frotadas directamente sobre el agar PDA estéril presente en las cajas Petri. Las placas Petri son colocadas en una incubadora en donde se las deja incubando a 24°C durante 7 días para que se produzca la esporulación de los hongos.

Una vez obtenidos los hongos se procedió a realizar una segunda siembra a partir de los hongos obtenidos en la primera siembra en donde se raspa ligeramente con una asa de platino la superficie de la capa de hongos presentes en la caja Petri y se coloca el producto raspado en otra caja Petri con PDA estéril bajo la técnica punta de hifa.

Se realiza una tercer siembra en medio de cultivo envenenado bajo las concentraciones evaluadas en los recubrimientos de los frutos de papaya donde nuestra variable de respuesta es el diámetro micelial desarrollado.

7.- RESULTADOS

7.1.1.- Amilosa y amilopectina

Los valores determinados fueron 27.90 ± 0.34 % para amilosa y su diferencia es restada al 100% para la determinación de 70.10 % de amilopectina, valores por debajo de los reportados por (Rivas-González *et al*; 2008) y (Bello-Pérez *et al*; 2006) con rango de valores de 36.39 a 44.20 de amilosa en plátano y muy similar al reportado en mango con 27% reportado por los investigadores antes mencionados donde dichas diferencias se atribuyen a ser frutos de distintas regiones y tener un manejo agronómico distinto.

7.1.2.- Solubilidad, poder de hinchamiento y absorción de agua.

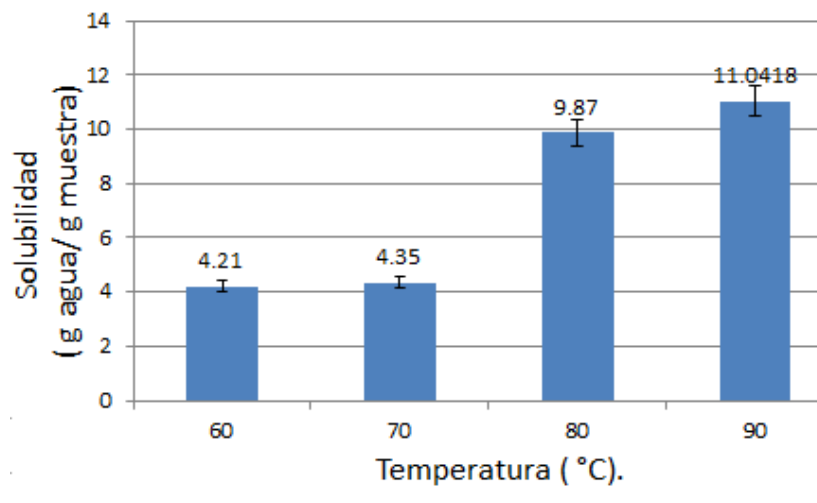


Figura 8.- Solubilidad de almidón a distintas temperaturas.

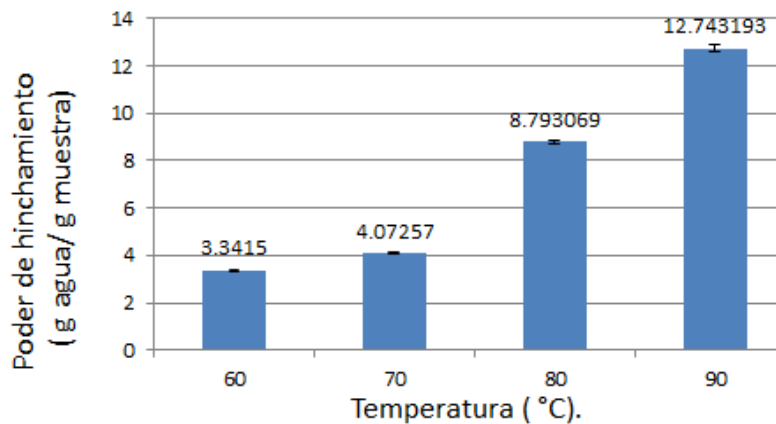


Figura 9.- Poder de hinchamiento de almidón a distintas temperaturas

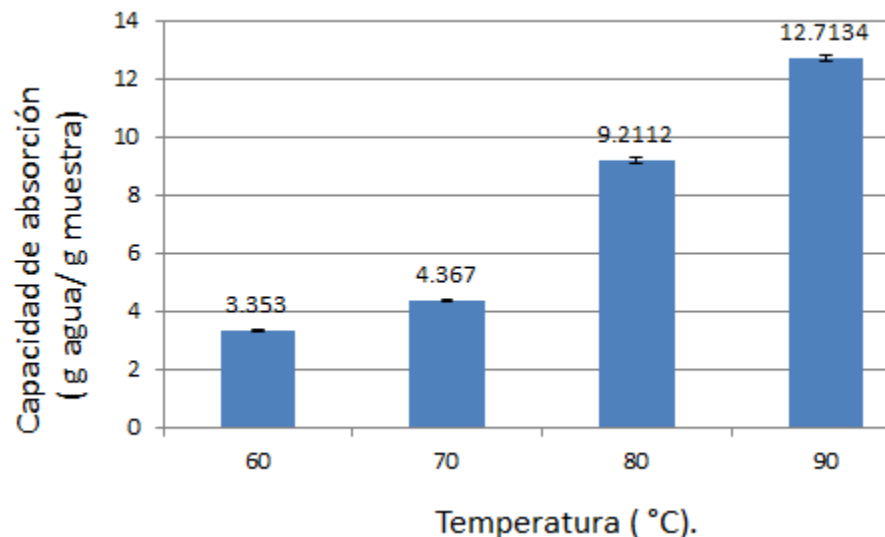


Figura 10.- Capacidad de absorción de agua de almidón.

Los parametros evaluados tienen valores similares a los reportados por De la Torre-Gutiérrez *et al*; (2007) en plátano macho (*Musa balbisiana*) con valores para solubilidad 17g agua/muestra, poder de hinchamiento 16.6 g agua/ muestra y capacidad de absorción de agua por 16.8 g agua/muestra a 90°C.

7.1.3.- Caracterización estructural (FT-IR) del almidón obtenido.

Del espectro obtenido por FT-IR, se enlistan en la tabla 12, los grupos funcionales identificados correspondientes a los grupos característicos de almidón y que son similares a los reportados por Mondragón 2017 y Prieto-Méndez *et al*; 2010.

Tabla 12.- Grupos funcionales identificados por FT-IR del almidón de plátano obtenido.

Número de onda (cm-1)	Grupo funcional
697	C-H
852	C-O
996	C-O
1130	C-O
1341	C-H

1627	OH
2100	CO
2346	CO
2909	C-H.
3272	O-H

El almidón de plátano obtenido presenta bandas que son respuesta de la presencia de las dos conformaciones fundamentales de un polisacárido como lo es el almidón, que son la amilosa y amilopectina, que son compuestos formados principalmente por grupos funcionales oxigenados y que dependiendo la cantidad presencia determinan la aplicación y/o utilidad de un almidón. En el espectro obtenido (figura 11), se pueden observar los grupos característicos del almidón obtenido, la región de 500 a 1300 cm^{-1} , conocida como huella dactilar, corresponde al estiramiento de los grupos C-H y C-O, a 1627 cm^{-1} se puede observar una banda que es atribuida a las vibraciones de los enlaces de grupos hidroxilos (-OH) presentes en las cadenas de amilosa y amilopectina, la banda observada a 2909 cm^{-1} es característica de los estiramientos C-H asociados con el anillo de glucopiranososa, la banda amplia que su pico se determina 3272 cm^{-1} , se debe al enlace de hidrógeno de los grupos hidroxilo que contribuyen a las vibraciones de los estiramientos asociados con el enlace libre inter e intramolecular del grupo hidroxilo, siendo una característica muy particular de la estructura del almidón. Las bandas delimitadas en 2100 y 2346 cm^{-1} , son atribuidas a CO_2 formado al momento de hacer el análisis y que en trabajos ya reportados, se presenta en los espectros publicados y no tomadas en cuenta. (para referencias poner la de los tres archivos que te adjunte en el correo). Estas bandas y/o picos determinados son muy similares a los realizados por Hernández *et al*; (2017) y Arrieto, Durango y Arizal (2018) en las figuras 12a y 12b respectivamente.

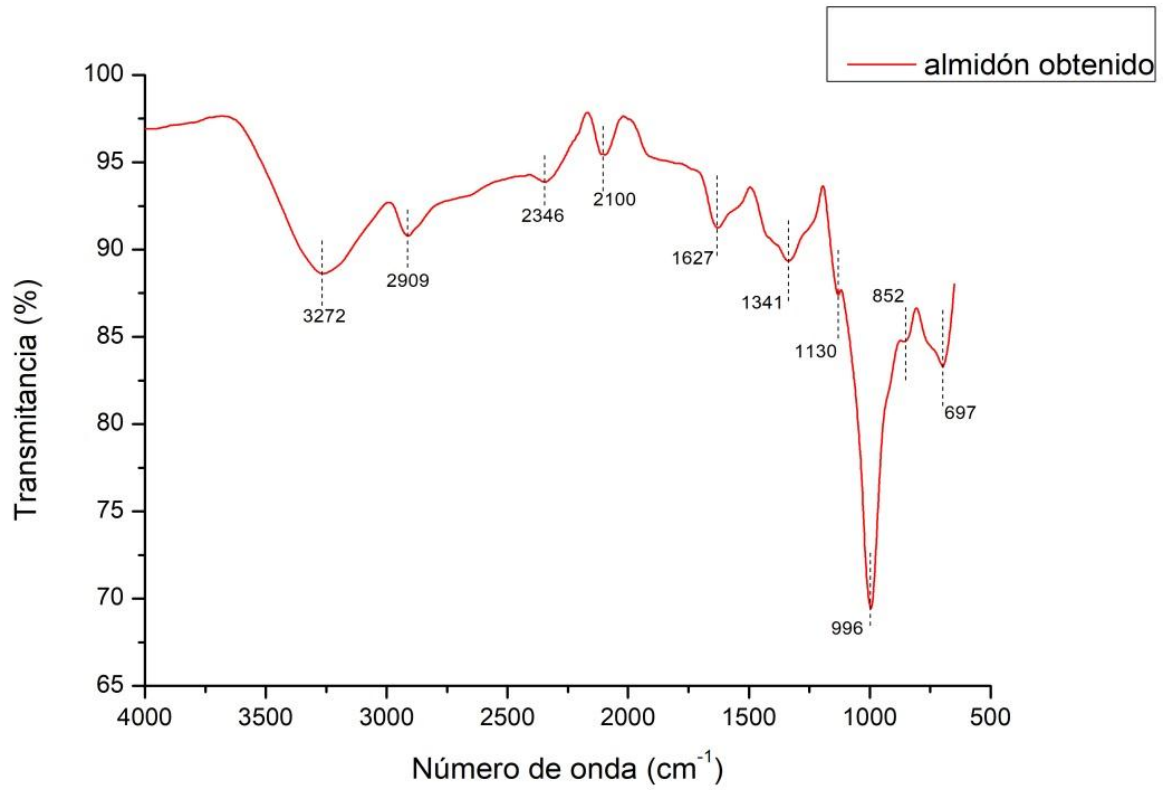


Figura 11.- Caracterización estructural FTIR del almidón de plátano macho.

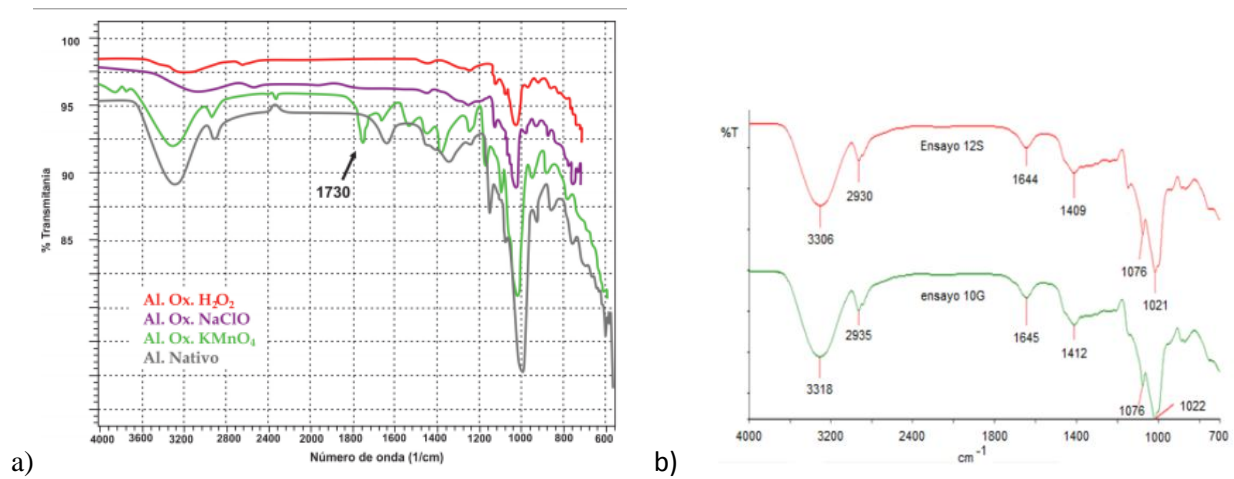


Figura 12.- a) FTIR de sagú (*Marantha arundinacea*) caracterizado por Hernández *et al*; (2017) y b) FTIR de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) evaluado por Arrieto, Durango y Arizal (2018).

7.2.1.- ACIDEZ



Figura 13.- Lectura de consumo de acidez titulable con hidróxido de Sodio NaOH (Imagen propia).

Tabla 13.- Parámetros de acidez en tratamientos.

Tratamiento	Promedio de %ácido cítrico
T1	7.56
T2	7.38
T3	6.41
T4	7.16

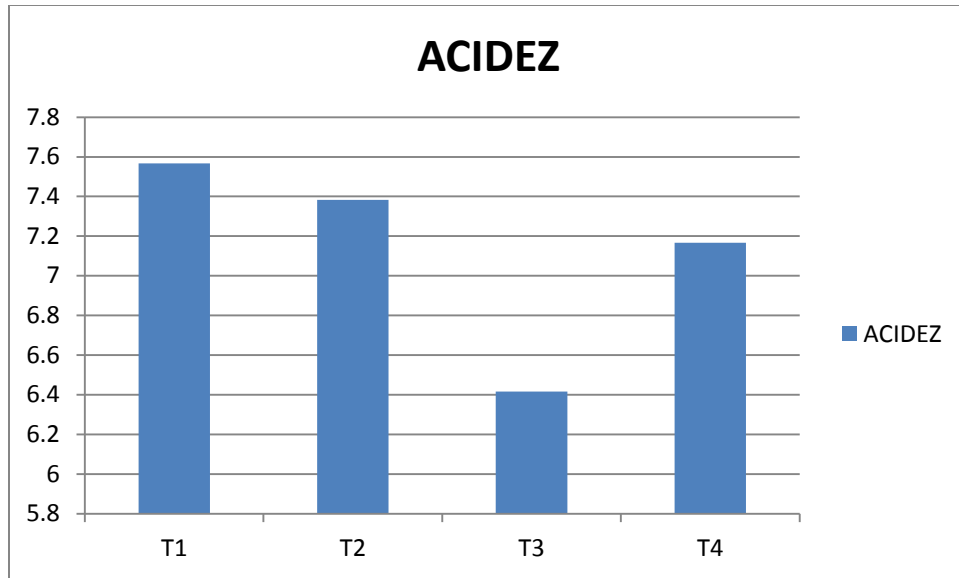


Figura 14.- Comportamiento de la acidez en tratamientos.

Se analizaron los datos obtenidos en el Programa estadístico SAS.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	4.59000000	1.53000000	706.15	<.0001
Error	20	0.04333333	0.00216667		
Total correcto	23	4.63333333			

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	20
Error de cuadrado medio	0.002167
Valor crítico del rango estudentizado	3.95829

Diferencia significativa mínima 0.0752

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	7.56667	6	1
B	7.38333	6	2
C	7.16667	6	4
D	6.41667	6	3

La acidez titulable de los frutos presentó valores de ácido cítrico entre 6.41 y 7.56 % donde se puede observar no existe diferencia significativa entre los frutos testigo y los frutos con recubrimientos, deteniendo de manera casi nula el desarrollo de acidez los recubrimientos y permitiendo una maduración similar. Cabe señalar que el tratamiento 3 si detiene el desarrollo de maduración de los frutos. Los procesos químicos en el desarrollo de acidez se deben a la formación de ácido galacturónico, proveniente de la degradación de las pectinas, pues siendo el periodo de maduración de intensa actividad metabólica, los ácidos constituyen una excelente reserva energética del fruto a través de su oxidación en el ciclo de Krebs. Por lo tanto, la liberación de ácidos orgánicos de estas reacciones pueden aumentar la acidez (Castricini 2009).

7.2.2.- POTENCIAL DE HIDROGENO

Lectura de pH mediante el uso de un potenciómetro Conductronic pH 120 en el laboratorio de microbiología del ITSTB.



Figura 15.- Lectura de pH (Imagen propia).

Tabla 14.- Valores de pH.

TRATAMIENTO	PROMEDIO
T1	5.94
T2	5.76
T3	6.17
T4	5.93

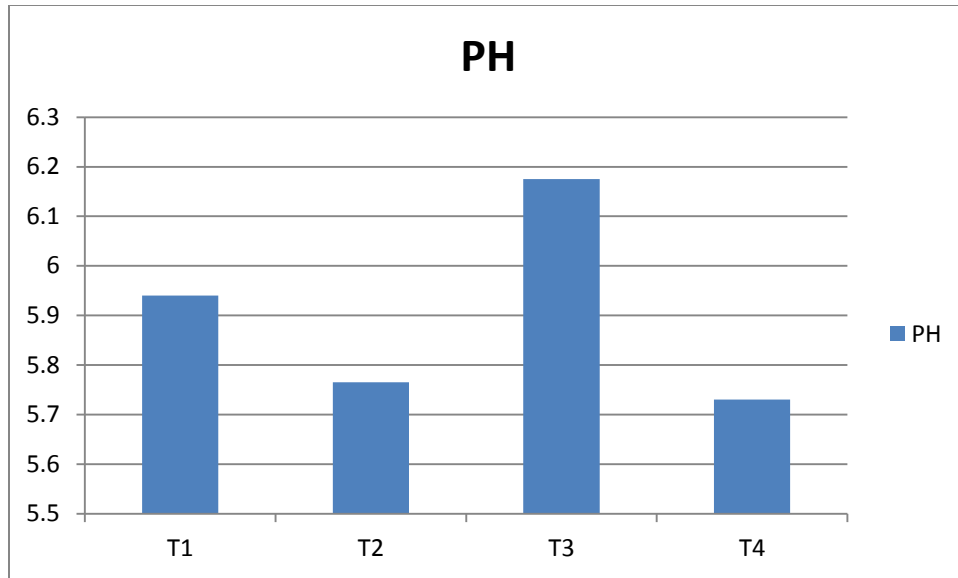


Figura 16.- Comportamiento de pH en tratamientos

Se analizaron los datos obtenidos con el programa estadístico SAS.

Fuente	Suma de DF	Cuadrado de cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	0.51195000	0.17065000	4875.71	<.0001
Error	20	0.00070000	0.00003500		
Total correcto	23	0.51265000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.998635	0.099388	0.005916	5.952500

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	20
Error de cuadrado medio	0.000035
Valor crítico del rango estudentizado	3.95829
Diferencia significativa mínima	0.0096

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	6.175000	6	3
B	5.940000	6	1
C	5.930000	6	4
D	5.765000	6	2

Estadísticamente existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados donde la razón de disminución del pH en el Tratamiento 2 puede ser debido a la actividad metabólica en el pico climatérico característico de la papaya, lo que llevaría a la síntesis de ácidos orgánicos de la fruta como el ácido abscísico, málico, cítrico, oxálico y otros; que se originan a partir de la ruptura de la pared celular (Castricini 2009). Esto debido al recubrimiento aplicado con almidón y dosis moderada de moringa se inhibe de manera gradual desarrollando un proceso de maduración más lento.

7.2.3.- SOLIDOS SOLUBLES TOTALES BRIX

Mediante el uso de un refractómetro Abbe se determinaron los sólidos solubles totales.

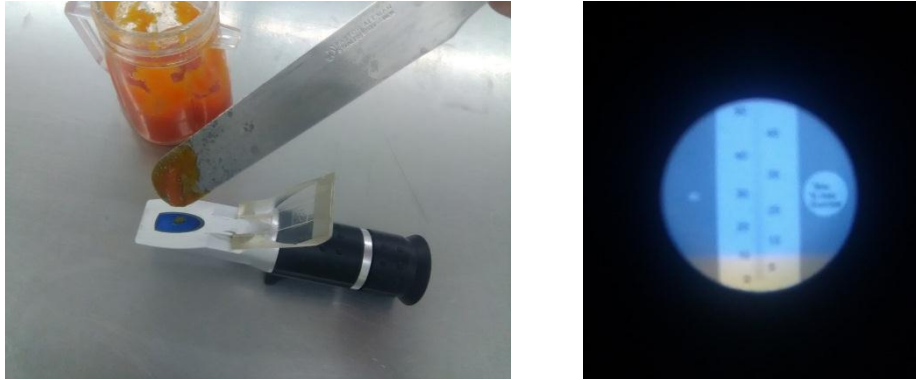


Figura 17.- Lectura de grados Brix (Imágenes propias).

Tabla 15.- Valores de Sólidos solubles totales.

Tratamientos	Promedio
T1	10
T2	9.66
T3	9
T4	9.5

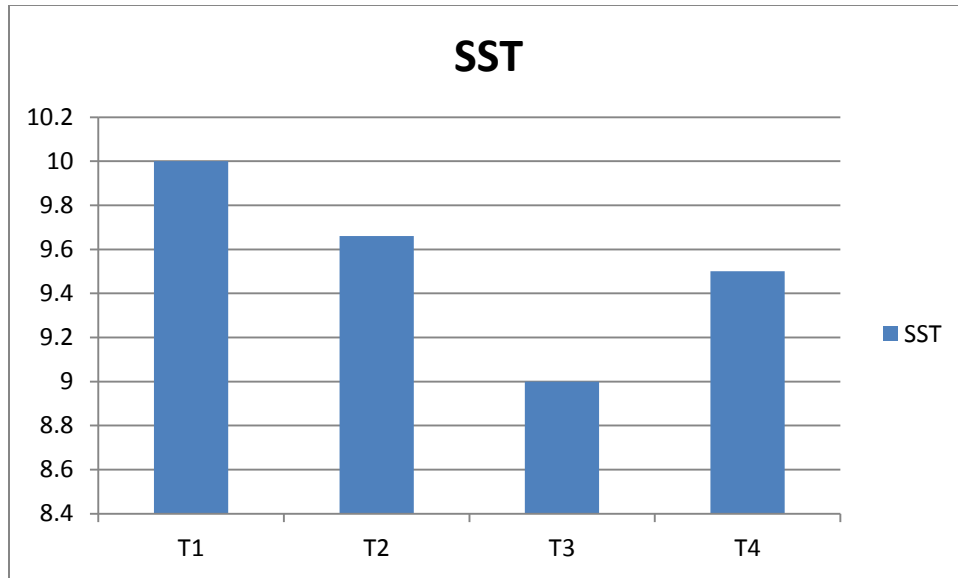


Figura 18.- Lectura de sólidos solubles totales por tratamientos.

Los datos obtenidos fueron analizados con el programa estadístico SAS

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	3.12500000	1.04166667	7.35	0.0016
Error	20	2.83333333	0.14166667		
Total correcto	23	5.95833333			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.524476	3.944660	0.376386	9.541667

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	20
Error de cuadrado medio	0.141667
Valor crítico del rango estudentizado	3.95829
Diferencia significativa mínima	0.6082

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	10.0000	6	1
A			
A	9.6667	6	2
A			
B A	9.5000	6	4
B			
B	9.0000	6	3

La diferencia de sólidos solubles totales dados por grados Brix en los tratamientos nos indica que las papayas pueden sufrir descensos como en el tratamiento 3 donde debido al ser un recubrimiento con menor respiración e intercambio gaseoso provoca consumo de carbohidratos para la síntesis de ácidos en las frutas (Miranda *et al*; 2014).

7.2.4.- PÉRDIDA DE PESO

Se tomó la lectura de pérdida de peso de manera diaria durante 8 días tomando 6 frutos para dicha evaluación.



Figura 19. – Evaluación de pérdida de peso (Imágenes propias).

Tabla 16.- Porcentaje de pérdida de peso diario en gramos por tratamiento.

Tratamiento	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8
T1	1.14995	2.22762	3.33815	4.90208	6.91943	8.93678	11.0198	13.5760
T2	0.94966	1.89374	2.82107	4.39640	5.87676	7.23423	8.90453	10.5580
T3	0.98871	1.96860	2.52637	4.30272	5.65830	7.02486	8.51215	10.5482
T4	0.96158	1.94183	2.9127	4.23376	5.76483	7.47327	9.47571	11.2822

Tabla 17- Pérdida de peso en gramos en etapa de senescencia al octavo día.

Tratamientos	Promedio
T1	13.56
T2	10.55
T3	10.54
T4	11.25

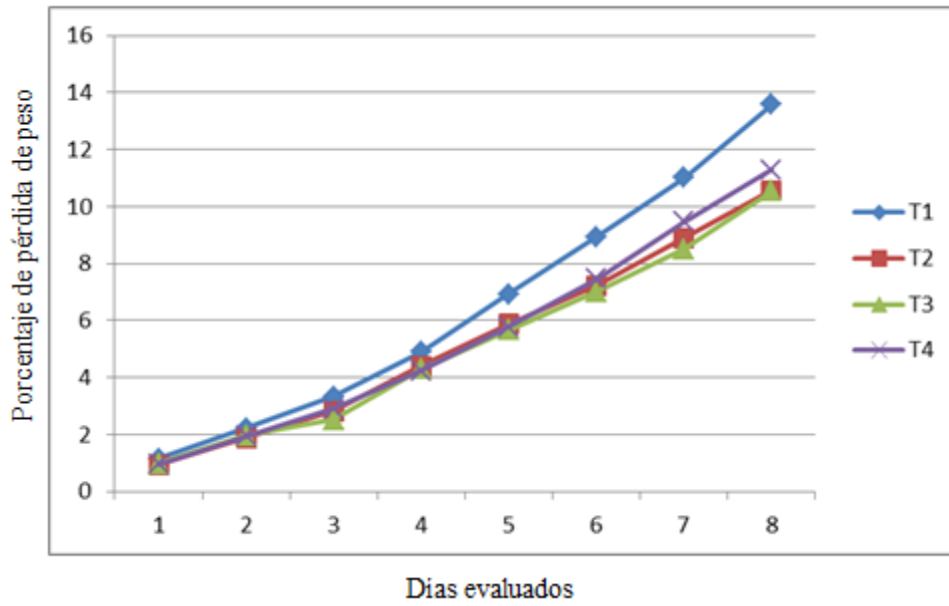


Figura 20.- Pérdida de peso por tratamientos evaluados en 8 días.

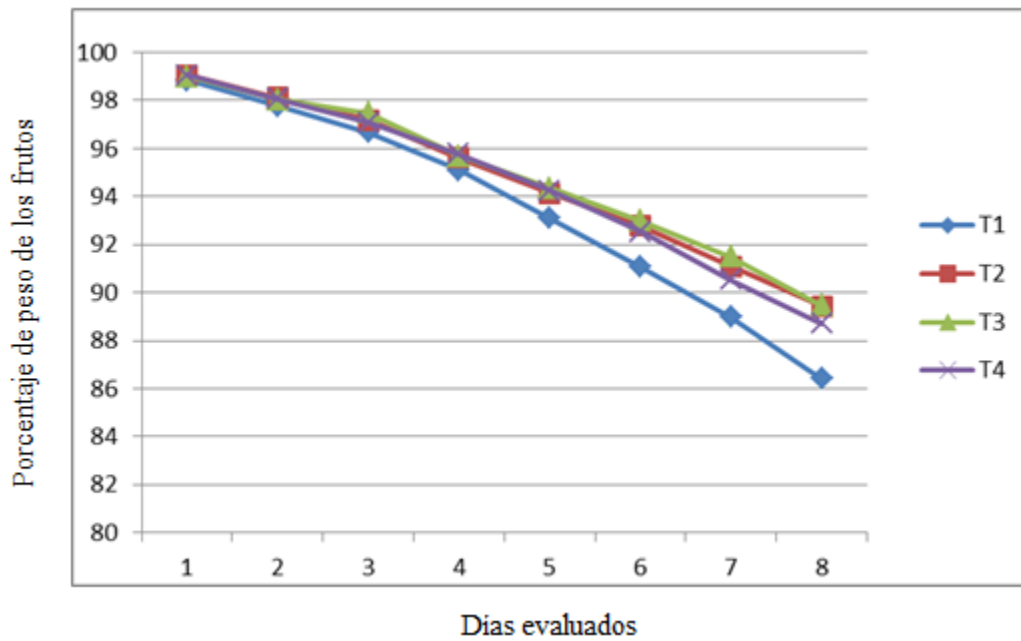


Figura 21.- Pérdida de peso de los frutos durante la maduración.

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante el programa estadístico SAS.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	36.84537917	12.28179306	26085.2	<.0001
Error	20	0.00941667	0.00047083		
Total correcto	23	36.85479583			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.999744	0.189102	0.021699	11.47458

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	20
Error de cuadrado medio	0.000471
Valor crítico del rango estudentizado	3.95829
Diferencia significativa mínima	0.0351

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	13.56167	6	1
B	11.25000	6	4
C	10.55000	6	2
C			
C	10.53667	6	3

En los tratamientos que se emplearon los recubrimientos comestibles se observó una disminución en la pérdida de peso, validando así el efecto positivo de este tipo de empaques postcosecha donde a mayor pérdida de peso mayor deterioro de frutos, mostrando los mejores resultados el tratamiento 3 constituido por una mezcla de 3.335g (8%) de sorbitol como plastificante, 2 g (8%) de almidón, 1mL (4%) de extracto de Moringa y 24mL (76%) de agua destilada.

7.2.5.- CAMBIO DE COLOR EN FRUTOS EVALUADOS DURANTE SU PROCESO DE MADURACIÓN.

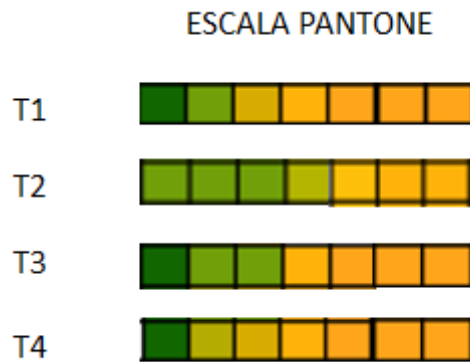


Figura 22.- Cambio de color de frutos observado en proceso de maduración en los tratamientos evaluados.

Tabla 18.- Escala de paleta de colores Pantone con base a las coordenadas de la Comisión Internacional del Color “Commission Internationale de l’Éclairage “(CIE).

Trat	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
T1	346C	377C	103C	123C	1235C	1235C	1235C
T2	377C	377C	377C	384C	130C	123C	123C
T3	364C	377C	377C	123C	1235C	1235C	1235C
T4	364C	3975C	103C	123C	1235C	1235C	1235C

Tabla 19.- Coordenadas en L* (Luminosidad).

Trat	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
T1	37	60	69	78	75	75	75
T2	60	60	60	17	81	78	78
T3	37	60	60	78	75	75	75
T4	37	60	60	78	75	75	75

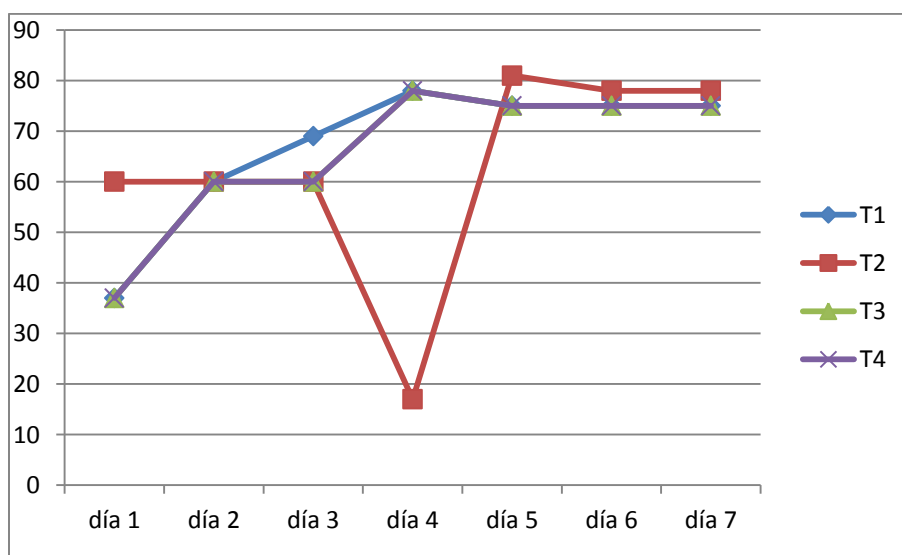


Figura 23.- Luminosidad de frutos dados por coordenadas en L*

Tabla 20.- Coordenadas en a* (+a indica rojo, -a indica verde)

Trat	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
T1	-42	-35	22	17	24	24	24
T2	-35	-35	-35	73	10	17	10
T3	-42	-35	-35	17	24	24	24
T4	-42	-12	22	17	24	24	24

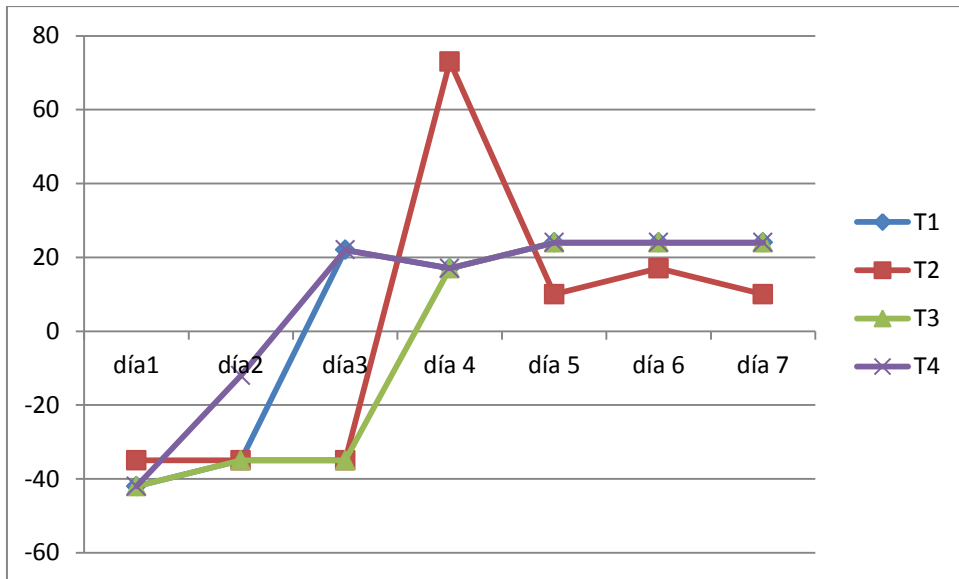


Figura 24.- Coordenadas en a*

Tabla 21.- Coordenadas en b* (+b indica amarillo, -b indica azul).

Trat	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
T1	-42	-35	22	17	24	24	24
T2	-35	-35	-35	73	10	17	10
T3	-42	-35	-35	17	24	24	24
T4	-42	-12	22	17	24	24	24

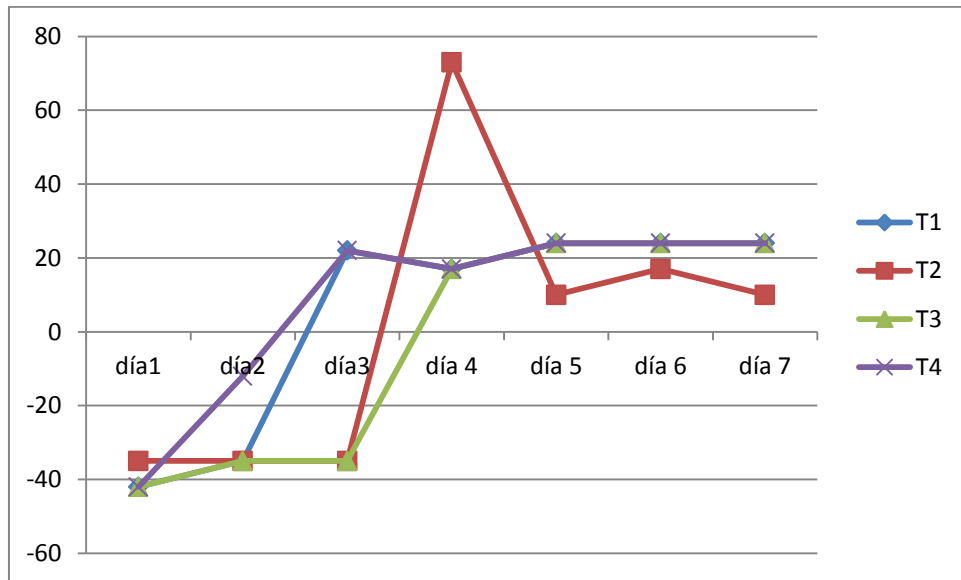


Figura 25.- Coordenadas en b*

El cambio de coloración de los frutos debido al proceso de maduración va de escala de verdes a tonalidades amarilla suave a intensas, donde mediante el uso de la escala Pantone se graficó la maduración de los frutos fue más lenta en los Tratamiento 2 consistente en 8% almidón y plastificante y Tratamiento 3 con plastificante, 8% almidón y 4 % de extracto en comparativa del testigo en Tratamiento 1 como testigo sin recubrimiento y los evaluados con almidón en Tratamiento 4 con 8% de extracto, demostrando de manera visual el proceso de madurez en distintas velocidades de los frutos.

7.2.6.- EVALUACIÓN FUNGICA

La presencia de fitopatógenos durante 7 días de evaluación estuvieron presentes en los tratamientos con diferentes porcentajes de infestación tal como se describe en la tabla 21.

Tabla 22.- Relación de porcentaje de fitopatógenos en frutos.

Tratamientos	% Porcentaje de presencia de fitopatógenos
T1	80
T2	60
T3	30
T4	50

Los datos obtenidos fueron analizados en el programa estadístico SAS.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	4130.687500	1376.895833	3147.19	<.0001
Error	12	5.250000	0.437500		
Total correcto	15	4135.937500			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.998731	1.720814	0.661438	38.43750

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	12
Error de cuadrado medio	0.4375
Valor crítico del rango estudentizado	4.19852
Diferencia significativa mínima	1.3885

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	54.2500	4	1
B	52.7500	4	2
C	31.2500	4	3
D	15.5000	4	4

La inhibición de fitopatogenos en el Tratamiento 3 es atribuida al uso de extracto vegetal al 4% al cual se le atribuyen metabolitos secundarios como polifenoles, donde T1 un recubrimiento sin extracto inhibe en menor porcentaje debido al no presentar fitoquímicos esenciales para la inhibición de fitopatogenos vectores de enfermedades de los frutos.

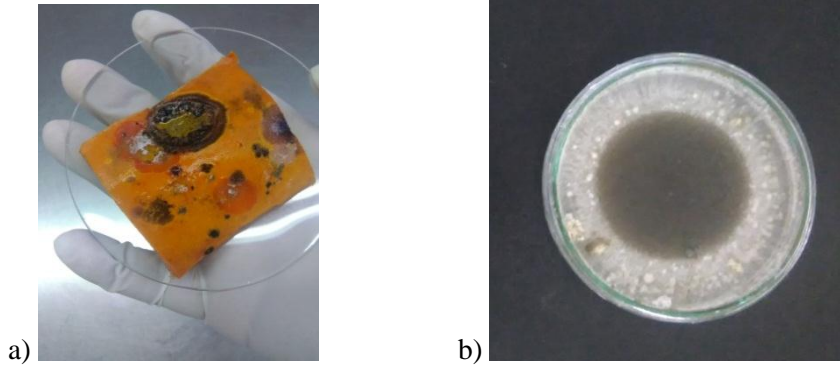


Figura 26.- Asilamento de microorganismos= a) sección de fruto seleccionado con presencia de fitopatógenos, b) microorganismos aislado (Imágenes propias).

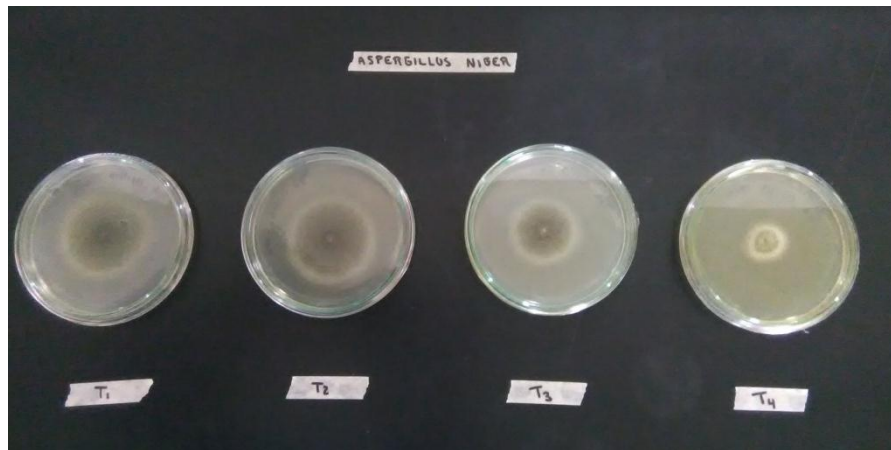


Figura 27.- Evaluación in vitro con diferentes concentraciones de extracto (Imagen propia).

Tabla 23.- Desarrollo micelial de microorganismo.

Tratamientos	Promedio de porcentaje de desarrollo micelial
T1	54.25
T2	52.75
T3	31.25
T4	15.5

Tabla.- 24.- Resultados de pruebas fisicoquímicas a tratamientos evaluados donde letras diferentes son estadísticamente diferentes.

Tratamientos	Acidez	Potencial de Hidrogeno	Solidos Solubles Totales (°Brix).	% Pérdida de peso en 1 semana
T1	7.56 a	5.9 b	10 a	13.56 a
T2	7.38 b	5.7 d	9.66 ab	10.55 c
T3	6.41 d	6.17 a	9 c	10.53 c
T4	7.16 c	5.9 c	9.5 b	11.25 b

8.- DISCUSIÓN

Esta investigación puede ser comparada con recubrimientos similares en papaya donde Hernández-López *et al* 2018 evaluaron in vitro recubrimientos a a base de quitosano, cera de abeja ó ácido oleico, que se mezclaron con aceite de tomillo, canela y clavo a la concentración más alta (1,0 %), donde la inhibición micelial fue de 100 % en *R. stolonifer*, *C. gloeosporioides*, *F. oxysporum*, *A. alternata* y *P. digitatum* comparación con el tratamiento control. Aunado a ello en comparativa con los parámetros fisicoquímicos resulto ser muy similar en Solidos Solubles Totales (SST) con valores de 9.6 en su mejor tratamiento con tomillo y 9 en la investigación propia, más sin embargo al diferencia porcentual de peso si es diferente al tener nuestra investigación menor pérdida de peso en comparativa teniendo reducción de 3% y 1.5% respectivamente.

La aplicación de recubrimientos de quitosano aplicados a frutas y hortalizas no afectan propiedades organolépticas ni fisicoquímicas esto en base a diversos estudios como los de Rossi-Marquez *et al* 2016 y aplicando al 1,5% y al 2,0% redujeron la pérdida de peso a <6%. de la del control, que es suficiente para mantener una buena aspecto y calidad de la papaya (Ali *et al*; 2011) aunado a recubrimientos con alginato mantenían mejor el contenido general de antioxidantes en papaya recién cortada, con una disminución de 8.3–9.0% después de 8 días.(Tapia *et al*; 2008). Cabe señalar que dichos recubrimientos eran aplicados en atmosferas controladas a 14 °C a diferencia de nuestra investigación a temperatura ambiente en espacio protegido con temperatura promedio 30 °C registrada mediante el uso de un termómetro ambiental marca Taylor.

Diversos productos derivados de las plantas han mostrado un efecto antimicrobiano. Entre estos compuestos destacan los flavonoides, fenoles, terpenos, aceites esenciales, alcaloides, lectinas y polipéptidos). Sus mecanismos de acción son variables; por ejemplo, la toxicidad de los fenoles en microorganismos se atribuye a inhibición enzimática por oxidación de compuestos. El modo de acción de los terpenos y aceites esenciales no ha sido dilucidado por completo, pero se postula que pueden causar rompimiento de la membrana a través de los compuestos lipofílicos. De los alcaloides se ha postulado que se intercalan con el DNA, y de las lectinas y polipéptidos se conoce que pueden formar canales iónicos en la membrana microbiana o causar la inhibición competitiva por adhesión de proteínas microbianas a los polisacáridos receptores del hospedero. (Hernández-Lauzardo *et al*; 2007).

Tabla 25.- Comparativa de pruebas fisicoquímicas en frutos de papaya con recubrimientos comestibles.

Tratamientos	Acidez	Potencial de Hidrogeno	Solidos Solubles Totales (°Brix).	% Pérdida de peso (7 días)
T1 (testigo)	7.56	5.9	10	13.56
T3	6.41	6.17	9	10.53
Hernández-López <i>et al</i> ; 2018	-	-	9.6	6.3
Hernández <i>et al</i> ; 2014	4	4.64	11.7	-
Belandria y Navarro 2010.	5		9.48	
Miranda <i>et al</i> ; 2014	9	5.3	11	9.54
Barrero-Bello <i>et al</i> ; 2012	7	5.35	12.4	1
Almeida-Castro 2011		9	5	9

9.- CONCLUSIONES

Podemos concluir con base a las evaluaciones de pérdida de peso realizadas a los frutos tratados con diversas formulaciones en los tratamientos aunado a presentar un testigo sin recubrimiento alguno determinamos que se logra prolongar la vida de anaquel 7 días con una concentración de 8% de sorbitol como plastificante, 8% de almidón, 4% de extracto de *Moringa* diluido en agua destilada disminuyendo significativamente la transpiración del fruto y pérdida de peso aunado a la visible disminución de presencia de fitopatógenos con características fúngicas principalmente como lo mostró el Tratamiento 3.

El cambio de color de los frutos en los tratamientos evaluados también es visible el cual se puede atribuir a una maduración a distintas velocidades dependiendo de la transpiración de los frutos recubiertos con polímeros donde dichos recubrimientos fueron menos acelerados con el testigo sin aplicación alguna.

Se puede concluir que la diferencia significativa entre tratamientos con respecto a la presencia de azúcares mediante el uso del refractómetro donde T3 presenta una disminución esto atribuido a posibles procesos anaerobios del fruto y desarrollo de alcoholes para lo cual se recomienda evaluaciones degustativas y aceptación o rechazo del sabor.

Con un nivel de significancia del .05 y en base a los análisis estadísticos se pudo determinar que el tratamiento 4 correspondiente a 16% de extracto de *Moringa oleífera Lam* presento mayor inhibición de desarrollo micelial con respecto al testigo, descartando así los tratamientos 2 (2%) y 3 (4%) los cuales fueron las concentraciones a evaluar en los recubrimientos, siendo una dosis más alta la óptima a utilizar, esto comprobado con prueba de Tukey.

Podemos resaltar que la formulación de recubrimiento solo con almidón y plastificante sin extracto vegetal si aumento la vida de anaquel en los frutos esto al detener de manera porcentual la respiración de los frutos pero al hacer uso de la formulación con extracto vegetal aumento la vida de anaquel e inhibió fitopatógenos esto debido a la presencia de metabolitos secundarios como polifenoles.

10.- RECOMENDACIONES

Dentro de los parámetros de evaluación se considera realizar textura mediante un texturometro de alta precisión o un penetrometro, esto con la finalidad de medir la pérdida de firmeza de la fruta debido a su proceso de maduración en postcosecha. La determinación de gases por cromatografía sería una herramienta alterna a utilizar para medir la velocidad de maduración en dichos tratamientos.

Se recomienda el uso de un colorímetro para determinación de cambio de color con mayor precisión que el uso de la escala Pantone en los tratamientos evaluados.

El desarrollo de pruebas reológicas al recubrimiento corroborarían haber utilizado una formulación correcta en base a la tensión, viscosidad, deformación elástica y reversible que presente el recubrimiento evaluado.

Cabe señalar que esta investigación se desarrolló en espacio protegido a una temperatura promedio de 28 °C \pm 2 por lo cual se recomienda realizar evaluaciones en temperaturas controladas similares a los contenedores de traslado de frutos y cámaras de refrigeración donde previamente son almacenadas para embarques.

El desarrollo del perfil fitoquímico de la *Moringa oleífera Lam* utilizada sería de gran aporte para la determinación cualitativa y cuantitativa de compuestos extraídos y hacer la comparativa con investigaciones previas.

La laceración de frutos e inoculación con fitopatógenos selectivos para pruebas de inhibición *in situ* es una alternativa viable la cual daría datos concretos sobre el desarrollo y porcentaje de inhibición de microorganismos vectores de enfermedades.

11.-BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Abu Sayeed Mohammed, Shahadat Hossain Mohammad, Hoque Chowdhury Mohammad Ehsanul y Haque Mohsinul (2012). - Actividad antimicrobiana in vitro del extracto metanólico de *Moringa oleifera Lam.*
- Achipiz, S.A; Castillo, A.E; Mosquera, S.A; Hoyos, J.L.; Navia, D.P. (2013).- Efecto de recubrimiento a base de almidón sobre la maduración de la guayaba (*Psidium guajava*).
- Agama Acevedo Edith, Nuñez Santiago María C, Álvarez Ramírez José, Bello Pérez Luis A. (2015).- Características fisicoquímicas, estructurales y digestibilidad de almidón aislado de cultivares de banano.
- Ali Asgar, Muda Muhammad Mahmud Tengku, Sijam Kamaruzaman y Siddiqui Yasmeen. (2011).- Efecto de los recubrimientos de quitosano en las características fisicoquímicas de Eksotica II papaya (*Carica papaya L.*) durante almacenamiento en frío.
- Almeida Castro Alessandra, Reis Pimentel Jane Delane, Santos Souza Danilo, Vieira de Oliveira Thaciana, da Costa Oliveira Mariana. (2011).- Estudio de preservación de papaya (*Carica papaya L.*) asociado con aplicación de películas comestibles.
- Amaya Paola, Peña Lorna, Mosquera Andrés, Villada Héctor y Villada Dora. (2009).- Efecto del uso de recubrimientos sobre la calidad del tomate (*lycopersicon esculentum mill*).
- Álvarez Mena Andrea Belen (2017).- Valor nutricional de la *Moringa oleifera Lam*; mito o realidad.
- Andrade Johana C, Acosta Diana L, Bucheli Mauricio A. y Osorio Oswaldo (2014).- Desarrollo de un recubrimiento comestible compuesto para la conservación del tomate de árbol *Cyphomandra betacea S.*
- Anwar Farooq, Latif Sajid, Asrhaf Muhammad y Hassan Gilani Anwarul. (2007).- *Moringa oleifera Lam*: Planta comestible con multiples usos medicinales.
- Badui Dergal, Salvador (2006).- Química de los Alimentos. Cuarta edición. Editorial Pearson Educación México. Capítulo 2. Pág 29-57.
- Barrera Bello Elizabeth, Gil Loaiza Marcela, García Pajón Carlos Mario, Durango Restrepo Diego Luis y Gil González Jesús Humberto. (2012).- Efecto de un recubrimiento formulado con propóleos para el manejo poscosecha de frutos de papaya (*Carica papaya L. cv Hawaiiana*).
- Batista Adelina B, Oliveira José T.A, Gifoni Juliana M, Pereira Mirella L, Almeida Marina G.G, Gomes Valdirene N, Da Cunha Maura, Ribeiro Suzzana F.F, Dias Germana B, Beltramini Leila M, Lopes José Luiz S, Granjeiro Thalles B, Vasconcelos Ilka M. (2014).- Nuevos conocimientos sobre la

- estructura y modo de acción de Mo. CBP3, una proteína antifúngica de unión a quitina de semillas de *Moringa oleífera Lam.*
- Belandria D., Velandria V., Navarro C. (2010). Caracterización física, química y organoléptica de los frutos de lechosa (*Carica papaya L.*) en las variedades Tailandia y Maradol. Producción Agropecuaria / Agroalimentaria. 3, 1, 45-49.
- Bello-Pérez Luis A; González-Soto Rosalía A; Sánchez-Rivero Mirna M; Gutiérrez-Meraz Felipe y Vargas-Torres Apolonio (2006).- Extursión de almidones de fuentes no convencionales para la producción de almidón resistente.
- Bustos- Ramírez (2011).- “Síntesis y caracterización de compositos elaborados con grafeno nanométrico modificado y una matriz polimérica natural.” Tesis de Maestría en Ciencias de los Materiales.
- Cáceres Rueda de León Isaura, Colorado Vargas Rafael, Salas Muñoz Erika, Muñoz Castellanos Laila N, Hernández Ochoa León. (2013).- Actividad antifúngica *in vitro* de extractos acuosos de especias contra *Fusarium oxysporum*, *Alternaria alternata*, *Geotrichum candidum*, *Trichoderma spp*; *Penicillium digitatum* y *Aspergillus niger*.
- Cárdenas Freyre Marcos Adrián (2018).- Extracción de almidón a partir de residuos de banano (*Musa paradisiaca*) para la elaboración de un biopolímero.
- Carrión Jara Ana Victoria y García Gómez Cándida Rafaela (2010).- Preparación de extractos vegetales: determinación de eficiencia metódica.
- Castricini Ariane (2009).- Aplicación de recubrimientos comestibles para la conservación de papaya (*Carica papaya L.*) Golden.
- Comisión Veracruzana de la Comercialización Agropecuaria 2010.
- Consuegra-Gamón Rodolfo Carlos (2007).- Norma NMX-FF-041-SCFI-2007 Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - fruta fresca - papaya (*Carica papaya L.*)
- Cuevas Carvallo Zujey Berenice (2017).- Obtención y caracterización de almidones termoplásticos obtenidos a partir de almidones injertados con poliésteres biodegradables.
- Das, K., Tiwari, R. K. S., Shrivastava, D. K. (2010). Techniques for evaluation of medicinal plant products as antimicrobial agent: Current methods and future trends. A Review. *Journal of Medicinal Plants Research*
- Da Silva Carlos A; Dayle Baker; Shepard Andrew; Jenane Chakib y Miranda da Cruz Sergio (2013).- Agroindustrias para el desarrollo.
- Elhadi Duaa A.E, Elgasim Elgasim A y Mohamed Ahmed Isam A. (2017).- Características microbianas y de oxidación de la hamburguesa de pollo refrigerada adicionada con polvo de *Moringa oleífera Lam.*

- Farahat Sahab Ahmed y Nawar Lubna S. (2015).- Composición química y fitoquímica de semilla de Moringa en polvo y actividad antifúngica de extractos de semillas a hongos.
- Fernández Natalia Marcela, Echeverría Diana Carolina, Mosquera Silvio Andrés y Paz Sandra Patricia. (2017).- Estado actual del uso de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas.
- Fernández Valdés Daybelis, Bautista Baños Silvia, Fernández Valdés Dayvis. (2015).- Películas y recubrimientos comestibles una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas.
- Figueroa Jorge A, Salcedo Jairo y Narváez Germán J. (2013).- Almidón nativo y oxidado de yuca sobre la calidad de mango (*Tommy Atkins*)
- Flores Gorosquera Emigdia, García Suárez Francisco J; Flores Huicochea Emmanuel, Nuñez Santiago María C; González Soto Rosalía A. y Bello Pérez Luis A. (2004).- Rendimiento del proceso de extracción de almidón a partir de frutos de plátano (*Musa paradisiaca*). Estudio en planta piloto.
- Gaafar Alaa A, Ibrahim Eman A, Asker Mohsen S, Moustafa Ahmed F, Salama Zeinab A. (2016).- Caracterización de polifenoles, polisacáridos por HPLC, actividad antimicrobiana, antioxidantes y antiinflamatorias de extracto de harina de moringa (*Moringa oleífera Lam*) desgrasada.
- García Omar y Pinzón Magda: (2016).- Efecto de recubrimientos de almidón de plátano guayabo (*Musa paradisiaca L*) en la calidad de fresas.
- García Peña E.I, Paramesaran P, Kang DW, Canul Chan M y Krajmalnik Brown R. (2011).- Procesos de digestión anaerobia y co-digestión de residuos vegetales y frutales: ecología de procesos microbianos.
- Gifoni Juliana M, Oliveira José T.A, Oliveira Hermogenes D, Batista Adelina B, Pereira Mirella L, Gomes Antoniella S, Oliveira Henrique P.(2012).-Una nueva proteína de unión a la quitina de la semilla de Moringa oleífera con potencial para el control de enfermedades de las plantas.
- González Sánchez María E, Pérez Fabiel Sergio, Wong Villareal Arnoldo, Bello Mendoza Ricardo , Yañes Ocampo Gustavo. (2015).- Residuos agroindustriales con potencial para la producción de metano mediante la digestión anaerobia.
- González Torres, B; Robles García, M.A; Padilla Frausto, J.J; Gutiérrez Lomelí, M; Barrera Rodríguez, A; Navarro Villaruel, C.L; Rodríguez Félix, F; Del Toro Sánchez, C.L. (2018).- Preparación y caracterización de almidón modificado para elaborar a futuro biopelículas para productos hortofrutícolas.
- Guerra del Valle D, Bello Pérez L.A, González Soto R.A, Solorza Feria J y Arámbula Villa G. (2008).- Efecto del tiempo de reacción de la acetilación de almidón de plátano.

- Guarnizo Franco, Anderson; Martínez Yopez, Pedro Nel; Pinzón Bedolla, Martha Lucia. (2012).- Azúcares del pseudotallo de plátano: Una opción para la obtención de alcohol de segunda generación.
- Guzmán Maldonado Salvador Horacio, Zamarripa Colmenares Alfredo y Hernández Durán Leslie Guadalupe. (2015).- Calidad nutrimental y nutracéutica de hoja de moringa proveniente de árboles de diferentes alturas.
- Handa, S. S. (2008). Descripción de las técnicas de extracción para plantas medicinales y aromáticas. Centro Internacional de Ciencia y Alta Tecnología
- Hernández, I; Martínez, M; Contreras, R y Pérez, R. (2017).-Extracción de almidón por el método seco en plátano macho, cuadrado y castilla.
- Hernández Josué David, Fernández Vilusca, Sulbarán Betzabé (2014).- Caracterización fisicoquímica, actividad antioxidante y contenido de polifenoles totales en pulpa de lechosa (*Carica papaya L*).
- Hernández Lauzardo Ana Niurka, Bautista Baños Silvia y Velásquez del Valle Miguel Gerardo. (2007).- Prospectiva de extractos vegetales para controlar enfermedades postcosecha hortofrutícolas.
- Hernández López Mónica, Guillén Sánchez Jessica, Bautista Baños Silvia y Guillén Sánchez Dagoberto. (2018).- Evaluación de películas biodegradables en el control de hongos postcosecha de la papaya.
- Hernández Martínez, H; Pedroza Islas, R; Quezada Gallo, L.A; Hernández Guerrero M. (2013).- Utilización de lignina de olote de maíz como componente en películas base almidón.
- Hernández-Ochoa L, Macías-Castañeda CA, Nevárez Moorillón GV , Salas-Muñoz E, Sandoval-Salas F . (2012).- Actividad antimicrobiana de películas a base de quitosano incluyendo especias de aceites esenciales y extractos funcionales.
- Hoover R Y Ratnayake W.S. (2002).- Características del almidón de frijol negro, garbanzo, lenteja, cultivos de frijol marino y frijol pinto cultivados en Canadá.
- Jirukkakul N. (2016) Estudio de la producción de películas comestibles de harina de plátano verde y maduro.
- Krevelen y Nijrnhuis (2010).- Propierties of polymers their correlation whit chemical structure.
- Lambis-Miranda *et al.* (2016). Extracción de almidón a partir de residuos de piel de plátano.
- Lambert RJW , Skandamis PN, Coote PJ, Nychas GJE. (2001).- Estudio de la concentración mínima inhibitoria y modo de acción del aceite esencial de orégano con timol y carvacrol.

- Landero-Valenzuela,N; Nieto-Ángel,D; Téliz-Ortiz,D; Alatorre-Rosas, R; Orozco-Santos,M; Ortiz-García, C.F.(2013).-Potencial antifúngico de extractos de cuatro especies vegetales sobre el crecimiento de *Colletotrichum gloeosporioides* en papaya (*Carica papaya*) en poscosecha.
- Lehninger; Nelson David, L; Cox Michael M. (2006).- Principios de Bioquímica 4a. Edición.
- Lizardi-Jiménez *et al* 2016.Residuos agroindustriales en la Cuenca del Papaloapan y alternativas de uso. https://www.researchgate.net/publication/309736737_residuos_agroindustriales_en_la_cuenca_del_papaloapan_y_alternativas_de_uso_consulta_12mayo2017
- Leone Alessandro, Fiorillo Giovanni, Criscuoli Franca, Ravasenghi Stefano, Santagostini Laura, Fico Gelsomina, Spadafranca Angela, Bettazzati Alberto, Schiraldi Alberto, Pozzi Federica, di Lello Sara, Filippini Sandro y Bertoli Simona. (2015).- Caracterización nutricional y perfil fenólico de hojas de Moringa oleífera Lam cultivadas en Chad, Sahrawi y Haití.
- López-Arroyo *et al*. 2011. Calidad nutrimental y propiedades antimicrobianas de hojas deshidratadas de *Moringa Oleífera* sobre *salmonella enterica serotipo typhimurium* inoculada en jitomate de invernadero
- Maqsood Muhammad, Qureshi Rahmatullah, Arshad Muhammad, Sheeraz Ahmed Muhammad y Ikram Masroor. (2017).- Examen fitoquímico preliminar antifúngico y actividades citotóxicas de hojas de extracto de Moringa oleífera Lam de Salt Range Pakistan.
- Maqsool Mehdi, Ali Asgar, Alderson, Muda Mohamed Mahmud Tengku, Siddqui Yasmmen, Zahid Noosheen.(2011)- Aplicación poscosecha de goma arábiga y aceites esenciales para el control de antracnosis y calidad de plátano y papaya durante el almacenamiento en frío.
- Márquez, G. R., Di Pierro, P., Mariniello, L., Esposito, M., Giosafatto, C. V. y Porta, R. (2017). Recubrimientos por transglutaminasa reticulados de corte fruta y vegetales frescos y proteína de suero / pectina comestibles.
- Mazzeo M. Miguel, Alzate G. Angela, Marín M. Mario (2008).- Obtención de almidón a partir de residuos poscosecha del plátano dominico hartón (*Musa aab Simmonds*).
- Mercado-Ruíz Jorge Nemesio, Guzmán Reyes Isabel Cristina, García Robles Jesús Manuel, Salinas Hernández Rosa Ma. y Baez. Sañudo Reginaldo. (2014).- Efecto del recubrimiento con ceras comestibles en fruto de papaya (*Carica papaya L*), sobre su calidad durante el almacenamiento.
- Michaca M. (2004). Efecto de la adición de glicerol como agente plastificante en las propiedades fisicoquímicas de las películas de Zeína. Tesis de Ingeniería de los Alimentos, Universidad Autónoma Metropolitana, México D.F.

- Miranda Abraham D, Alvis Armando y Arrazola Guillermo. (2014).- Efecto de dos recubrimientos sobre la calidad de la papaya (*Carica papaya L*) variedad Tainung.
- Mondragón Cortés Pedro (2017).- Espectroscopia de infrarrojo para todos y 51 espectros de alimentos consumidos en México.
- Montes M. Everaldo, Salcedo M. Jairo, Zapata M. José E, Carmona C. Jesús, Paternina U. Sergio. (2008).- Evaluación de las propiedades modificadas por vía enzimática del almidón de ñame (*D. trifida*) utilizando α -amilasa (Termamil 120L, tipo L).
- Nikhal, S. B., Dambe, P. A., Ghongade, D. B., Goupale, D. C. (2010). Hydroalcoholic Extraction of *Mangifera indica* (leaves) by Soxhletion. *International Journal of Pharmaceutical Sciences*
- Olson Mark E. (1999).- *Moringa oleífera Lam.*
- Olson Mark E. y Fahey Jed W. (2011).- *Moringa oleífera*: Un árbol multiusos para las zonas tropicales secas.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) 2019.- <https://www.who.int/features/qa/87/es/>
- Ortuño MF. 2006. Métodos de obtención de aceites esenciales. Manual práctico de aceites esenciales, aromas y perfumes.
- Ozcan MM, Fahad Y , AL Juhaimi. (2011).- Actividad antifúngica y antioxidante de extractos de plantas aromáticas.
- Petit Jiménez D, Terán Y, Rojas B, Salinas Hernández R, García Robles J y Baez Sañudo R. (2010).- Efecto de las ceras comestibles sobre la calidad de frutos de papaya.
- Ping Hsien Chuang, Chi Wei Lee, Jia Ying Chou, Murugan, Bor Jinn Shieh, Hueih Min Chen. (2007).- Actividad antifúngica de extracto crudo y aceite esencial de *Moringa oleífera Lam.*
- Pinto C.E, Farias D.F, Carvalho A.F, Oliveira J.T, Pereira M.L, Granjeiro TB, Freire JE, Viana DA, Vasconcelos IM. (2015).- Evaluación de la seguridad alimentaria de una proteína antifúngica de semillas de *Moringa oleífera Lam* y una perspectiva biotecnológica en la agricultura.
- Prieto Mendez J; Trejo Cárdenas C, Prieto García, F; Méndez Marzo, M; Bello Pérez L y Román Gutierrez, L (2010).- Acetilación y caracterización del almidón de cebada.
- Quintero C. Juan, Falguera Victor, Muñoz H. Aldemar (2010).- Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola.
- Ramírez-González *et al.* 2011. Actividad antifúngica in vitro de extractos de *Origanum vulgare L.*, *Tradescantia spathacea Swartz* y *Zingiber officinale Roscoe* sobre *Moniliophthora roreri*(Cif & Par)

- Ramos García Margarita de Lorena, Bautista Baños Silvia y Barrera Neche Laura Leticia. (2010).- Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas.
- Ramos Valentina, Aguilera Antonio y Ochoa Emilio. (2016).- Residuos de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca L*) para obtener pectinas útiles en la industria alimentaria.
- Rivas-González, M; Guadalupe,M; Méndez-Montealvo, Sánchez-Rivera, M; Núñez-Santiago, M.C; y Bello- Pérez, L.A; (2008).- Caracterización morfológica, molecular y fisicoquímica del almidón de plátano oxidado y linternizado.
- Rivas Morales Catalina, Oranday Cárdenas María Azucena y Verde Star María Julia (2016).- Investigación en plantas de importancia médica.
- Rodríguez Pérez C, Quirantes Piné R, Fernández Gutiérrez A, Segura Carretero A. (2015).- Optimización del método de extracción para obtención de fenoles de extracto de hojas de *Moringa oleífera Lam*.
- Rojas-Olivos Alejandra 2009.- Hidrodestilación y caracterización de aceite esencial de plantas medicinales de Santa María Huitepec, Oaxaca.
- Romero Bastida C.A, Zamudio Flores P.B, y Bello Pérez L.A. (2011).- Antimicrobianos en películas de almidón oxidado de plátano: Efecto sobre la actividad antibacteriana, microestructura, propiedades mecánicas y de barrera.
- Rossi Marquez Giovanna, Di Pierro Prospero, Mariniello Loredana, Esposito Marinela, Giosafatto Concetta V.L. y Porta Raffaele. (2016).-Recubrimiento de frutas y vegetales por transglutaminasa eclesiana de proteína de suero y pectina.
- Santamaría Basulto Felipe, Díaz Plaza Raúl, Sauri Duch Enrique, Espadas y Gil Francisco, Santamaría Fernández Jorge Manuel y Larqué Saavedra Alfonso. (2009).- Características de calidad de frutos de papaya maradol en la madurez de consumo.
- Saucedo Pompa S, Torres Castillo J.A, Castro López C, Rojas R, Sánchez Alejo E.J, Ngangyo Heya M, Martínez Ávila G.C.G. (2018).- Planta de Moringa: Compuestos bioactivos y prometedoras aplicaciones en productos alimenticios.
- Saval Bohorquez Susana (2012).- Aprovechamiento de residuos agroindustriales: Pasado, presente y futuro.
- Shan Bin, Cai Yizhong Z, Sun Mei y Corke Harold. (2005).- Capacidad antioxidante de 26 especies de extractos y su caracterización de componentes fenólicos.

- Shen X.L; Wu J.M; Chen Y. y Zhao G. (2010). - Propiedades antimicrobianas y físicas de películas de almidón de papa dulce incorporados con sorbato de potasio o quitosano.
- SIAP (2017). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, MÉXICO. Producción de plátano en México y el mundo. Consultada 15 Enero 2018. Disponible en <http://www.siap.gob.mx>
- Swami Handa Sukhdev, Singh Khanya Suman Preet, Longo Gennaro, Dult Rakesh Dev (2008).- Extraction technologies for medicinal and aromatic plants. Edit. International Centre for Science and Hight Technology and United Nations Industrial Development Organizatation.
- Tapia M.S, Roja Grau, Carmona A, Rodríguez F.J, Soliva Fortuny R. y Martín Belloso O (2016).- Uso de recubrimientos a base de alginato para mejorar la traspiración, textura y propiedades nutracionales de la papaya recién cortada.
- Torre-Gutiérrez,A; Chel-Guerrero; L.A; Betancur-Ancona, D; (2007).- Propiedades funcionales del almidón de banano cuadrado (*Musa balbisiana*).
- Velásquez Zavala Minerva, Peón Escalante Ignacio E, Zepeda Bautista Rosalba y Jiménez Arellanes María Adelina. (2016).- Moringa (*Moringa oleífera* Lam): Usos potenciales en la agricultura, industria y medicina.
- Vinoth B, Manivasagaperumal R. y Balamuragan S. (2012).- Análisis fitoquímico y actividad bacteriológica de *Moringa oleífera* Lam.
- Vongsak Boonyadist, Sithirsan Pongtip y Gritsanapan Wandee. (2014).- Análisis cualitativo por HPLC de compuestos activos en hojas de *Moringa oleífera* Lam.
- Wojdylo Aneta, Ozmiński Jan y Czemyrs Renata. (2007).- Actividad antioxidante y componentes fenólicos en 32 hierbas selectas.
- Zaffer Mudasser, Ahmad Ganie Showkat, Singh Gulia Surender, Singh Yadav Surender, Singh Ranjana y Ganguly Sujata (2015).- Efecto antifúngico de *Moringa oleífera* Lam.
- Zamudio Flores Paul B, Bello Pérez Luis A, Vargas Torres Apolonio, Hernández Uribe Juan P y Romero Bastida Claudia A. (2007).- Caracterización parcial de películas preparadas con almidón oxidado de plátano.