

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y
ALIMENTOS

TESIS PROFESIONAL

RECUBRIMIENTO DE ALMIDÓN DE
SEMILLA DE MANGO APLICADO A
TOMATE (*Solanum Lycopersicum L.*)

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN CIENCIA Y
TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

PRESENTAN

ADRIANA YAQUELIN ARCE TRUJILLO

LESLEY DILERI HERNÁNDEZ RUIZ

DIRECTOR DE TESIS

MC. PEDRO GERARDO TREJO FLORES



Agradecimientos

A Dios

Por darnos la sabiduría, fe y paciencia en no rendirnos en cada obstáculo que tuvimos resolviéndolo de manera exitosa.

A nuestros padres

Por la perseverancia y el amor que nos brindaron desde el inicio hasta el final de nuestro trayecto profesional acompañándonos en los momentos tristes y alegres, que ahora son fruto de los años cosechados.

A nuestros amigos

Por las motivaciones, apoyo y acompañamiento en los momentos alegres y tristes de nuestro trayecto, por ello, gracias!

Al Maestro pedro

Por acompañarnos y darnos la confianza en el transcurso de nuestro proyecto y poder culminarlo de manera exitosa, por ello, gracias Maestro.

A nuestros revisores, laboratoristas y al Lic. Lester

Por las motivaciones, apoyo y acompañamiento durante la revisión de contenido y realización de la tesis. Por ello, ¡gracias!



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
SECRETARÍA GENERAL
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
25 de mayo de 2022

C. Adriana Yaquelin Arce Trujillo

Pasante del Programa Educativo de: Licenciatura en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:
Recubrimiento de almidón de semilla de mango aplicado a tomate (*Solanum Lycopersicum L.*)

En la modalidad de: Tesis Profesional

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Mtro. José Abelardo Castillo Archila

Dra. Gabriela Nallely Trejo Díaz

Mtro. Pedro Gerardo Trejo Florez



Firmas:

Ccp. Expediente



Pág. 1 de 1
Revisión 4



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
SECRETARÍA GENERAL
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
25 de mayo de 2022

C. Lesley Dileri Hernández Ruiz

Pasante del Programa Educativo de: Licenciatura en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:
Recubrimiento de almidón de semilla de mango aplicado a tomate (*Solanum Lycopersicum L.*).

En la modalidad de: Tesis Profesional

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Mtro. José Abelardo Castillo Archila

Dra. Gabriela Nallely Trejo Díaz

Mtro. Pedro Gerardo Trejo Florez



COECS DE TITULACIÓN

Firmas

Ccp. Expediente



Pág. 1 de 1
Revisión 4

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
OBJETIVOS	5
MARCO TEÓRICO.....	6
Deterioro de alimentos	6
Clasificación de los deterioros	6
Factores que causan el deterioro de alimentos: en frutas y hortalizas	6
Agentes físicos	7
Agentes químicos	8
Agentes biológicos	8
Consecuencias del deterioro de alimentos (impacto económico y social).....	9
Mecanismos para el control del deterioro de alimentos.....	10
Recubrimientos usados en frutas y hortalizas.....	11
Ventajas y propiedades que presentan los recubrimientos comestibles	12
Tipos de recubrimientos	13
Recubrimientos elaborados a base de almidón	13
Hidroxipropilmetilcelulosa y ceras.....	14
Recubrimientos elaborados a base sábila	14
Recubrimientos elaborados a base de quitosano	15
Recubrimientos elaborados a base de gluten de trigo proteína de leche y soya.....	16
Pruebas de calidad en el uso de recubrimientos.....	16
Propiedades físicas y químicas de los recubrimientos	17
Espesor	17
Propiedades mecánicas.....	17
Propiedades de barrera.....	18

Propiedades químicas.....	18
Hidrocoloides: polisacáridos y proteínas	18
Aceites esenciales	18
Proteínas	19
Otros componentes.....	19
Plastificantes.....	19
Propiedades antimicrobianas.....	19
Agentes antioxidantes en los RC	20
Agentes antimicrobianos en los RC	21
Uso de almidones de fuentes alternativas como recubrimientos.....	21
Recubrimientos comestibles aplicados en tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).....	23
ALMIDÓN	24
PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN.....	24
Espesante.....	24
Vehículo.....	25
Gelificante	25
Sustrato de fermentación	25
Agente de acabado.....	25
Control de textura.....	25
Agente de moldeo	25
ESTRUCTURA DEL ALMIDÓN	25
Amilosa	25
Tomate	27
Taxonomía.....	27
Características del tomate	28
Variedades de tomates.	28
Composición química y valor nutricional.....	30
Composición química.....	30
Agua.....	30
Componentes Volátiles	30

Lycopeno	31
PH.....	31
Valor nutricional del tomate.....	31
Composición nutricional del tomate.....	32
Producción en México	33
Producción de tomate en Chiapas.....	33
Cambios de superficie de producción.....	33
Plagas y enfermedades.....	34
Cosecha y manejo postcosecha.....	35
Cosecha	35
Manejo postcosecha	37
Almacenamiento y distribución	40
HIPÓTESIS	41
METODOLOGÍA.....	42
Diseño de investigación.....	42
DISEÑO EXPERIMENTAL.....	42
Sitio experimental	42
Material biológico	42
Variables.....	43
Variables independientes	43
Variables dependientes.....	43
PREPARACIÓN DE LA HARINA DE LA SEMILLA DE MANGO	43
EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN	45
CARACTERIZACION DEL ALMIDON	47
Humedad	47
Gelatinización	47

ETAPA 2: ELABORACION DEL RC.....	47
DISEÑO DEL RECUBRIMIENTO (EN DIFERENTES FORMULACIONES)	48
DISEÑO 1²	49
EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE SOBRE LA CALIDAD POSCOSECHA DEL TOMATE.....	49
Medición de pH	49
Solubles totales.....	49
Pérdida de peso	49
Instrumentos de medición.....	50
Descripción de las técnicas a utilizar.....	51
análisis estadístico	52
Presentación y análisis de resultados.....	52
Obtención de la semilla de mango	52
Obtención de la harina de la semilla mango	52
Secado	52
Molienda	53
Tamizado	53
Extracción del almidón	54
Caracterización del almidón	55
Humedad	55
Gelatinización	55
Rampa de viscosidad	57
Elaboración del recubrimiento	59
Aplicación del recubrimiento	59
Evaluación de la vida postcosecha.....	60
Pérdida de peso	60
pH.....	61
Solidos solubles	62

CONCLUSIONES.....	64
referencias documentales	65
Anexos, gráficas y apéndices	76
Medición de pH	78
Sólubles totales.....	78
Pérdida de peso	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Alteraciones de los alimentos orígenes y consecuencias (frutos y hortalizas).....	7
Tabla 2. Alteraciones de los alimentos orígenes, consecuencias y métodos empleados.....	10
Tabla 3. Taxonomía del tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>).....	28
Tabla 4. Valor nutricional del tomate por 100 gramos de sustancia comestible	31
Tabla 5. Composición nutricional del tomate por 100 gramos de la parte comestible	32
Tabla 6. Principales plagas, enfermedades y fisiopatías del tomate.....	34
Tabla 7. Tasa de respiración	39
Tabla 8. Características de los tratamientos y formulaciones	48
Tabla 9. Diseño factorial del recubrimiento.....	49
Tabla 10. Proceso de obtención de la almendra de mango	52
Tabla 11. Almendras secas.....	52
Tabla 12. Gelatinización de almidones	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composición química de amilosa (Kader, 2011).....	26
Figura 2. Tomate Solanum lycopersicum (SAGARPA 2017).....	27
Figura 3. Coloración del tomate saladette (Garza y Molina 2008).....	35
Figura 4. Comparación de extracción de almidón con otros autores (Fuente: Elaboración propia).....	54
Figura 5. Rampa de viscosidad almidón extraído de la semilla de mango Tommy Atkins (Fuente. Elaboración propia).	57
Figura 6. Pérdida de peso (Fuente: Autor).....	60
Figura 7. Medición de PH (Fuente: Autor).....	61
Figura 8. Medición de °Brix (Fuente: Autor).....	62

INTRODUCCIÓN

Las frutas y hortalizas son tejidos vivos que están expuestos a un deterioro progresivo después de ser cosechados, ocasionado tanto por factores intrínsecos (fisiológicos y bioquímicos) como por factores extrínsecos (manejo, transporte y almacenamiento), además de la interacción con microorganismos patógenos causantes de distintas enfermedades.

En particular el paso del tiempo conlleva una pérdida de agua por difusión a través de las paredes celulares, lo que causa un arrugado o marchitamiento a medida que las membranas celulares se separan de las paredes, y las hortalizas pierden firmeza. También pueden ser golpeadas y presentar manchas negras. Las hortalizas constituyen un sustrato muy bueno para una alteración rápida, debido a su alto contenido en agua y a que, en su composición, se encuentran presentes numerosas enzimas que, en determinadas condiciones, pueden actuar de forma negativa. Esto obliga a asegurar no sólo su recolección, sino también su conservación a corto o a largo plazo, de forma que lleguen a los mercados de destino en el mejor estado posible (Albretch, 2019).

La alternativa más viable para solucionar esta problemática, la constituye el desarrollo de materiales biodegradables con propiedades funcionales como empaque y que ofrezcan costos competitivos a los materiales de empaque y de plásticos actuales (Morales, 2011).

Los Recubrimientos Comestibles (RC) son considerados una tecnología prometedora y respetuosa con el medio ambiente; son biopolímeros naturales y biodegradables, es decir, que pueden ser obtenidos a partir de recursos naturales o extraídos a partir de los subproductos de las industrias agroindustriales (Elsabee, 2013). Tal es el caso del almidón obtenido de la semilla de mango, del que se pretende realizar un recubrimiento.

Según Culebro en 2017 reportó que la semilla de Mango *Tommy Atkins* se destaca por su alto contenido de carbohidratos (68.89 %) este resultado indica que es una fuente rica en esta biomolécula la cual puede ser aprovechada en forma de almidón y debido a su abundancia y bajo costo de producción causa gran interés en su utilización como componente de películas comestibles y recubrimientos biodegradables (Paladín, 2012). Para la elaboración del recubrimiento es necesario hacer mezclas del almidón con otros compuestos como lo son el quitosano, celulosa, alginato, gelatina, goma guar, pectina de bajo metoxilo; los cuales se han

utilizado para la formulación de recubrimientos, uno de los más empleados, ya que presenta limitaciones por su rápida retrogradación, al unir el almidón con estos componentes se mejoran sus propiedades lo cual hace que sea más resistente a la humedad del medio ambiente y al crear nuevos enlaces promueve una mayor resistencia mecánica y mejora las propiedades de barrera a los gases; de esta manera, se forman películas con mejores propiedades que las obtenidas con el almidón nativo, prolongando la vida útil de los productos en los cuales son aplicados, como es el caso de frutas y hortalizas.

En este tipo de productos los recubrimientos retardan el proceso de senescencia, disminuyen la tasa de respiración, conservan por un tiempo prolongado las características nutricionales, disminuyen la pérdida de peso y mantienen la firmeza de los frutos. Los recubrimientos formulados con almidón modificado se convierten en una alternativa interesante, que permite mantener los atributos físicos, químicos y sensoriales de los productos agrícolas y prolongar su vida útil, reduciendo las pérdidas post cosecha (Ramos, 2018).

La aplicación de las tecnologías apropiadas para mantener la calidad depende del conocimiento de la estructura del fruto, la fisiología y las transformaciones metabólicas (Apatzingan, 2017).

En particular el tomate es una hortaliza de fruto de tipo climatérico, por lo que luego de su cosecha con un estado mínimo de madurez fisiológica, presenta un alza en la tasa respiratoria y producción de etileno, lo cual le permite madurar a un estado de consumo incluso separado de la planta (Escalona *et al.*, 2019). El tomate rojo (*Solanum lycopersicum L.*) contiene alrededor del 90 % de agua, afectando su apariencia, firmeza, marchites y susceptibilidad a las enfermedades. Debido a esta característica se convierte una matriz interesante para la realización de pruebas con recubrimientos.

Por todo lo anteriormente mencionado, el proyecto tuvo como objetivo elaborar un Recubrimiento utilizando el almidón de la semilla del mango *Tommy*, el cual se aplicó a una matriz alimentaria con características de ser altamente perecedera (tomate), para alargar la vida postcosecha; para alcanzar dicho propósito se realizaron una serie de pruebas mediante un diseño experimental de bloques en donde se evaluaron diferentes formulaciones usando el almidón, glicerina y agua, hasta obtener un recubrimiento con características adecuadas.

JUSTIFICACIÓN

En los últimos años se ha incrementado el interés por conseguir que las frutas y hortalizas conserven durante un tiempo más largo sus características sensoriales, nutricionales y microbiológicas, mismas que determinan su calidad y vida útil (Morales, 2011; Pastor, 2010).

El desarrollo de películas y recubrimientos comestibles aplicados a productos hortofrutícolas tanto frescos como mínimamente procesados ha generado recientes avances sobre la vida de anaquel de dichos alimentos. Sin embargo, a pesar de que la información técnica disponible para la elaboración de películas comestibles es amplia, no es universal para todos los productos, lo que implica un reto para el desarrollo de recubrimientos y películas específicas para cada alimento (Morales, 2011).

Dentro de ellos son matrices continuas que pueden estar formuladas a base de lípidos, proteínas y carbohidratos. Siendo aplicados en diferentes frutas y verduras, en la cual nos enfocaremos en el tomate debido a su producción en el estado de Chiapas, la meseta comiteca ocupa el primer lugar en cuanto a producción anual (31,224.90 toneladas), seguidos de Tuxtla Gutiérrez (2,468.54 toneladas), Villa Flores (1,602.93 toneladas) y de Tonalá (340.02) (SIAP,2014) y es uno de los alimentos más consumidos a nivel mundial debido a que pertenece al grupo de los frutos climatéricos, su vida de anaquel es corta, alrededor de 5 días en estado rojo maduro. Por ello, las soluciones más empleadas para alargar la vida útil de hortalizas son por medio de atmosferas controladas o modificadas, sin embargo, estas tecnologías involucran altos costos. Dentro de las alternativas son los recubrimientos comestibles evitando altos costos, mediante el uso de polímeros sintéticos, almidón, compuestos bioactivos. Por lo que el objetivo de este trabajo es realizar un RC a partir del almidón de la semilla de mango, en conjunto con materias primas de carácter biológico empleadas hacia el tomate el cual será utilizado como matriz de prueba.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para cada alimento existe un tiempo finito, después de su producción. Durante el cual el producto mantendrá el nivel requerido de calidad y de seguridad, bajo determinadas condiciones de almacenamiento, este periodo se define como vida de anaquel. El momento en que un alimento es considerado inadecuado para ser consumido, se dice que ha alcanzado el fin de su vida de anaquel. No obstante, la determinación de este punto presenta dificultades en los diferentes tipos de productos, dada la diversidad de factores que intervienen en el deterioro (Albretch, 2019).

Todas las hortalizas frescas empiezan a alterarse tan pronto como son separadas de la planta. Pero mientras que ciertas hortalizas de hoja como la lechuga y las espinacas y también las chauchas, arvejas, coliflores, pepinos, espárragos y tomate se conservan poco tiempo; otras como los tubérculos y las raíces (zanahorias, papas, colinabos, remolacha roja, apio, cebollas) y en menor medida los repollos, se pueden almacenar durante meses (Albretch, 2019).

Todo esto conlleva a la pérdida en producción de alimentos ya que, a nivel mundial un tercio de esta producción se desperdicia o se echa a perder, en el caso de Chiapas es similar, y es que casi el 40% de estos también se desperdicia, siendo el tomate uno de los más desperdiciados desde casa (Álvarez, 2019).

Por ello es necesario implementar sistemas de conservación de alimentos que permitan prolongar su vida útil y así poder conservarlos durante un mayor tiempo. La solución idónea para preservar la calidad global (organoléptica, comercial, microbiológica y nutritiva) de los productos hortofrutícolas y satisfacer las crecientes exigencias de los mercados es el uso de RC a base de almidones no convencionales. Las películas elaboradas con este material permiten disminuir las pérdidas de productos hortofrutícolas además de su abundancia y bajo costo en comparación de otros recubrimientos (Figueroa *et al.*, 2013).

La idea central del proyecto de investigación es aprovechar el almidón obtenida de la semilla de mango (*Tommy Atkins*) para el diseño de un recubrimiento comestible y así prolongar la vida de anaquel del tomate rojo (*Solanum lycopersicum L.*) que servirá como matriz de prueba para la realización del proyecto.

OBJETIVOS

GENERAL

Desarrollar un recubrimiento a partir de almidón obtenido de la semilla de mango para prolongar la vida de anaquel del tomate rojo (*Solanum lycopersicum L.*).

ESPECÍFICOS

- Extraer y caracterizar el almidón de la semilla de mango (*Tommy Atkins*).
- Diseñar el recubrimiento comestible mediante diferentes formulaciones de almidón obtenido de la almendra de la semilla de mango, glicerina y agua.
- Aplicar el recubrimiento sobre una matriz alimentaria (tomate) para evaluar su funcionalidad mediante diferentes determinaciones: pH, pérdida de peso y °Brix.

MARCO TEÓRICO

DETERIORO DE ALIMENTOS

Los alimentos son productos perecederos, con un periodo de conservación limitado que varía en función del producto y que puede ser más o menos largo. Microorganismos patógenos, virus, mohos y levaduras están relacionados con el proceso de deterioro de alimentos.

El deterioro es una alteración negativa de un alimento que afecta su apariencia, su valor nutricional, su estado higiénico y sus características organolépticas. Es importante recordar también que hay ciertas condiciones que aceleran esta descomposición, como la luz, el oxígeno, la temperatura o la humedad (Cheyenne, 2014). Los alimentos pueden ser deteriorados en su calidad física, química o biológica, pero depende del grado de deterioro que sean o no aptos para el consumo humano.

Remitiéndose a lo expresado el deterioro de alimentos ocasiona pérdidas, es costoso y puede influir negativamente en el comercio y la confianza de los consumidores (Cheyenne, 2014).

Clasificación de los deterioros

Los tipos de deterioros de alimentos se clasifican en tres categorías: el deterioro biológico, químico y físico. En un alimento éstos ocurren de manera diferencial, por lo que la vida de anaquel estará determinada por algún tipo de deterioro en particular (González, 2007).

FACTORES QUE CAUSAN EL DETERIORO DE ALIMENTOS: EN FRUTAS Y

HORTALIZAS

Para entender la evolución de las distintas prácticas de conservación de los alimentos es necesario conocer las causas del deterioro y su posible prevención. Entre estas causas podemos distinguir, por su origen, las debidas a agentes físicos, químicos y biológicos. Como se muestra en la tabla 1 a continuación:

Tabla 1. Alteraciones de los alimentos orígenes y consecuencias (frutos y hortalizas)

AGENTES	FACTOR QUE INTERVIENE EN LA ALTERACIÓN DE LOS ALIMENTOS
Físicos	Mecánicas
	Temperatura
	Humedad
	Aire
	Luz
	Etc.
Químicos	Pardeamiento
	Enranciamiento
	Etc.
Agentes biológicos	Enzimáticos
	Parásitos
	Microorganismos -Bacterias -Hongos -Levaduras

Fuente: Aguilar, 2012.

Agentes físicos

Los agentes físicos suelen actuar durante los procesos de cosecha y los tratamientos posteriores. En general, por sí mismos, no suelen alterar las características nutricionales de los alimentos, pero sí su palatabilidad. El hecho más importante es que pueden significar una vía de entrada a las otras alteraciones. Se destacan: A) Las mecánicas, como golpes, cortes, en general sin alteraciones graves, pero que suponen una disminución de la vida útil del alimento. B) La temperatura, ya que las actividades químicas y enzimáticas doblan su velocidad cada 10°C, y por lo tanto aceleran los procesos de descomposición. Asimismo, encontramos nutrientes especialmente sensibles al calor (algunas vitaminas), el cual propicia los cambios de estado de emulsiones o mezclas que contengan agua, al facilitar su desecación. C) La humedad,

facilita el desarrollo de microorganismos D) El aire, que por contener oxígeno puede alterar algunas proteínas produciendo cambios de color, facilitando la oxidación, etc. E) La luz, que afecta el color y a algunas vitaminas (Aguilar, 2012).

Agentes químicos

Los agentes químicos se manifiestan especialmente durante los procesos de almacenamiento de los alimentos. Su efecto puede afectar de forma notable la comestibilidad del alimento: enranciamiento, pardeamiento, etc. Los más notables: A) Pardeamiento no enzimático o reacción de Maillard. Se incluyen aquí una serie de reacciones complejas entre azúcares y compuestos nitrogenados (proteínas), las cuales generan pigmentos marrones. En algunos casos se producen de manera tecnológica (fritos y tostados), pero en otras es espontáneo. El calor y la desecación lo favorecen. B) Enranciamiento de lípidos, que se produce por reacciones de hidrólisis y oxidación. Se forman compuestos volátiles que dan olores y sabores característicos (a rancio). El enranciamiento es más frecuente en grasas insaturadas (aceite, pescados y frutos secos) (Aguilar, 2012).

Agentes biológicos

Finalmente, los agentes más importantes alterantes de los alimentos son de origen biológico, entre los que se pueden diferenciar, los intrínsecos, como las enzimas y los extrínsecos, como parásitos o microorganismos. A) Enzimáticos: algunas enzimas sobreviven a los propios organismos, pudiendo incluso aumentar su actividad. Algunas enzimas cambian la textura de los alimentos (maduración de frutos o reblandecimiento de carne), pero pueden acabar provocando su descomposición. El rigor mortis de los animales, por ejemplo, es debido a cambios enzimáticos ocurridos al faltar la circulación sanguínea y por lo tanto la oxigenación necesaria para el metabolismo aerobio. B) Parásitos o competidores naturales, como insectos, roedores y pájaros, que compiten directamente por la obtención de alimento. C) Microorganismos: Son sin duda los que producen las transformaciones más indeseadas y abundantes. En algunos casos pueden suponer riesgos para la salud de las personas, siendo las infecciones microbianas el problema más grave de la alimentación humana, después del hambre y la sobrealimentación. Cabe destacar que, sin embargo, no todos los efectos son negativos, pues diversos alimentos son producidos total o parcialmente por ellos: los alimentos fermentados. En algunas ocasiones, los microorganismos ya se encuentran en el alimento, en

otras, son oportunistas que se encuentran de diversas maneras en el medio que nos rodea (aire, agua, etc.) Entre los más perjudiciales están las bacterias, tanto por su abundancia como por su elevada tasa de reproducción. Pueden producir toxinas (*Clostridium*) o ser infecciosas por ellas mismas (*Salmonella*, *Listeria*). Otro grupo son los mohos, importantes por la producción de toxinas y por su resistencia a las condiciones más extremas; finalmente, las levaduras, con las transformaciones rápidas más relevantes desde el punto de vista fermentativo (Aguilar, 2012).

CONSECUENCIAS DEL DETERIORO DE ALIMENTOS (IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL)

El deterioro trae consigo implicaciones económicas evidentes, tanto para los fabricantes (deterioro de materias primas y productos elaborados antes de su comercialización, pérdida de la imagen de marca, etc.) como para distribuidores y consumidores (deterioro de productos después de su adquisición y antes de su consumo). La mayoría de los alimentos son susceptibles al deterioro, lo que causa su descomposición y hace dificultosa su distribución en el tiempo y el espacio; es decir, en las épocas de producción la oferta es tal que descienden los precios y en las épocas de no producción se encarecen. Además, que en las épocas de alta producción hay un 40% de pérdidas por deterioro, de esto se desprende que la producción debe ir de la mano con una infraestructura de conservación de los alimentos (Düsseldorf, 2011).

Cerca de una tercera parte del suministro mundial de alimentos se desperdicia anualmente. Como un importante contribuyente, la descomposición de los alimentos representa un problema ambiental, así como un problema ético. Además de los daños físicos, el oscurecimiento y el endurecimiento, los hongos y las levaduras causan desperdicios alimenticios significativos.

A nivel económico, las pérdidas de alimentos que pueden evitarse tienen un impacto negativo directo en los ingresos, tanto de los agricultores como de los consumidores. Puesto que muchos pequeños agricultores viven al margen de la inseguridad alimentaria, reducir las pérdidas de alimentos podría tener un impacto inmediato y significativo en sus medios de vida. Sin duda, la prioridad para los consumidores pobres (hogares en situación de inseguridad alimentaria o de riesgo) es el acceso a productos alimentarios nutritivos, inocuos y asequibles (Düsseldorf, 2011)

MECANISMOS PARA EL CONTROL DEL DETERIORO DE ALIMENTOS

Los sistemas de conservación de los alimentos son aquellos que evitan que las alteraciones antes mencionadas puedan llegar a producirse. Se expondrán en la siguiente tabla de forma sintetizada los tratamientos más generales y los métodos de conservación para los mismos:

Tabla 2. Alteraciones de los alimentos orígenes, consecuencias y métodos empleados

Clasificación de los métodos por:	Método empleado	Acción sobre los microorganismos	Formas de actuación
Temperatura	Refrigeración Congelamiento	Efecto barrero	Se conserva por bajas temperaturas
Altas temperaturas	Escaldado Pasteurización Esterilización	Dstrucción	Por acción del calor
Modificación del contenido de agua	Deshidratación Liofilización Conservación		
Métodos químicos	a) Modificación de las propiedades sensoriales b) No modifica	Adición de alcohol Adición de grasas Adición de azúcares Adición de sales Ahumado Fermentaciones Adición de otras sustancias químicas	Por acción de antisépticos

	las propiedades sensoriales		
Métodos emergentes	Altas presiones Campos eléctricos Campos magnéticos Pulsos luminosos Irradiación Tratamientos de superficies y revestimientos comestibles Encapsulación y liberación controlado		Por acción mecánica

Fuente: Aguilar, 2012

La conservación de alimentos es muy amplia, y los avances tecnológicos aumentan a diario, además la sociedad se encuentra en constante movimiento. En este sentido, una gran ventaja al aplicar un método de conservación a los alimentos es lograr mantenerlos durante largo tiempo, lo cual permite trasladarlos a cualquier lugar y consumirlos en cualquier momento, sin que causen daño a la salud (Aguilar, 2012).

RECUBRIMIENTOS USADOS EN FRUTAS Y HORTALIZAS

Durante el Siglo XVI se practicaba en Inglaterra el “enmantecado”, esto es, el recubrimiento con grasa de productos alimentarios para prevenir también la pérdida de humedad de éstos. En el Siglo XIX se emplearon películas a base de gelatina para la preservación de carnes y otros alimentos, alrededor de los 30’s ya se encontraban comercialmente disponibles ceras parafínicas que se derretían con calor para el recubrimiento de cítricos y en los comienzos de los años 50’s se desarrollaron emulsiones aceite-agua con cera de carnauba para el recubrimiento de frutas frescas y hortalizas.

De mediados de los 50's a mediados de los 80's se realizó bastante trabajo orientado al uso de películas y recubrimientos para extender la vida de anaquel y mejorar la calidad de alimentos frescos, congelados y procesados, el cual se ha reportado tanto en la literatura científica como de patente, las ceras fueron las primeras cubiertas comestibles empleadas en frutas y en los años 1930s se disponía comercialmente de ceras de parafina derretidas en caliente para su aplicación como recubrimiento de manzanas y peras (Pastor, 2010).

En años recientes, se ha reportado que es posible conseguir efectos similares de barrera al vapor de agua y gases en productos tropicales utilizando diferentes mezclas de aceites, ceras y celulosa (Pastor, 2010).

En los últimos años se ha incrementado el interés por conseguir que las frutas y hortalizas conserven durante un tiempo más largo sus características sensoriales, nutricionales y microbiológicas, que es lo que determina su calidad y vida útil, estas características se suelen ver afectadas durante el proceso de postcosecha, almacenamiento y comercialización y aunque hay procesos físicos y químicos que permiten estabilizar y preservar la calidad de los alimentos, normalmente se hace necesario el uso de un envase adecuado para su distribución y almacenamiento que proporcione una adecuada permeabilidad al vapor de agua y a los gases, así como una cierta protección mecánica (Pastor, 2010).

VENTAJAS Y PROPIEDADES QUE PRESENTAN LOS RECUBRIMIENTOS

COMESTIBLES

Un recubrimiento comestible (RC) o película comestible (PC) es un material de envoltura (empaque) delgado empleado en la industria de alimentos y que puede ser consumido como parte del mismo, debido a que proviene de polímeros biodegradables, no tóxicos y que ayudan a incrementar la calidad de los alimentos durante su conservación (Sánchez-González *et al.*, 2011). Según (Falguera *et al.*, 2011) las películas y recubrimientos deben presentar ciertas exigencias funcionales que permitan controlar o aminorar las causas de alteración de los alimentos a recubrir, algunas de estas ventajas y propiedades son:

- Ser libres de tóxicos y seguros para la salud.
- Deben requerir una tecnología simple para su elaboración.

- Ser protectores de la acción física, química y mecánica.
- Presentan propiedades sensoriales: deben ser transparentes y no ser detectados durante su consumo.
- Mejoran las propiedades mecánicas y preservan la textura.
- Prolongan la vida útil de alimentos a través del control sobre el desarrollo de microorganismos.
- Pueden regular distintas condiciones de interfase o superficiales del alimento, a través del agregado de aditivos como antioxidantes, agentes antimicrobianos y nutrientes.
- Presentan propiedades de barrera como transferencia de distintas sustancias, adecuada permeabilidad al vapor de agua, solutos y una permeabilidad selectiva a gases y volátiles, desde el alimento hacia el exterior y viceversa.

TIPOS DE RECUBRIMIENTOS

Recubrimientos elaborados a base de almidón

En la actualidad debido a su abundancia y bajo costo de producción, existe un gran interés en la utilización de almidón como componente de películas comestibles y recubrimientos biodegradables (Palacín, 2012)

Las películas elaboradas a partir de este carbohidrato son claras, flexibles, transparentes y presentan excelentes barreras al oxígeno. Sin embargo, sus propiedades de barrera frente a la humedad. No son tan buenas y sus propiedades mecánicas son muy inferiores a las películas sintéticas.

Los recubrimientos comestibles a partir de almidones obtenidos en fuentes como arroz o yuca. Han sido aplicados en toronja, piña, guayaba, pera y mango con la adición de ácido ascórbico, ácido cítrico, lactato de calcio, L. de cisteína y fungicidas. Estos recubrimientos disminuyen la tasa de respiración, retrasan la pérdida de peso por deshidratación, retardan la pérdida de firmeza y pigmentación causada por microorganismos. Inhiben el pardeamiento enzimático y reacciones metabólicas asociadas con la maduración, promueven la conservación de

propiedades mecánicas y conservan características sensoriales retrasando la maduración e incrementando la vida útil de la fruta.

Hidroxipropilmetilcelulosa y ceras

Una mezcla de hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC), cera de abeja (BW) y goma laca en formulaciones de recubrimientos extiende la vida útil de naranjas, mantiene su calidad nutricional y sensorial, además proporciona brillo a la fruta. Los derivados de celulosa proporcionan una buena barrera a la humedad, mantienen la frescura y firmeza en peras, manzanas, bayas y melocotones.

Las ceras han sido aplicadas en cítricos, melones y peras. Otorgándoles brillo a las frutas y disminuyendo la pérdida de firmeza. En manzana la goma laca proporciona esas mismas propiedades a la fruta, sin embargo, cuando la fruta es sometida a cambios de temperatura al pasar de una cámara frigorífica a estantes de exhibición, se forma una capa cerosa blanca en la superficie de la fruta (Vázquez, 2013).

Recubrimientos de cera natural (candelilla) adicionando aditivos como *aloe vera* y *ácido elálgico* en manzana, plátano y aguacate con procesamiento mínimo, incrementan la vida útil de las frutas.

En cereza y uvas recubrimientos de aloe vera, disminuyen la pérdida de humedad, mantienen la firmeza, controlan la respiración y el desarrollo de maduración en las frutas, además de retrasar el pardeamiento oxidativo y reducir la proliferación de microorganismos (Vázquez, 2013).

Recubrimientos elaborados a base sábila

La penca de sábila (*aloe barbadensis Miller*) se utilizó en civilizaciones antiguas con fines Fito terapéuticos. De ella existen en el mundo aproximadamente 300 especies, la más comercializada es la barbadensis, que tiene gran acogida en el mercado y se utiliza como antioxidante, antiinflamatorio, estimulante de los procesos digestivos, activador del sistema inmunológico y cicatrizante. Concretamente el gel mucilaginoso de aloe vera, gracias a la actividad biológica de sus componentes, ha tenido diversas aplicaciones como ingrediente de alimentos funcionales, helados, bebidas a base de frutas, yogures, también en cosmetología y medicina como antiviral, desinfectante, vermífugo, fungicida entre otros.

Se ha evaluado la aplicación de aloe vera como recubrimiento comestible en cereza dulce y en uva de mesa, con resultados bastante satisfactorios con relación a la conservación de las

características sensoriales, el control de la actividad respiratoria, la pérdida de humedad, el pardeamiento enzimático y la reducción en la proliferación de microorganismos a los 16 y 35 días respectivamente (Vázquez, 2013).

Recubrimientos elaborados a base de quitosano

El quitosano (CH) es uno de los polisacáridos más utilizados, el mismo se obtiene del exoesqueleto de crustáceos, alas de algunos insectos, paredes celulares de hongos, algas y otros, mediante la desacetilación parcial de la quitina (Kucukgulmez *et al.*, 2011), ofrece un amplio potencial que puede ser aplicado a la industria alimentaria debido a sus propiedades fisicoquímicas particulares, tales como biodegradabilidad y biocompatibilidad con los tejidos humanos. Este compuesto de origen biológico se ha convertido en los últimos años en el preferido debido a su capacidad para formar RC y PC, por no ser tóxico, su abundancia en la naturaleza y a sus propiedades antimicrobianas y antifúngicas que lo hacen ser de vital interés para la preservación de muchos alimentos (Aider, 2010).

En la literatura se ha confirmado que la capacidad fungicida del quitosano está correlacionada en gran medida con su concentración, encontrando a su vez que medios suplementados con altas concentraciones de quitosano son capaces de inhibir el crecimiento de micelios, en patógenos tales como *Alternaria alternate*, *Bipolaris oryzae*, *Botrytis cinerea*, *Cladosporium cucumerinum*, *Fusarium oxysporum*, entre otros.

Los recubrimientos de quitosano han sido aplicados en lichi, papaya, mango, pera, mandarina, fresa, frambuesa y carambola. En frambuesa se ha observado que disminuye la pérdida de peso, retrasa cambios en el color, acidez titulable y pH durante el almacenamiento, además mejora la calidad de la textura en la fruta congelada y descongelada.

Se ha estudiado el quitosano con otros compuestos como el ácido oleico mejorando la actividad antimicrobiana del polímero y la permeabilidad al H_2O . Recubrimientos con quitosano y ácido glutámico retardan los cambios en las antocianinas, flavonoides y compuestos fenólicos, responsables en los principales cambios de litchi. En plátano, recubrimientos de quitosano combinado con ácido giberélico reduce la pérdida de peso y mantiene el color, firmeza, acidez, sólidos solubles totales y contenido de ácido ascórbico, prolongando la vida útil de la fruta (Romanazzi *et al.*, 2010).

Recubrimientos elaborados a base de gluten de trigo proteína de leche y soya

Proteínas vegetales como gluten de trigo con etanol, hidróxido de amonio y glicerol, en formulaciones de recubrimientos aplicados en fresa, conservan el sabor de la fruta por más tiempo (5 días) sin embargo, no presentan buenas propiedades de barrera al agua. Al adicionarle a la formulación, cera de abeja, ácido esteárico, ácido palmítico reducen la pérdida de peso hasta un 50%, comparándola con un recubrimiento sin lípidos (Vázquez, 2013).

En pasas y cacahuete, recubrimientos de proteína de leche proporcionan una barrera al O_2 y a la humedad.

Pérez-Gago Serra, Alonso, Mateos y del Rio (2005), elaboraron un recubrimiento a partir de proteína de suero de leche hidroxipropilmetilcelulosa, como fase hidrófila y cera de abeja y carnauba como fase lipídica, para cubrir rebanadas de manzana logrando una reducción del oscurecimiento enzimático. Los autores atribuyen este efecto a la alta propiedad de barrera del oxígeno que presentan estas proteínas.

Estos mismos autores demostraron que se incrementa el poder antioxidante del ácido ascórbico, cisteína y 4-hexilresorcinol en rebanadas de manzana, al adicionarlos en revestimientos de concentrado de proteína de suero y cera de abejas.

Recubrimientos formulados con una mezcla de proteína de soya y almidón de yuca han mostrado retardar la pérdida de peso en fresas durante su almacenamiento e impiden la deshidratación de la fruta, debido al carácter anfifílico y emulgente de la proteína, conservan los atributos sensoriales como el color, aroma, acidez y textura.

Los recubrimientos a base de proteína de soya en cerezas, presentan buena barrera al vapor de agua (Stathopoulos *et al.*, 2011), mientras que en kiwi y manzana retardan el proceso de senescencia. En nuez y manzana, han sido aplicados recubrimientos a base de zeína obtenida de gluten de maíz. Esta proteína combinada con ácido oleico como plastificante, reduce la pérdida de peso durante el almacenamiento de peras. (Vázquez, 2013).

PRUEBAS DE CALIDAD EN EL USO DE RECUBRIMIENTOS

Las propiedades mecánicas, como flexibilidad y tensión, las propiedades ópticas como brillo y opacidad, la barrera que proporcionan contra el flujo de gases, la aceptabilidad sensorial y la resistencia estructural contra agua y microorganismos.

Retardar el crecimiento microbiano y servir como barrera protectora para reducir respiración, retardando el proceso de senescencia y preservando la calidad, entre las ventajas que ofrecen los recubrimientos comestibles esta las propiedades antimicrobianas, permeabilidad selectiva a gases (CO₂ y O₂), mejor apariencia, buenas propiedades mecánicas, biodegradabilidad, no son tóxicos, son amigables con el ambiente y de bajo costo (Andrade *et al.*, 2013)

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS RECUBRIMIENTOS

Las propiedades físicas más importantes para los recubrimientos comestibles Se encuentran: color, opacidad aparente, transparencia, solubilidad, permeabilidad al vapor de agua y a los gases (oxígeno, monóxido de carbono, etileno), y aquellas relacionadas con la resistencia mecánica.

Las características físicas generalmente se agrupan entorno a propiedades de espesor, propiedades de barrera y propiedades mecánicas de las características antes mencionadas sobresale su importancia en cuanto a su desempeño físico y aplicación tecnológica las propiedades mecánicas y de barrera. Dentro de los principales factores que afectan las características físicas de las películas se encuentran los que tienen influencia directa con las condiciones de la elaboración de las mismas (Arreola *et al.*, 2019).

Espesor

El espesor de las películas ha sido evaluado en función del método de elaboración; este se puede determinar mediante un medidor electrónico de espesores o por microscopía electrónica de barrido (SEM) siendo la primera técnica la más rápida y simple; las propiedades mecánicas y de barrera dependen del espesor de las películas; en la literatura se ha informado valores de espesores para películas de biopolímeros, en un amplio rango, lo que indica la dependencia de este parámetro con la composición y las condiciones del procesamiento.

Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas permiten predecir la durabilidad de la película comestible y en un momento dado la integridad del alimento. La interacción entre la proteína y pequeñas moléculas, como agua, plastificantes, lípidos y otros agentes dispersantes. Tienen efecto en las propiedades mecánicas de la película comestible. Las propiedades mecánicas que mayormente se determinan son la fuerza y el porcentaje de elongación al quiebre, el cual representa la

habilidad de la película a estirarse. Las propiedades mecánicas de los RC dependen en gran medida de la composición y estructura de los ingredientes. Por lo tanto, la elección de las sustancias a emplear y/o aditivos activos a añadir están totalmente relacionadas con la función para la cual se desea utilizar la cobertura comestible, la naturaleza del alimento y el método de aplicación.

La efectividad de las películas comestibles depende en gran parte de las propiedades mecánicas y de barrera que posean, las películas con sus propiedades físicas, la estructura y de las interacciones entre los componentes de la matriz de las películas y el efecto de éstas en sus propiedades mecánicas y de barrera. (Arreola *et al.*, 2019).

Propiedades de barrera

La aplicación de las películas comestibles se debe en gran medida a las propiedades de barrera a gases y/o vapores que presentes, ya que estos pueden influir en diferentes procesos que pueden ocurrir en los alimentos (oxidación, cambios de textura por pérdida o ganancia de humedad, pérdida de aroma, entre otros) y por lo tanto inducir en su calidad final (Arreola *et al.*, 2019).

PROPIEDADES QUÍMICAS

Hidrocoloides: polisacáridos y proteínas

Los polisacáridos son los hidrocoloides que más se utilizan como recubrimientos en frutas y hortalizas, estos forman parte de la mayoría de las formulaciones actualmente aplicadas. Estos presentan buenas propiedades de barrera a los gases y pueden adherirse a las superficies de frutas y hortalizas troceada; los polisacáridos o proteínas forman recubrimientos con buenas propiedades mecánicas y son una buena barrera para los gases O₂ y CO₂, pero no impide suficientemente la transmisión de vapor de agua (Espinoza, 2015).

Los polisacáridos más utilizados y abundantes en la naturaleza para la formación de recubrimientos en frutas y hortalizas son celulosa, almidón y quitosano.

Aceites esenciales

Son mezclas de varias sustancias químicas biosintetizadas por las plantas que dan el aroma característico a algunas flores, árboles, semillas y a ciertos extractos de origen animal. Son intensamente aromáticos, no grasos, volátiles y livianos. Son insolubles en agua, levemente

solubles en vinagre, y solubles en alcohol, grasas, ceras y aceites vegetales. Se oxidan por exposición al aire. Los principales componentes de los AE con actividad antimicrobiana son compuestos fenólicos como terpenos, alcoholes alifáticos, aldehídos, cetonas, ácidos e isoflavonas (Balwin *et al.*, 2013).

Proteínas

Las proteínas constituyen el material de base de una gran parte de películas comestibles. Su carácter eminentemente hidrófilo, debido a la presencia de grupos funcionales polares en su composición, las hace apropiadas para su aplicación en una amplia variedad de productos con superficie hidrófilas.

Proporcionan buenas propiedades de barreras frente a gases permeantes como O₂ y CO₂, pero frente al vapor de agua. Los recubrimientos proteicos se producen a partir de recursos renovables, y se pueden degradar más fácilmente que otros tipos de materiales poliméricos (Balwin *et al.*, 2013).

OTROS COMPONENTES

Plastificantes

Los plastificantes se añaden para incrementar la flexibilidad y resistencia al corte, así como para reducir el carácter quebradizo; actúan disminuyendo las fuerzas intermoleculares en las cadenas del polímero produciendo un descenso en la fuerza de cohesión, en la tensión y en la temperatura de transición vítrea. Los plastificantes comestibles comúnmente usados son glicerol, sorbitol, polietilenglicol, propilenglicol y sacarosa. Los que presentan en general mayor poder plastificante (y en este orden) son el polietilenglicol, glicerol y sorbitol, la adición de esta mejora las propiedades mecánicas de las películas o recubrimientos a base de polisacáridos o proteínas, aunque, en función del tipo, cantidad y peso molecular del plastificante adicionado, puede disminuir la efectividad de la película como barrera de agua, gases, aromas o lípidos (Arreola *et al.*, 2019).

PROPIEDADES ANTIMICROBIANAS

En la mayoría de productos frescos o procesados, la contaminación microbiana se lleva a cabo y con una alta intensidad sobre la superficie del alimento, por lo tanto, se requiere un efectivo sistema de control de crecimiento de dicha biota. Tradicionalmente, los agentes

antimicrobianos son adicionados directamente a los alimentos, pero su actividad puede ser inhibida por diferentes sustancias que forman parte del alimento, de manera que se puede disminuir su eficiencia. En tales casos, la implementación de películas o recubrimientos antimicrobianos puede ser más eficiente que los aditivos que se utilizan en el producto alimenticio, ya que desde éstos se puede migrar selectiva y gradualmente compuestos desde el empaque a la superficie del alimento (Quintero *et al.*, 2010).

Diversos agentes antimicrobianos han sido acarreados en Películas Comestibles (PC) y Recubrimientos comestibles (RC), un conjunto de ellos es: ácido sórbico, ácido benzoico, benzoato de sodio, ácido cítrico y sorbato de potasio. De igual manera bacteriocinas tales como nisina, pediocina y natamicina. Esta última fue transportada en RC de quitosano y permitió liberar dicho compuesto de forma controlada logrando un efecto sinérgico entre ambos componentes sobre el crecimiento de la biota contaminante (Romanazzi *et al.*, 2010)

Algunos Compuestos antimicrobianos, con la finalidad de proporcionarles mayores atributos como es el control de microorganismos. Entre ellos el uso de aceites o extractos naturales como agentes antimicrobianos tiene la función de disminuir el uso de conservadores químicos y sus intoxicaciones (Rodríguez, 2011).

Otro que ha sido usado como un agente antimicrobiano es el quitosano: es un biopolímero, que ofrece un amplio potencial que puede ser aplicado a la industria alimentaria debido a sus propiedades fisicoquímicas particulares, tales como biodegradabilidad, biocompatibilidad con los tejidos humanos, el no ser tóxico y en especial sus propiedades antimicrobianas y antifúngicas. Estos aspectos lo hacen de vital interés para la preservación de alimentos y las tecnologías emergentes (Quintero *et al.*, 2010).

AGENTES ANTIOXIDANTES EN LOS RC

Las frutas y verduras son ricas en compuestos antioxidantes. Sin embargo, después de la cosecha, la respiración de las frutas aumenta, así como la producción de etileno, induciendo a la maduración y senescencia, la oxidación de las frutas daña la calidad visual, acelera el envejecimiento y reduce el contenido de compuestos antioxidantes. En las frutas mínimamente procesadas la principal limitante es la poca firmeza de los tejidos y el oscurecimiento de la zona cortada, para contrarrestar esta problemática se pueden adicionar agentes antioxidantes a la formulación de los RC. Varios investigadores han adicionado agentes antioxidantes a los RC

(ácido ascórbico, ácido cítrico, propóleo y aceites esenciales) para cubrir frutas y verduras en fresco, así como mínimamente procesadas (mango, lechuga, aguacate, papa) y han aportado que reduce notablemente la oxidación de la fruta, aumenta el contenido de fenoles totales y de vitamina C además de reducir la pérdida de peso) (Ramos *et al.*, 2018).

AGENTES ANTIMICROBIANOS EN LOS RC

Durante el manejo post- cosecha, pueden dañar la epidermis de los frutos u hortalizas la cual es la responsable de proveer la barrera física y química para prevenir el desarrollo de microorganismos en la superficie (Lara *et al.*, 2014), para evitar este efecto, los frutos pueden sumergirse en soluciones acuosas que contengan compuestos antimicrobianos para poder extender la estabilidad microbiana de los frutos y vegetales.

Los RC y películas, pueden proveer un incremento en los efectos inhibitorios contra la pudrición causada por hongos y bacterias patógenas a través de concentraciones efectivas de los compuestos antimicrobianos activos en la superficie de los productos hortofrutícolas. Existen varias categorías de estos compuestos que pueden incorporarse a los RC y películas los cuales incluyen: ácidos orgánicos (acético, benzoico, láctico, propiónico, sórbico), ésteres de ácidos grasos (glicerol monolaurato), polipéptidos (lisozima, peroxidasa, lactoferrina), aceites esenciales de plantas (canela, orégano, limón etc.), nitritos y sulfitos, entre otros (Díaz *et al.*, 2010; Guerrero, 2017).

Los aceites esenciales son una alternativa a los conservadores químicos y su uso cumple la demanda de los consumidores por productos naturales (Sokovic *et al.*, 2010). La actividad de los aceites esenciales ha sido ampliamente estudiada contra muchos microorganismos actividad de los aceites en alimentos es todavía reducida debido al impacto sobre las propiedades sensoriales de los alimentos y a que su actividad puede variar dependiendo de las interacciones que tienen con los componentes del alimento (Díaz *et al.*, 2010; Guerrero, 2017).

USO DE ALMIDONES DE FUENTES ALTERNATIVAS COMO RECUBRIMIENTOS.

Dentro de las fuentes convencionales de extracción de almidones se encuentran los tubérculos como la papa, yuca, maíz entre otros, es por ello por lo que en la actualidad su fabricación se ha convertido en una industria importantísima, sobre todo por la gran demanda de almidones obtenidos de los órganos vegetales. Por eso la industria se ha preocupado de la extracción de

dichos productos a partir de los cereales, raíces y tubérculos que los contienen en mayor cantidad sin embargo su explotación desmedida e impacto ambiental que esto conlleva, se está optando por fuentes alternas de este producto ya que se ha demostrado que la semilla es utilizada con gran provecho, ya que de ésta se puede extraer un almidón de muy buena calidad para consumo humano y uso industrial (Santiago, 2019).

Según Culebro en 2017 reporta que la semilla de Mango *Tommy Atkins* se destaca por su alto contenido de carbohidratos (68.89 %) este resultado indica que es una fuente rica en esta biomolécula la cual puede ser aprovechada en forma de almidón y debido a su abundancia y bajo costo de producción causa gran interés en su utilización como componente de películas comestibles y recubrimientos biodegradables (Palacín, 2012).

Ordoñez y colaboradores en el 2014. Emplearon el almidón de yuca en una matriz a base de pimiento, dentro de las formulaciones empleadas integró glicerina como agente plastificante y glicerina con pureza 99.9% como agente plastificante; Tween 80 que confiere estabilidad a las emulsiones y mejora la adhesión del recubrimiento.

Los resultados más importantes fueron que las concentraciones 1000 y 2000 ppm obtenidas de la aplicación del RC elaborado a partir de almidón modificado de yuca y aceite esencial del tomillo permitió prolongar la vida postcosecha del pimentón al retardar la pérdida de peso, firmeza y color, así como el deterioro por acción de microorganismos, incrementando de esta manera el tiempo de comercialización.

Por su parte, Figueroa y colaboradores en el 2013 mencionan el diseño de RC elaborado a partir de almidón nativo y oxidado de yuca aplicado en una matriz de mango (*Tommy Atkins*). Dentro de las formulaciones se realizaron películas de almidón nativo y oxidado de yuca (15%), con glicerol como plastificante (10%) y un compuesto lipídico (3%). Durante la experiencia se determinó la tasa de respiración, pérdida de peso, acidez titulable, sólidos solubles totales (SST) y pH del mango, durante 16 días de almacenamiento a temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$. El uso de recubrimientos logró disminuir significativamente ($p < 0.05$) el índice de respiración y transpiración de los frutos. El almacenamiento del mango tratado con almidones oxidados de yuca (AOL), resultó ser el mejor tratamiento ($p < 0.05$) en la retención de las propiedades fisicoquímicas evaluadas.

Por otro lado, García y colaboradores *en el* 2016 diseñó recubrimientos comestibles a base de almidón de plátano Guayabo (*Musa paradisiaca* L.), con adición de glicerol y quitosano, con el fin de evaluar su aplicación en el comportamiento en postcosecha de frutos frescos de fresa (*Fragaria* spp.) durante el almacenamiento en condiciones de refrigeración. Se estudiaron algunas propiedades fisicoquímicas como Pérdida de Peso, pH, Sólidos solubles totales (°Bx), Humedad, Actividad de Agua y Acidez Titulable, y sensoriales como Color y Firmeza de la epidermis. La incorporación de almidón y quitosano en las soluciones filmogénicas produjo un incremento en la acidez titulable, al igual que contribuyó al control en la pérdida de peso y las características sensoriales de los frutos analizados. El quitosano no afectó de manera significativa el pH, los sólidos solubles, la actividad de agua ni la humedad de las fresas. De acuerdo con los resultados se estableció que la formulación de recubrimiento más adecuada para prolongar la vida útil de las fresas fue aquella que contenía 4% de almidón de plátano, 2% de glicerol y quitosano al 1.5%.

RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES APLICADOS EN TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.)

Algunos de los experimentos que han utilizado como matriz el tomate. Entre ellos, Perdomo e Insuasti comprueban el efecto del aloe vera, extracto etanólico de propóleo y aceite esencial de naranja sobre el tomate (*Solanum lycopersicum*) donde se encontró mayor eficacia en la tasa de respiración durante los días de evaluación respecto al tratamiento testigo, pero el recubrimiento más eficiente resultó ser el aceite esencial de naranja, ya que presentó mejores resultados en pérdida de peso, firmeza, acidez titulable y tasa de respiración (Perdomo *et al.*, 2015),

Efecto del recubrimiento a base de almidón de yuca modificado sobre la maduración del tomate, en los resultados que obtuvieron presentaron retraso en la maduración y manteniendo las condiciones de calidad del tomate por un periodo de 4 días y con un 4.64% de pérdida de peso y firmeza entre 2.54 y 8.91 Newton hasta el día 22 (Barco *et al.*, 2011).

Efecto de recubrimiento comestible con base en lactosuero y miel sobre la vida de anaquel de tomates. Los recubrimientos con lactosuero presentaron menor pérdida de peso durante la maduración, extendiendo la vida útil, mejorando la calidad y valor agregado a los frutos. La presencia de miel en el recubrimiento permitió un efecto positivo en el color de los frutos, proporcionando mayor luminosidad a los frutos, lo cual hace más atractivo al producto para su

consumo y comercialización, no evidenció cambio significativo del pH durante el proceso de maduración. El uso de miel y lactosuero permiten aumentar la vida de anaquel de frutos climatéricos, así como el aumento de su calidad (Vela *et al.*, 2018).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la aplicación del recubrimiento a base de almidón nativo sobre las propiedades del tomate (*Solanum lycopersicum*), para mantener su calidad a temperatura ambiente e incrementar su vida útil: los dos almidones nativos empleados fueron de maíz (Maizena) y de yuca variedad a los cuales realizaron pruebas reológicas, posterior prepararon dos soluciones con cada almidón en concentración de sólidos al 3% y 4% y realizaron pruebas de densidad. Con las soluciones que realizan elaboran películas mediante casting, a las películas de almidón de maíz y yuca (ambas en concentración al 3% y 4%) evaluaron propiedades ópticas, físicas, mecánicas y térmicas, obteniendo que las películas de almidón de yuca 4% tiene mejores resultados frente a las demás. con esta solución procedieron a realizar recubrimiento, la aplicación fue de forma manual uniformemente en la hortaliza (Astudillo *et al.*, 2017).

ALMIDÓN

El almidón es uno de los materiales crudos más comúnmente empleados en la agricultura ya que es económico, está fácilmente disponible y es relativamente fácil manipular. La amilosa es el compuesto responsable de la formación de películas en el almidón y su uso para tal fin se ha extendido en los últimos años. Las películas elaboradas a partir de este carbohidrato son claras, flexibles, transparentes y presentan excelentes barreras de oxígeno.

El almidón es una fracción importante de un gran número de productos agrícolas, como los cereales (maíz, trigo, arroz), cuyo contenido de este carbohidrato es de 30 a 80%, las leguminosas (frijol, chícharo, haba), con 25 a 50%, los tubérculos (papa, yuca), en los que el almidón representa entre 60 y 90%, y algunas frutas, como el plátano y el mango, que en su estado verde o inmaduro alcanzan (Astudillo *et al.*, 2017).

PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN

Espesante

Por su capacidad de hinchamiento en solución, el almidón es un espesante de bajo costo utilizado en productos alimenticios, gomas y adhesivos.

Vehículo

Su compatibilidad con ingredientes diversos lo hacen un excelente vehículo o extensor de diversos productos alimenticios, industriales y farmacéuticos.

Gelificante

Las cualidades de retrogradación de los almidones, permiten usarlos como gelificante en diversos productos. Principalmente del sector alimenticio.

Sustrato de fermentación

Su alta pureza permite a los almidones una excelente funcionalidad como fuente de carbohidratos fermentables.

Agente de acabado

La propiedad forma película resistente y lisa, es aprovechada para dar acabado en superficies en diferentes tipos de industrias.

Aglutinante la capacidad de formar pastas viscosas, permite al almidón la posibilidad de uso como ligante o aglutinante de una amplia gama de ingredientes.

Control de textura

Tanto crudo como en dispersión, el almidón funciona como un eficaz medio para el control de la consistencia de diversos productos.

Agente de moldeo

El almidón crudo tiene la capacidad de retener formas estampadas sobre su superficie, cualidad importante en la industria alimentaria principalmente (Hernández *et al.*, 2014).

ESTRUCTURA DEL ALMIDÓN

Amilosa

La amilosa es la que origina el color azul que se produce cuando el almidón reacciona con el yodo. Se puede separar de la amilopectina mediante la formación de un complejo insoluble con un líquido apropiado como el alcohol butílico. La enzima β -amilasa, que está presente en los cereales, hidroliza casi en su totalidad la amilosa en maltosa (Santiago, 2019).

La amilosa es un polímero esencialmente lineal, formado por unidades de D-glucosa unidos por enlaces α (1-4); sin embargo, se ha demostrado la presencia de algunas ramificaciones las cuales están unidas por enlaces α (1-6). Dichas ramificaciones se encuentran de manera espaciada e infrecuente, lo que permite observar que se comporte como un polímero lineal. Esta molécula está formada por una hélice o de tubo con seis moléculas de yodo y esta interacción es responsable de la coloración azul.

La mayoría de los almidones contienen alrededor del 25% de amilosa. Los dos almidones de maíz comúnmente conocidos como ricos en amilosa que existen comercialmente poseen contenidos aparentes de masa de alrededor del 52% y del 70-75%. El peso molecular de la amilosa varía de aproximadamente 10,000 a 50,000 lo que corresponde a un valor de entre 70 y 350 unidades de glucosa.

La amilosa tiene una masa molar de $1; 10^5$ - $1; 10^6$ da con un promedio de 500 a 6000 unidades de D-glucosa, repartidas en un número de cadena que va de 1 a 20. Cada cadena presenta un grado de polimerización (GP) promedio de 500 (GP número de unidades de glucosa que se encuentran unidas en una cadena (Santiago, 2019).

Es producto de la condensación de D-glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos a (1,4), que establece largas cadenas lineales con 200-2 500 unidades y pesos moleculares hasta de un millón; es decir, la amilosa es una α -D-(1,4)-glucana, cuya unidad repetitiva es la α -maltosa. Tiene la facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal en la que cada vuelta de la hélice consta de seis moléculas de glucosa (Santiago, 2019).

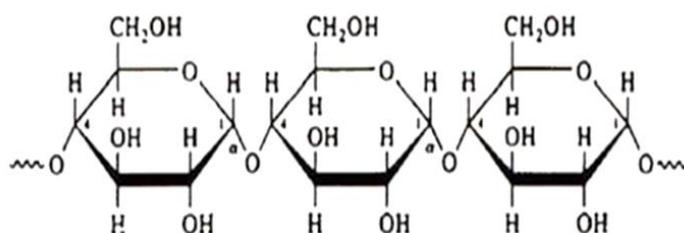


Figura 1. Composición química de amilosa (Kader, 2011).

TOMATE



Figura 2. Tomate *Solanum lycopersicum* (SAGARPA, 2017).

TAXONOMÍA

El tomate cultivado, *Solanum lycopersicum* L., es miembro de la pequeña sección Lycopersicon junto con sus 12 parientes silvestres. Cuatro especies adicionales de las secciones Juglandifolia y Lycopersicoides tradicionalmente se consideran parientes silvestres del tomate. El tomate pertenece a la familia Solanaceae, cuyo nombre científico es *Solanum lycopersicum* L. (Snapp *et al.*, 2016). Todas estas especies son endémicas de América del Sur, entre las regiones de Bolivia, Perú y Ecuador, sin embargo, algunos consideran que es originario de México (Inta, 1999), pero cabe mencionar que México es donde este cultivo fue domesticado (Catie, 1990). Pero el tomate cultivado en sí mismo ha logrado una distribución mundial con la ayuda de las poblaciones humanas.

El tomate es una especie dicotiledónea pertenecientes a las familias de las solanáceas. Esta familia, es una de las más grandes e importantes entre las angiospermas, comprende unas 2,300 especies agrupadas en 96 géneros (Arcy, 1991; Knapp, 2016).

Tabla 3. Taxonomía del tomate (*Solanum lycopersicum*)

Clase	Dicotiledónea
Orden	<i>Solanales</i>
Familia	<i>Solanáceas</i>
Subfamilia	<i>Solanoideae</i>
Tribu	<i>Solaneae</i>
Género	<i>Lycopersicon</i>
Especie	<i>S. lycopersicum</i>
Nombre científico	<i>Solanum lycopersicum</i> L.
Nombre común	Tomate, jitomate

Fuente: Alcocer Duarte, 2012

CARACTERÍSTICAS DEL TOMATE

Las plantas de tomate, tienen un sistema radical compuesto por una raíz principal o pivotante, de la que se originan raíces laterales y fibrosas pudiendo lograr los 1.5 mts de radio. Más del 80% de las raíces se profundizan entre los 20 y 45 cm, aunque en condiciones apropiadas pueden llegar hasta los dos metros. Es muy frecuente la formación de raíces adventicias, especialmente en los nudos inferiores del tallo principal, siempre y cuando esta parte de la planta esté en contacto con suelo húmedo.

El fruto del tomate consiste en una valla de formas, dimensiones y número de lóculos variables según el cultivar. Dependiendo de la forma, los frutos del tomate pueden ser redondeados, aplanados, ovalados, semi ovalados, alargados, en forma de uva o pera, etc. La superficie puede ser liza o rugosa, la cantidad de lóculos pueden ser de dos o más, aunque la mayoría de las variedades típicas industriales y las especies silvestres de frutos muy pequeñas son de dos lóculos, mientras que las de consumo fresco (generalmente de fruto grande) poseen varios lóculos, 8 – 10 o más (Navarro, 2011).

VARIEDADES DE TOMATES.

Tipo Beef: Plantas vigorosas hasta el 6º-7º ramillete, a partir del cual pierde bastante vigor coincidiendo con el engorde de los primeros ramilletes. Frutos de gran tamaño y poca

consistencia. Producción precoz y agrupada. Cierre pistilar irregular. Los mercados más importantes son el mercado interior y el exterior (Estados Unidos).

Tipo Marmande: Plantas poco vigorosas que emiten de 4 a 6 ramilletes aprovechables. El fruto se caracteriza por su buen sabor y su forma acostillada, achatada y multilocular. Puede variar en función de la época de cultivo.

Tipo Vemone: Plantas finas y de hoja estrecha, porte indeterminado y marco de plantación muy denso. Frutos de calibre G que presentan un elevado grado de acidez y azúcar, inducido por el agricultor al someterlo a estrés hídrico. Su recolección se realiza en verde pintón marcando bien los hombros. Son variedades con poca resistencia a enfermedades que se cultivan con gran éxito en Cerdeña (Italia).

Tipo Moneymaker: Plantas de porte generalmente indeterminado. Frutos de calibres M y MM, lisos, redondos y con buena formación en ramillete.

Tipo Cocktail: Plantas muy finas de crecimiento indeterminado. Frutos de peso comprendido entre 30-50 gramos, redondos, generalmente con 2 lóculos, sensibles al rajado y usados principalmente como adorno de platos. También existen frutos aperados que presentan las características de un tomate de industria debido a su consistencia, contenido en sólidos solubles y acidez, aunque su consumo se realiza principalmente en fresco. Debe suprimirse la aplicación de fungicidas que manchen el fruto para impedir su depreciación comercial.

Tipo Cereza (Cherry): Plantas vigorosas de crecimiento indeterminado. Frutos de pequeño tamaño y de piel fina con tendencia al rajado, que se agrupan en ramilletes desde 15 a más de 50 frutos. Sabor dulce y agradable. Existen cultivares que presentan frutos rojos y amarillos. El objetivo de este producto es tener una producción que complete el ciclo anual con cantidades homogéneas. En cualquier caso, se persigue un tomate resistente a virosis y al rajado, ya que es muy sensible a los cambios bruscos de temperatura.

Tipo Larga Vida: La introducción de los genes Nor y Rin es la responsable de su larga vida, confiriéndole mayor consistencia y gran conservación de los frutos de cara a su comercialización, en detrimento del sabor. Generalmente, se buscan frutos de calibres G, M o MM de superficie lisa y coloración uniforme anaranjada o roja.

Tipo Liso: Variedades cultivadas para mercado interior e Italia que se comercializan en pintón.

Tipo Ramillete: Cada vez más presente en los mercados. Resulta difícil definir qué tipo de tomate es ideal para ramillete. Generalmente se buscan frutos de calibre M, color rojo vivo, insertos en ramilletes, etc.

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRICIONAL

Composición química

Agua

La mayor parte de las frutas y hortalizas contienen más de 80 g de agua por cada 100 g de producto. Es importante señalar que, dentro de una misma especie, pueden darse considerables variaciones en la riqueza en agua, porque pueden diferir notablemente la de cada una de las células constitutivas. El contenido en agua depende de la cantidad que haya tenido disponible el tejido considerado al efectuarse la cosecha (Dávila-Aviña, 2011).

Componentes Volátiles

Todas las frutas y hortalizas sintetizan diversos compuestos de baja masa molecular relativa. No son cuantitativamente importantes (menos de 100 mg/100 g) pero sí lo son como responsables del aroma de las frutas y en menor grado de las hortalizas (Dávila-Aviña, 2011).

Al parecer tienen una función más ecológica para atraer polinizadores y dispersores de semillas y con ello garantizar la continuidad de la especie (Dávila-Aviña, 2011).

En particular, la calidad del aroma en tomate es una compleja característica, determinada por los componentes del sabor y el aroma (Stevens *et al.*, 1997 citado por Aguilar *et al.*, 2009). Se encontró una significativa relación entre la intensidad del aroma completo y el ácido cítrico y el contenido de fructuosa, así también entre la glucosa. La composición y concentración de los compuestos volátiles puede intensificar la percepción del sabor del jitomate o contribuir a la formación de sabores desagradables; estas concentraciones pueden variar según la variedad, el estado de madurez, el periodo de almacenamiento y tratamientos postcosecha (Dávila-Aviña, 2011).

Licopeno

El licopeno es uno de los seis carotenoides predominantes en el plasma humano. Los demás son: α -caroteno, β -caroteno, β -criptoxantina, luteína y zeaxantina. Los carotenoides proporcionan los colores amarillos, anaranjados y rojos a muchas frutas y verduras. El nombre licopeno fue dado a este carotenoide en 1903 y es derivado del nombre latino del jitomate "*Solanum lycopersicum* L.". El licopeno demuestra un color rojo intenso debido a sus once enlaces dobles conjugados.

PH

El pH informa sobre la acidez del tomate. El pH del zumo se sitúa normalmente entre 4.2 y 4.4, siendo muy raro que se superen estos valores, lo que asegura la estabilidad microbiológica durante el procesado en la elaboración de conservas; este valor de pH hace que el tomate sea un producto relativamente fácil de manejar a nivel industrial. Lo que influye sobre el contenido de sólidos solubles son los factores agrológicos, especialmente la climatología durante el periodo de maduración y el riego, que pueden hacer variar el contenido en °Bx entre 4 y 7. La mayor parte de las variedades contienen entre 4.5 y 5.5 °Bx.

VALOR NUTRICIONAL DEL TOMATE

En cuanto al consumo el tomate fresco, se consume principalmente en ensaladas, cocido o frito y en mucha menor escala se utiliza como encurtido. El valor nutricional del tomate de acuerdo a la FAO, se expone en la tabla 4.

Tabla 4. Valor nutricional del tomate por 100 gramos de sustancia comestible

Residuos %	6.0	Caroteno (mg)	0.5
Materia seca (g)	6.2	Tiamina (mg)	0.06
Energía (Kcal.)	20.0	Riboflavina (mg)	0.04
Proteína (g)	1.2	Niacina (mg)	0.6
Fibra (g)	0.7	Vitamina C (mg)	23
Calcio (mg)	7.0	Valor Nutritivo Medio (VNM)	2.39
Hierro (mg)	0.6	VNM por 100 gr de materia seca	38.5

Fuente: Infoagro, 2020.

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL TOMATE

Tabla 5. Composición nutricional del tomate por 100 gramos de la parte comestible

Compuesto	Cantidad
Calorías	21
Agua	94.3 g
Carbohidratos	3.3 g
Grasas	0.1 g
Proteínas	0.9 g
Fibra	0.8 g
Cenizas	0.6 g
Sodio	9 mg
Calcio	7 mg
Fósforo	19 mg
Hierro	0.7 mg
Vitamina A	1100 U.I.
Tiamina	0.05 mg
Riboflavina	0.02 mg
Niacina	0.6 mg
Ácido ascórbico	20 mg

Fuente: Moreira *et al.*, 2013.

PRODUCCIÓN EN MÉXICO

Los estados productores en orden de importancia son; Sinaloa (867,832.04 ton/año, San Luis Potosí (196,011.25 ton/ año), Michoacán (169,768.98 ton/ año), Jalisco (158,701.46 ton/ año) y Zacatecas (151,691.99 ton/ año (SIAP, 2014).

PRODUCCIÓN DE TOMATE EN CHIAPAS

En el estado de Chiapas, la meseta comiteca ocupa el primer lugar en cuanto a producción anual (31,224.90 toneladas), seguidos de Tuxtla Gutiérrez (2,468.54 toneladas), villa flores (1,602.93 toneladas) y de Tonalá (340.02) (SIAP, 2014).

CAMBIOS DE SUPERFICIE DE PRODUCCIÓN

La superficie dedicada a la producción de tomate ha ido decreciendo gradualmente debido a problemas de plagas, altos costos de producción, fluctuaciones en precios internacionales, cambio de divisa desfavorable y disponibilidad de recursos hídricos limitada.

Según datos de SAGARPA, en el 2008 se estimó más de 9,000 hectáreas dedicadas a la producción protegida de hortalizas, desde las 721 registradas en 1999. Sin embargo, la Asociación Mexicana de Horticultura Protegida (AMHPAC) estima que en la actualidad existen unas 15,000 ha en base a resultados del “Estudio de Oportunidades Externas para el Desarrollo de la Inteligencia Comercial del mercado de Exportación de la Horticultura Protegida Nacional” implementado en la zona noreste de México en 1991.

De la superficie protegida, una gran parte corresponde al cultivo de tomate, siendo los tipos roma, bola y cereza, los más populares en dicha modalidad de producción (Erandy Rizo, 2010).

En México, se producen 9 tipos de tomate, en el año de 2005 se produjeron más de 2.2 millones de toneladas, siendo el tomate Saladette con la mayor producción, superando el millón de toneladas seguido del tomate bola (Navarro, 2011).

La industria del tomate en México, tiene el primer lugar en producción con una cantidad de dos millones 727 mil 691 toneladas, además de que México genera con su producción nacional para exportación la cantidad de más de mil millones de dólares. Esta actividad el año pasado en

invernadero y malla sombra ascendió a mil 200 hectáreas, en su mayoría sembrados de tomates Racimo, Cherry, Bola y Saladette, así como Campari.

Los tres productos hortícolas donde se enfoca más la producción de invernadero en México y que se debe a su alta rentabilidad son el tomate, pimientos y el pepino, existe concentración en las hortalizas producidas bajo invernadero en México: tomate (73%), pimiento (12%) y pepino (11%) en el periodo 2003-2004 (Guantes, 2006).

PLAGAS Y ENFERMEDADES

El tomate puede verse afectado por un buen grupo de plagas, enfermedades y otras alteraciones, especialmente en el cultivo intensivo de invernadero; ya que en el huerto al aire libre suele haber muchos menos problemas de plagas y enfermedades. Entre las principales plagas y enfermedades destacan las siguientes (Tabla 6).

Tabla 6. Principales plagas, enfermedades y fisiopatías del tomate.

Plagas	Enfermedades	Fisiopatías
- Araña roja	- Ceniza u Oídio	- Podredumbre apical
- Vasate	- Podredumbre gris	- fruto
- Mosca blanca	- Botritis	- Golde de sol
- Pulgón	- Podredumbre blanca	- Relajado de frutos
- Trips	- Mildiu	- Carencias de
- Minadores de hoja	- Alternariosis del	- nutrientes
- Orugas de	- Fusarium verticilium	
lepidópteros	- Damping-off	
- Gusano de suelo	- Virus	
- Nematodos		

Fuente: Bastida *et al.*, 2002.

COSECHA Y MANEJO POSTCOSECHA

COSECHA

La cosecha da inicio a los 70 a 90 días después del trasplante cuando el tomate alcanzó el calibre deseado según la variedad utilizada y empieza el fruto a rayarse y/o tener un cambio en su coloración (Nuño, 2007).



Figura 3. Coloración del tomate saladette (Garza y Molina, 2008).

La recolección del tomate cultivado en invernadero inicia cuando los frutos han llegado a su madurez fisiológica, esto se consigue a los 90-100 días después del trasplante, o a los 50- 60 días después de la apertura floral. La madurez fisiológica de un tomate se define como el estado en el cual el fruto alcanzó su tamaño definitivo e inició la maduración en su interior, y a partir de ese momento ya nada ni nadie detendrá el proceso de maduración asociada al color rojo expresado en su exterior. Para saber cuándo un fruto está maduro fisiológicamente, se

puede apreciar un cambio de coloración en la parte externa inferior del fruto el cual presentará una coloración blanquecina en forma de estrella.

De igual forma, se puede observar por dentro del fruto haciendo un corte transversal para observar la pulpa del fruto, la cual mostrará semillas bien definidas y un cambio de coloración de la pulpa de tonalidad verde a rojo. El destino de la producción y la distancia del mercado de los consumidores son factores a considerar para determinar el punto de corte una vez que los frutos han madurado fisiológicamente, pudiendo cosecharse en estado verde maduro, pintón, rosado, rojo, entre otros.

En cada país y en específico en EUA y en Canadá, existe una tabla de escala de colores para determinar el punto o momento de corte de los tomates, siendo esta una herramienta que ayuda en la optimización de las labores relacionadas a la cosecha y post cosecha de los tomates. Para llevar a cabo la recolección se pueden utilizar contenedores de material plástico con capacidad para 20 kg de fruto cada contenedor. El operario de cosecha se auxilia de un carrito diseñado para la cosecha mediante el cual se traslada por las hileras del cultivo visitando cada planta y recolectando solamente aquellos frutos que tienen el color y tamaño previamente definidos para ser enviados al centro de acopio o sala empacadora.

La cosecha se realiza durante la mañana para evitar las horas más soleadas y evitar la deshidratación de los frutos durante su traslado del invernadero hacia el centro de acopio o sala empacadora. Para el buen funcionamiento y optimización de la producción, se cosechará de acuerdo a un programa establecido en el cual se dividirá el número total de invernaderos en 2 partes, para cosechar cada 2 días la totalidad de invernaderos. Este plan o estrategia se modificará de acuerdo a las necesidades de recolección tomando en cuenta el grado de maduración en función de la planta y las condiciones climáticas, siendo necesario en ocasiones dejar de cosechar por condiciones del clima. Por el contrario, cuando las condiciones de lluvia o nubosidad en las cuales la maduración se retrasa, y la luminosidad excesiva acelera la maduración es necesario cosechar diariamente todos los invernaderos.

Se utilizan remolques y tractor para el acarreo del tomate recolectado, siendo recomendable colocar una lona o malla sombra sobre el remolque para proteger los frutos de la incidencia directa del sol y el aire, ya que estos factores provocan deshidratación y decaimiento de la calidad de los tomates. En caso de que los tomates vayan a empacarse con todo y pedúnculo

por requerimiento del mercado, entonces se recomienda utilizar papel separador en las cajas de recolección, colocando un papel entre cada tanda de producto cosechado, para evitar que los frutos se pinchen entre sí durante el acarreo del invernadero al centro de acopio o sala empacadora. Es de suma importancia la supervisión de los trabajos de recolección ya que aquellos frutos cosechados inmaduros afectan los rendimientos de producción al ser rechazados en el centro de acopio. De igual importancia el sobrellenado de los contenedores utilizados en la recolección provoca que se dañen los tomates al momento de estibar los contenedores sobre el remolque para su traslado al centro de acopio o sala empacadora. Se recomienda tener vigilancia en el control de la puerta de acceso al invernadero, ya que, durante las labores de carga de contenedores al tractor y su traslado, es común que se descuide este aspecto y al dejar la puerta abierta aumenta la posibilidad de entrada de plagas poniendo en riesgo la sanidad del cultivo. Considerando que todos los invernaderos deben contar con una antesala y una doble puerta para tener acceso al interior del mismo, se recomienda a los operarios de recolección que coloquen los contenedores con tomates recolectados en la antesala del invernadero hasta terminar la cosecha diaria utilizando solamente la puerta del interior del invernadero. Una vez que concluyó la cosecha del día para cada invernadero, se programa la recolección y traslado utilizando el tractor y remolque, recogiendo los contenedores de cada antesala de cada invernadero, sin tener que entrar al área de cultivo, es decir, sin sobrepasar de la segunda puerta y limitándose a acceder solo a la antesala para recoger la producción cosechada (Solís, 2015).

MANEJO POSTCOSECHA

Calidad: La calidad del tomate fresco se basa principalmente en la uniformidad de forma y en la ausencia de defectos de crecimiento y manejo. El tamaño no es un factor que defina el grado de calidad, pero puede influir de manera importante en las expectativas de su calidad comercial y del mercado al que pueda optar (Infoagro, 2020).

Forma: Bien formado según su variedad (redondo, forma globosa, globosa aplanada u ovalada, dependiendo del tipo).

Color: Uniforme (anaranjado-rojo a rojo intenso; amarillo claro). Sin hombros verdes.

Apariencia: Superficie lisa y con las cicatrices correspondientes a la punta floral y al pedúnculo pequeñas. Ausencia de fisiopatías, quemaduras del sol, daños por insectos y daños mecánicos o magulladuras.

Firmeza: Firme al tacto. No debe estar suave ni se debe deformar fácilmente debido a la sobre madurez.

Temperaturas óptimas: En general, la temperatura de conservación se debe encontrar entre 10-15°C, aunque las condiciones adecuadas de conservación del tomate dependen del estado de maduración del fruto

Verde Maduro: 12.5-15°C

Rojo Claro: 10-12.5°C

Maduro Firme: 10-12°C

Temperaturas de maduración: 18-21°C y 90-95% HR para una maduración normal, 14-16°C para una maduración lenta.

Daño por frío: Los tomates son sensibles al daño por frío a temperaturas inferiores a 10°C. Si se les mantiene en estas condiciones durante 2 semanas o a 5°C por un período mayor a los 6-8 días.

Los síntomas consisten en la alteración de la maduración (incapacidad para desarrollar un completo color y pleno sabor, coloración irregular, suavización prematura), picado (depresiones en la superficie), pardeamiento de las semillas e incremento de pudriciones (especialmente pudrición negra, black mold, causada por *Alternaria* spp.).

El daño por frío es acumulativo y puede iniciarse en el campo antes de la cosecha.

Humedad relativa óptima: 85-90%. La humedad relativa alta es esencial para maximizar la calidad postcosecha y prevenir la pérdida de agua (deseccación). Los períodos prolongados de elevada humedad pueden incrementar las pudriciones de la cicatriz del pedúnculo, así como la superficie del fruto. Como se resume en la siguiente tabla:

Tabla 7. Tasa de respiración

Temperatura (mlCO₂/kg·h)	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C
Verde Maduro	3-4NR	6-9	8-14	14-21	18-26
Madurando		7-8	12-15	12-22	15-26

Fuente: Infoagro, 2020

NR: No Recomendada por más de unos días debido al daño por frío

Tasa de producción de etileno: 1,2-1,5µl/kg.h a 10°C y 4,3-4,9µl/kg·h a 20°C.

Efectos del etileno: Los tomates son sensibles al etileno presente en el ambiente. La exposición de frutos en estado Verde-Maduro a este gas provoca el inicio de la maduración. Los tomates a lo largo del proceso de maduración producen etileno a una tasa moderada. Por esta razón, no deben almacenarse o transportarse con productos sensibles al etileno.

Maduración: El proceso de maduración es rápido a temperaturas entre 12.5- 25°C y HR de 90-95%, por lo que debe mantenerse una buena circulación de aire para asegurar la uniformidad en la temperatura del cuarto de maduración y prevenir la acumulación de CO₂ (el CO₂ retarda la acción del etileno para estimular la maduración).

La temperatura óptima de maduración que asegura buena calidad sensorial y nutricional es de 20°C. A esta temperatura el desarrollo del color es óptimo y la retención de vitamina C es alta. Los tomates, una vez cosechados, si maduran a temperaturas superiores a 25°C, desarrollan un color un tanto amarillento y son más blandos.

El tratamiento con etileno generalmente dura entre 24-72 h. En ocasiones, cuando se cosechan frutos en estado verde-inmaduro, se aplica un segundo tratamiento después del re-ensado.

Efectos de atmósferas controladas (AC): El almacenamiento en atmósfera controlada ofrece un beneficio moderado. Bajas concentraciones de O₂ (3-5%) retrasan la maduración y el desarrollo de pudriciones en la cicatriz del pedúnculo y en la superficie sin afectar severamente la calidad sensorial. Se han conseguido hasta 7 semanas de almacenamiento usando la siguiente combinación: 4% O₂, 2% CO₂ y 5% CO.

ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN

Los tomates se transportan a una temperatura entre 8 y 14°C, con una humedad alta. La distribución se hace normalmente a temperaturas entre 10 y 15°C y una humedad media. El transporte de los tomates debe hacerse a temperaturas entre 8 y 14°C, según la duración del viaje. La humedad relativa debe mantenerse alta, entre el 90 y el 95%. Aunque es un método muy poco utilizado, hay autores que citan el uso de atmósferas controladas durante el transporte. Las condiciones adecuadas serían del 3 al 5% de oxígeno y del 0% de dióxido de carbono.

La distribución se hace a una temperatura media de 10-15°C, con una humedad relativa y aireación medias. Además, se deben evitar manipulaciones innecesarias, para reducir los daños del fruto (INTEREMPRESAS MEDIA, S.L., 2020).

HIPÓTESIS

El recubrimiento formulado a partir del almidón obtenido de los residuos de mango, mezclado con glicerina y agua, es adecuado para prolongar la vida de anaquel sobre el tomate.

METODOLOGÍA

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio es de tipo Experimental de laboratorio y de análisis cuantitativo. Se menciona que es experimental ya que se evaluaron las propiedades de subproductos extraídos de la semilla de mango cv. *Tommy Atkins* (almidón) al cual se le realizaron pruebas de (viscosidad, grasa, prueba Lugol, gelatinización y humedad) para la elaboración del recubrimiento, aplicado al tomate (*Solanum lycopersicum*) como matriz de prueba, fue considerado cuantitativo porque se realizaron pruebas como (pH, pérdida de peso y °Brix).

Las semillas de mango que se utilizaron fueron proporcionadas por la empresa MEXIFRUTAS S.A, las cuales se trasladaron al laboratorio de análisis de alimentos de la Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, de las cuales se extrajo el almidón, siguiendo la metodología propuesta por Santiago, 2019. El laboratorio de análisis contaba con el espacio adecuado para el desarrollo de las técnicas y el equipamiento necesario para la realización de las mismas.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Se evaluaron 3 tratamientos, se realizó un diseño experimental completamente al azar, con 3 réplicas por cada tratamiento, asignando los 3 tratamientos en forma completamente aleatoria a las unidades experimentales. Se utilizó el almidón obtenido de la semilla de mango, adicionalmente, se combinó con glicerina como agente plastificante. Se tuvieron variaciones en los porcentajes de almidón, mientras que la glicerina se mantuvo constante con base a la concentración del almidón, las formulaciones se presentan en la tabla 8. Los datos serán analizados mediante tablas y gráficas elaboradas en el programa Microsoft Excel.

SITIO EXPERIMENTAL

El desarrollo del experimento (recubrimiento y su aplicación) se llevó a cabo en los laboratorios de análisis de alimentos y tecnología de alimentos de la Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH).

MATERIAL BIOLÓGICO

- Almidón obtenido de la semilla de mango, proporcionadas por la empresa MEXIFRUTAS S.A.

- El tomate fue adquirido en la central de abastos de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.
- Glicerina, adquirida en proveedor de equipos para laboratorio IRKALAB.

VARIABLES

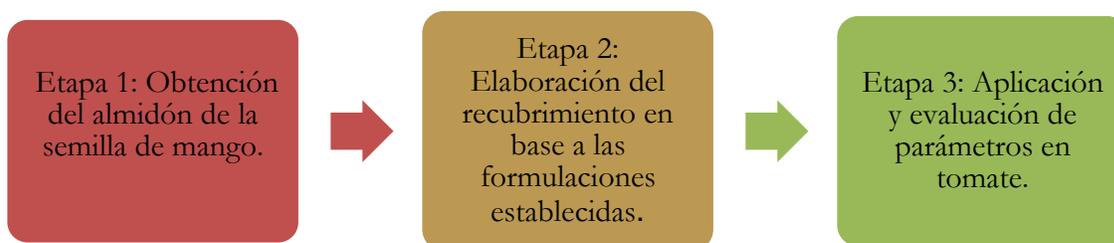
Variables independientes

- Almidón de semilla de mango, cantidad de glicerina

Variables dependientes

- Consistencia del recubrimiento.
- Aplicación del recubrimiento (vida de anaquel o tasa de respiración del tomate).
- Evaluación del recubrimiento (pH, sólidos solubles totales, y pérdida de peso).

La investigación se llevó a cabo en 3 etapas las cuales se describen en el siguiente esquema:



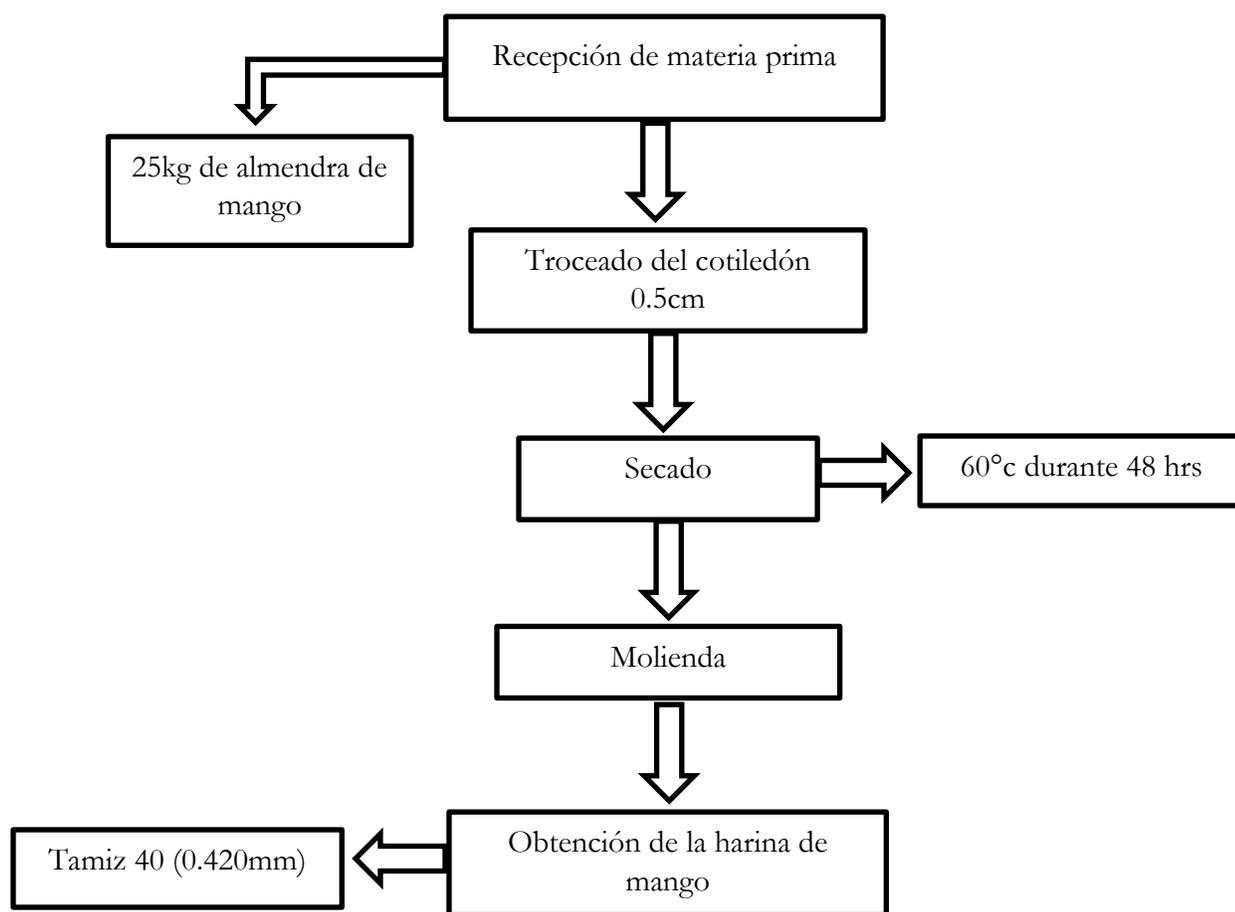
ETAPA 1: OBTENCION DEL ALMIDON DE LA SEMILLA DE MANGO

PREPARACIÓN DE LA HARINA DE LA SEMILLA DE MANGO

Se realizó de acuerdo con lo descrito por Santiago (2019), con sus respectivas modificaciones. La empresa Mexifrutas proporcionó las semillas y frutos enteros que no pasan los controles de calidad la mayoría de estos frutos están dañados en la cáscara (aproximadamente 500 kg) (*Mangifera indica* L. cv. *Tommy Atkins*). Los frutos fueron trasladados en bolsas negras a temperatura ambiente para evitar la presencia de moscas a la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Los frutos se lavaron con agua corriente en tarjas, para la eliminación de impurezas adheridas en la superficie, posteriormente se procedió a la eliminación manual del epicarpio y mesocarpio. Enseguida se realizó el descascarado usando cuchillos de acero inoxidable mediante corte meridional del endocarpio fibroso para la separación del cotiledón de la semilla, se cortó en fracciones pequeñas de aproximadamente medio centímetro y se colocó una capa en las charolas para secarlas en el horno de aire caliente a una temperatura de 60°C durante 48 horas hasta la obtención de un peso constante. Los cotiledones obtenidos se molieron utilizando un procesador de alimentos domestico/industrial posteriormente la molienda se pasó por un tamiz de malla #40 (0.420 mm), finalmente se almacenó a temperatura ambiente en bolsas de polietileno de baja densidad.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA OBTENCION DE LA HARINA



(Santiago, 2019)

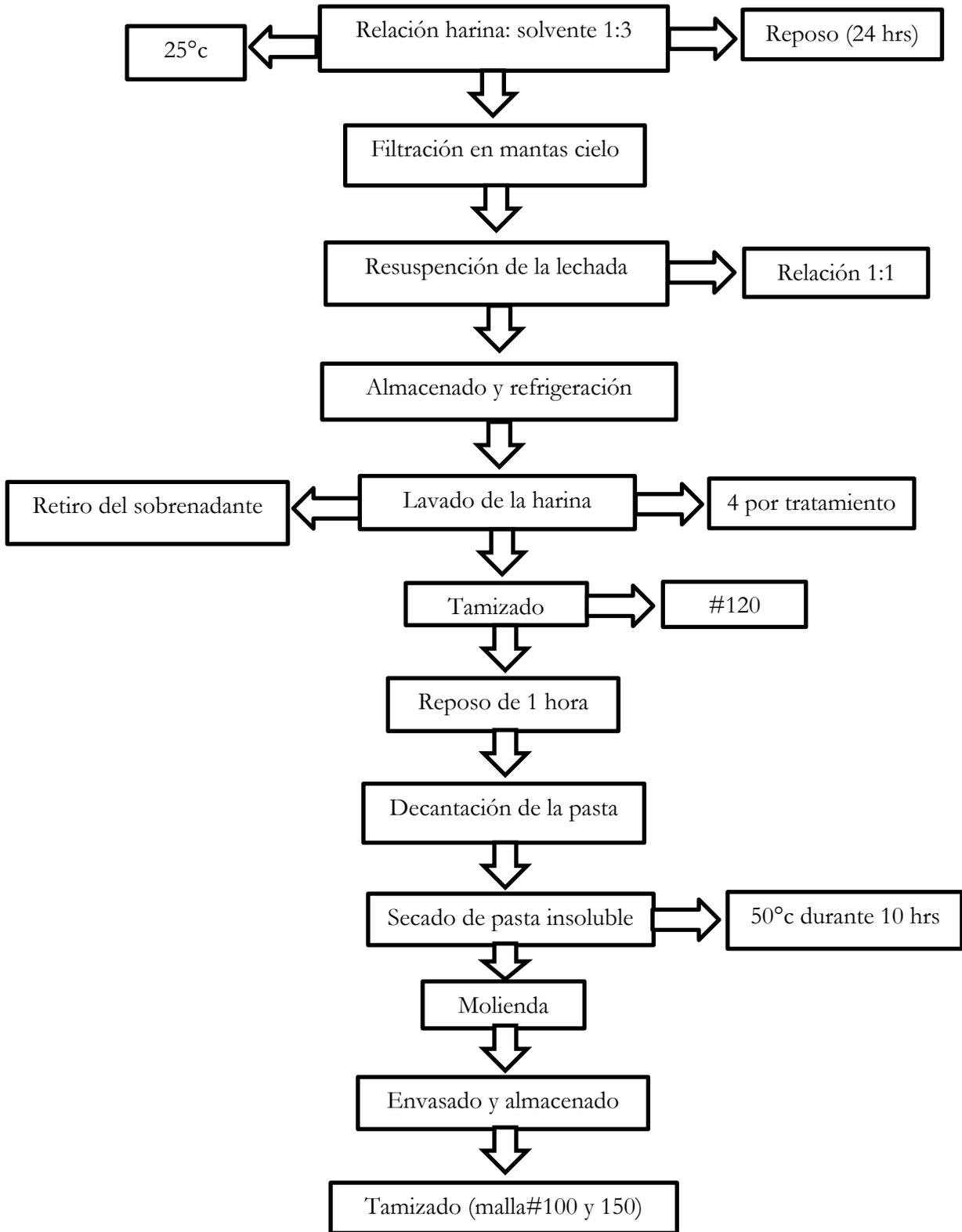
EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN

El tratamiento se realizó en relación harina: solvente (1:3) por un periodo de 24 horas, en reposo y a temperatura ambiente, y en cada caso, la cantidad de harina usada para la extracción fue de 750 g, 2,250 ml de agua y 10g de NaOH De los cuales fueron efectuados 4 lotes de seis repeticiones cada una.

Se filtró la lechada y se re suspendió en relación (1; 1) y los extractos resultantes se extrajeron en mantas cielo. A las harinas se les fueron realizadas 4 lavadas con 600ml de agua de garrafón por cada lavada. Las Re suspensiones se dejaron sedimentar por una hora, finalizado el tiempo de reposo, se obtuvo la formación de una pasta insoluble compacta de aspecto gelatinoso la cual fue separada mediante decantación.

La pasta insoluble compacta fue secada en estufa de aire forzado a 50 °C durante 5 horas hasta la obtención del almidón seco. Éste se trituroó en morteros de forma manual y se pasó por el tamiz en mallas; #100 y #150 para la obtención de una granulometría uniforme, semejante a los almidones comerciales. Finalmente se envasó y almacenó en bolsas de polietileno para estar protegido de la luz a temperatura ambiente. Luego se determinó el rendimiento de almidón seco respecto a la materia prima (harina de cotiledón) utilizada para cada tratamiento y fue expresado como un porcentaje (Medina, 2010)

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA EXTRACCION DEL ALMIDON



(Medina *et al.*, 2010)

CARACTERIZACION DEL ALMIDON

Humedad

Se determinó el contenido de humedad de los almidones extraídos del cotiledón Tommy Atkins se colocando 3 charolas de aluminio en la estufa de secado a una temperatura de 60 °C, hasta peso constante (PC). Posteriormente se distribuyó, aproximadamente 5 g de muestra fina en el interior de cada charola de aluminio (PI) a peso constante y se extendió la muestra. En este caso se utilizaron 3 porque la determinación fue por triplicado. Después se introdujo la charola con la muestra (sin tocarla con las manos) en la estufa de secado y se evaporó el agua a 60 – 65 °C durante 24 horas (hasta peso constante). Por último, se retiró la charola de la estufa, se introdujo en el desecador, y se esperó a que se enfriara las muestras y se procedió a pesar las charolas con la muestra Seca (PF).

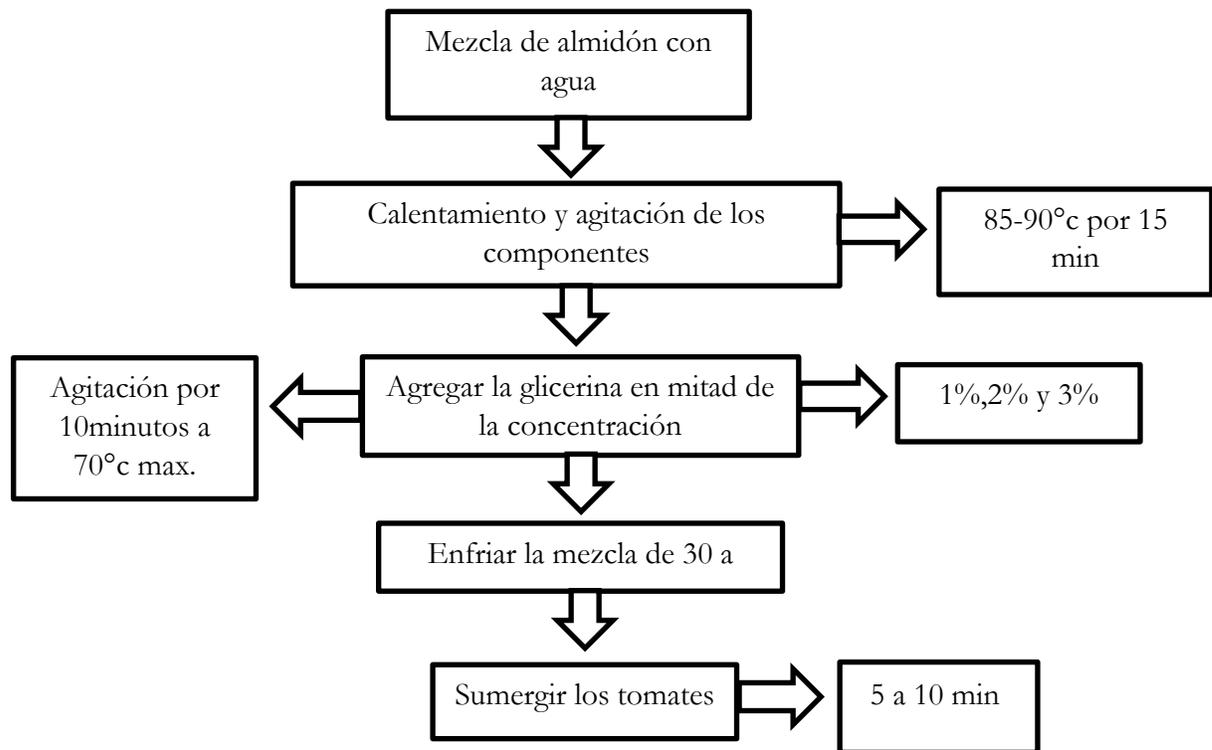
Gelatinización

Para la prueba de gelatinización se disolvió 1gr de almidón y se aforó a 20ml de agua en un vaso de precipitado de 50ml. Y se puso a calentamiento en una parrilla hasta que esta tomara una consistencia gelatinosa. Enseguida se tomó lectura de la temperatura a la cual había llegado.

ETAPA 2: ELABORACION DEL RC

Se empleó la mezcla de almidón con agua hasta alcanzar una concentración de 2%,4% y 6% (Tabla 8). Posteriormente se calentó y agitó vigorosamente todos los componentes, mientras se mantenía una temperatura de 85° a 90°c durante 15 minutos, y se agregó glicerina, la mitad de concentración del almidón 1%,2% y 3% y se continuó agitando por 10 minutos, cuidando que la temperatura no rebasará de los 70°C. Pasado de ese tiempo la mezcla fue enfriada a 33°C de 10 a 15 minutos. Procurando que la mezcla no hubiese quedado tan espesa. Transcurrido el tiempo de enfriamiento se sumergieron los tomates y se dejó reposar de 5 a 10 minutos procurando de haber dejado una capa muy fina y completamente adherida a la matriz de prueba. Finalmente se retiraron los tomates ya con los recubrimientos adheridos y se esperó hasta obtener resultados favorables por parte de las películas formuladas (Zhao *et al.*, 2015).

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA FORMULACION DEL RC



(Zhao *et al.*, 2015)

DISEÑO DEL RECUBRIMIENTO (EN DIFERENTES FORMULACIONES)

Tabla 8. Características de los tratamientos y formulaciones

Tratamiento	Almidón	Glicerina
1	2%	1%
2	4%	2%
3	6%	3%

Fuente: Autor.

DISEÑO 1²

Tabla 9. Diseño factorial del recubrimiento

Factores	Niveles
1.-H ² O	Glicerina
	Almidón

Fuente: Autor.

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE SOBRE LA CALIDAD POSCOSECHA DEL TOMATE.

MEDICIÓN DE PH

La técnica a emplear es el uso de un peachimetro o potenciómetro por medio de un sensor electroquímico, fuente de energía, sistema para interpretar la información recolectada por electrodo, un electrodo y una membrana sensible o punta sensible para el pH es posible tomar lectura del índice de acidez o base de la muestra en conjunto de reactivos de calibración buffer 4 y 7. (LABORATORIO QUIMICO, 2017).

SOLUBLES TOTALES

El °Brix es una medida de la cantidad de sólidos disueltos que hay en un líquido, que se obtiene a través de la gravedad específica y se usa sobre todo para medir la azúcar disuelta. La técnica a emplear es el uso de un refractómetro basado en la reflectometría en el cual la luz experimenta un cambio de dirección cuando cambia la densidad del medio al tomar lectura de la muestra. (QUIMICAFACIL, 2018).

PÉRDIDA DE PESO

La técnica a emplear es un proceso de pesaje; la medición de pérdida de peso se realiza con ayuda de una balanza digital calibrada periódicamente para realizar una correcta medición. (PROY-NOM-010-SCFI-2014).

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Para la deshidratación de las semillas de mango se utilizó la técnica de secado en un horno de uso industrial marca FELISSA, el cual contaba con parillas de acero inoxidable para el soporte de las bandejas que contienen la muestra, contando con una temperatura máxima de 60°C para la deshidratación de las mismas. Para la realización de la harina se utilizó un PROCESADOR INDUSTRIAL/DOMESTICO marca OSTER, formada de una base con motor y un vaso de material de vidrio el cual incluye cuchillas potentes capaces de triturar múltiples componentes. Posteriormente la harina obtenida paso por un proceso de tamizado con material de CEDAZO Y MALLA DE LATÓN #40 (0.420MM). Para realizar las mediciones correspondientes se utilizó la balanza analítica marca PIONNER OHAUS ítem PA124, indicando el peso del objeto en el dispositivo digital en forma de pantalla. Para la realización de mezclas de soluciones se utilizaron vasos de precipitado de (250, 500 y 600ml), probetas (250 y 1000ml), vidrios de reloj y agitadores de marca KIMAX y PYREX todo elaborado de vidrio para que el alimento no se vea afectado por el tipo de material y el uso de jarras medidoras de plástico para la medición de líquidos de una manera más exacta. Para la medición del PH se utilizó un peachimetro de marca HANNA Lugol (Yoduro de potasio KI) PH 209, el cual utiliza un sensor con método electroquímico con un par de electrodos, uno de calomel (mercurio, cloruro de mercurio) y otro de vidrio, sumergidos en la disolución de la que queremos medir el pH y una varita de soporte del electrodo de vidrio común, mientras que el bulbo sensible, que es el extremo sensible del electrodo, está formado por un vidrio polarizable (vidrio sensible de pH). Por otro lado, la medición de viscosidad fue realizada empleando un viscosímetro Haake rotovisco, modelo RV20, Karlsruhe, Alemania con una geometría de cono y placa (cono pK 100, aguja pK5 1.0°) de 50mm de diámetro, midiendo 1ml de la muestra. Para tener una consistencia se utilizó GLICERINA GRADO ALIMENTICIO y para que el recubrimiento comestible fuera aceptable respecto a su color se utilizó HIDRÓXIDO DE SODIO color blanco cristalino sin olor que absorbe la humedad del aire.

DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS A UTILIZAR

a) Determinación de humedad

El fundamento a aplicar es la pérdida de peso en una muestra calentada aplicando una temperatura de 60°C hasta llegar a peso constante. Favoreciendo la remoción del agua presente en la harina, por medio de la evaporización (Martínez, 2012).

Se determinó por la metodología A.O.A.C. 934.01, (2002).

b) Prueba Lugol

Los polisacáridos son fáciles de determinar como el Lugol; que son iones de yodo en solución. La técnica a emplear es la presencia de yodo; teniendo iones lo que hace que estos reaccionen con el polisacárido en forma de almidón dando una coloración característica purpura (Martin *et al.*, 2013).

Se determinó la metodología descrita por Airel, 2019 y sus respectivas modificaciones

c) Gelatinización

El fundamento a aplicar es el uso del solvente universal y la manipulación de temperaturas observando el comportamiento de energía de las moléculas de agua y la penetración y absorción de los gránulos de almidón, en forma de gel. (Quintero *et al.*, 2013).

Se determinó la metodología descrita por Airel, 2019 y sus respectivas modificaciones

d) Determinación de Lípidos

Los nutrientes de los alimentos se componen fundamentalmente de proteínas carbohidratos y lípidos o grasas que no son solubles en agua, pero si en determinados disolventes orgánicos que pueden permitimos separarlos del resto de los componentes y analizarlos en los alimentos en este caso utilizando al hexano como solvente que extraerá la grasa. (Campos, 2009).

Se determinó por la metodología A.O.A.C. 954.02, (2002).

e) Perfil reológico del almidón de la semilla de mango

La viscosidad puede medirse de diferentes formas; una de ellas mediante metodos que requieren calibración con fluidos de viscosidad conocida El viscoamiloógrafo Brabender, el analizador rápido de viscosidad (ARV) y los viscosímetros rotacionales se usan para medir la viscosidad de las pastas de almidón. La técnica a emplear es el uso del viscoamiloógrafo Brabender

Basado en la definición de viscosidad dinámica de tipo rotacional generando los perfiles de consistencia durante un proceso de calentamiento- cocción- enfriamiento y curvas de flujo de la pasta de almidón durante el proceso. (Bello, 2019),

Para la medición de viscosidad se utilizó la técnica de la AACC.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados obtenidos se presentaron mediante estadística descriptiva, haciendo uso de gráficas y tablas, utilizando Microsoft Excel reportando promedios y desviación estándar.

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

OBTENCIÓN DE LA SEMILLA DE MANGO

De acuerdo con la metodología para la obtención de la almendra se presentan los siguientes resultados en la tabla 10

Tabla 10. Proceso de obtención de la almendra de mango

Recolección de costales	Peso total de los costales	Rendimiento del cotiledón	Merma	Porcentaje total obtenido
30	600kg	25 kg	575 kg	4.-16%

Fuente: Autor.

OBTENCIÓN DE LA HARINA DE LA SEMILLA MANGO

Secado

Una vez de haberse obtenido la almendra seca se citaron a diferentes autores para comparar la temperatura, tiempo y el rendimiento en peso como se muestra a continuación:

Tabla 11. Almendras secas

Materia prima y variedad	Rendimiento de la almendra seca	Temperatura	Duración	Referencia
Mango Tommy	15.168 kg	60°C	24 hrs	Arce et al., 2021
Mango Tommy	21.667kg	45°C	24 hrs	Carmen, 2017
Plátano guineo AAae (<i>Musopientum</i>)	33.33%	40°C	48 hrs	Lucas <i>et al.</i> ,2017

Fuente: Autor.

En este apartado se muestra un total de 15.168kg de almendra seca, manejando una temperatura de 60°C con un tiempo de 24 hrs. Mientras que, Carmen en el 2017 reporta la obtención de un rendimiento de 21.667kg de almendra seca utilizando una temperatura mínima de 45°C por un periodo de 24 horas siendo un proceso más tardío pero mayor referente a la materia seca, 25% más en comparación al rendimiento reportado en este trabajo.

Por otro lado, Lucas y colaboradores reportan un rendimiento mayoritario en comparación de ambos autores obteniendo un 33.33% en materia seca, tratándose de otro fruto, pero a su vez utilizando el mismo proceso de deshidratado, la variante la temperatura de 40 °C y el tiempo 48 hrs.

Por tanto, en el proceso de secado, conforme se incrementa la temperatura del aire, la velocidad de eliminación del agua también se incrementa y los tiempos de secado se acortan (Jiménez, 2015).

Molienda

Los cotiledones de mango sometidos a temperaturas de secado fueron triturados en licuadoras de uso industrial obteniendo un rendimiento de 13kg de harina proveniente de 25kg de almendras de mango. Teniendo un porcentaje total de 52% harina y 48% agua. Comparado el rendimiento de harinas de otras materias primas, se tiene al plátano variedad gran enano; quien en el 2018 Mario reporta un rendimiento bajo, respecto a la cantidad de harina, del cual obtuvo 1.750kg provenientes de 50kg de almendra seca dando como resultado un porcentaje total del 3.5% harina y 96.5% agua.

Por tanto, la obtención de harina en este trabajo fue mucho mayor que el rendimiento en porcentaje de harina reportada por el autor.

Tamizado

Se obtuvieron 13kg de harina los cuales fueron sometidos a un proceso de tamizado por mallas de 30 y 50 micras. Se notó cierta dificultad al hacer pasar el producto obtenido con un tamiz con abertura de las medidas ya mencionadas,

Esta dificultad surge por no utilizar tamices acordes a la granulometría de harinas. Gutiérrez y colaboradores en el 2020 utilizaron mayas de 500 micras debido a la obtención de harina con alta uniformidad granulométrica.

Fuentes bibliográficas afirman que las partículas de tamaño inferior a 150 micras constituyen la harina y las partículas de tamaño superior a 1110 micras se denomina fractura gruesa (puma, 2017). Hay que destacar la granulometría de la harina, dependerá en gran medida del uso que se le vaya a dar a la misma, para lo cual habrá que seleccionar el tamiz correspondiente (Gutiérrez *et al.*, 2020).

EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN

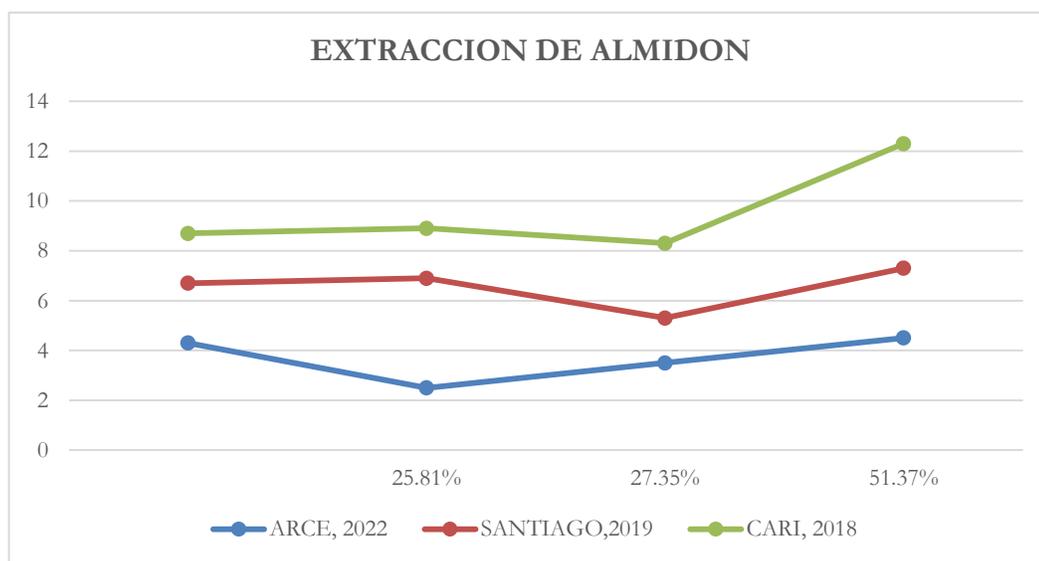


Figura 4. Comparación de extracción de almidón con otros autores (Fuente: Autor).

Finalmente, de 13kg de harina se obtuvo 3.356kg de almidón representando un porcentaje de rendimiento de 25.81 %. Siendo este un rendimiento alto en comparación con distintas metodologías de extracción y el uso de otras materias primas. Tal es el caso de Santiago quien en el 2019 reporta un rendimiento de 27.35%, utilizando hexano como solvente orgánico y al etanol adquiriendo un mayor rendimiento logrando extraer y purificar su almidón. Cabe mencionar que hubo similitud en los porcentajes ya que se utilizó la misma variedad de mango. El almidón obtenido en este trabajo presentaba un color oscuro, ya que este todavía se encontraba con impurezas que no pudieron ser eliminadas en esta etapa de la metodología.

Además, la harina contaba con grasa y pigmentos, los cuales no fueron extraídos con los solventes mencionados en el párrafo anterior.

Otros autores como Cari (2018) utilizan una fuente no convencional llamada semilla de lúcuma por ser fácil de extraer y solo requerir en su metodología; molienda, tamizado, separación con agua destilada, sedimentación y secado. Obteniéndose un 51.37% de rendimiento pese a ser un proceso poco mecanizado y tecnificado, siendo una metodología similar a la efectuada a la nuestra, pero a su vez diferente respecto al uso de agua destilada como solvente y un rendimiento superior de almidón.

La intención en esta etapa era no incluir solventes y obtener un rendimiento mayor o por lo menos encontrarnos en el rango en comparación con otras metodologías así mismo utilizar un método no costoso y facilitar la extracción del mismo.

CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN

Humedad

Se obtuvo 2,388 kg de almidón de la almendra de mango *Mangifera Indica L.*, con un color oscuro debido a la cantidad de lípidos la cual fue de 13 % debido que en la obtención de almidón para su purificación se evitaron usar solventes, usando agua destilada para su lavado.

Se realizó la determinación de humedad (A.O.A.C. 934.01, 2002). La cual se encuentra en un rango de 7%, comparado con otras semillas. De acuerdo Saavedra (2000) la humedad de almidón de la almendra de mango *Mangifera Indica L.* variedad criolla es de 11% base humedad sin purificar. López-Flores *et al.*, (2020) los almidones obtuvieron un 9.75%, los cuales pueden alcanzar valores entre el 10 y el 13% (Rowe, 2003), estos son similares comparándolos con almidones de maíz e inferiores al almidón de papa con un 9% y 19% respectivamente, que son considerados fuentes convencionales (Betancurt-Ancona, 2001), mientras que en cotiledones de mango presentó una humedad del 12.25% (Medina *et al.*, 2010). Por ende, el resultado obtenido se encuentra en un rango aceptable.

Gelatinización

La gelatinización es un proceso irreversible en donde la temperatura es un factor importante como se muestra a continuación:

En la tabla 12 se aprecian las temperaturas de las diferentes variedades de mango y la comparación de gelatinización de otro tipo de materias primas:

Tabla 12. Gelatinización de almidones

Materia prima y variedad	Temperatura	Referencia
Mango Tommy Atkings	70°C	Autor
Mango Tommy Atkings	72- 76°C	Santiago,2019
Criolla	70.86°C	Saavedra, 2000
Papa nativa y modificada	60°C	(Hernández, 2016)
Plátano guineo AAAae (<i>Musopientum L.</i>)	68°C y 66°C	(Lucas <i>et al.</i> ,2017)

Fuente: Autor.

El almidón, cuando se calienta en presencia de exceso de agua, sufre una fase de transición conocida como gelatinización, y existe un intervalo de temperatura característico para la gelatinización correspondiente a cada especie de almidón; mediante este método se determina la temperatura en la que una suspensión de almidón con agua al ser sometida a calentamiento se torna viscosa y forma una pasta (Hernández, 2016).

(Arévalo *et al.*, 2018). Identifican temperaturas de la variedad de mango *Tommy Atkings* de 70°C para su gelatinización y se debe a la modificación que ocurre cuando los gránulos de almidón en soluciones acuosas y con la aplicación de calor, estos se hinchan debido a que absorben agua hasta un punto donde desaparece la estructura ordenada (pérdida de la birrefringencia) incrementándose la solubilidad del almidón. Estando en el mismo rango de temperatura propuesta por Santiago (2019), la identificación de temperatura al almidón extraído por cada método indicó temperaturas dentro de 72-76°C.

De igual manera Saavedra en el 2000, reporta la temperatura de gelatinización de los gránulos de almidón de almendra de mango (*Mangifera indica L.*) variedad criolla, está comprendido entre 70 y 86°C, correspondiendo la temperatura más baja (70°C) a la gelatinización de los gránulos de mayor tamaño y la más alta (86°C) a la de los gránulos de menor tamaño, dicho rango es muy similar a los valores indicados por el Saadany (1980) y Greengood (1962).

El almidón de la papa nativa y el plátano son dos fuentes de materias primas distintas quienes Lucas *et al.*, 2017 y Hernández en el 2016 reportan un tiempo de gelatinización en un rango de 60°C a 70°C mucho menor en comparación a otros autores.

Por ello la temperatura de gelatinización se expresa como intervalo, ya que no todos los gránulos se hinchan y se gelatinizan al mismo tiempo y temperatura, debido a que algunos son más resistentes y por tanto pueden requerir hasta más de 10°C más que otros (Badui, 1984). El intervalo en la temperatura de gelatinización varía con los diferentes almidones.

Rampa de viscosidad

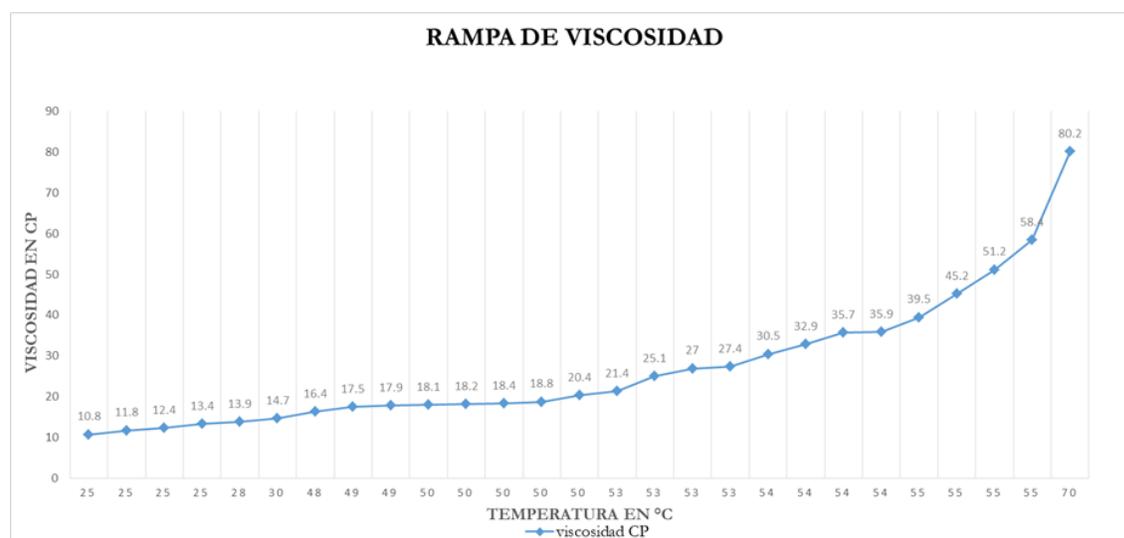


Figura 5. Rampa de viscosidad almidón extraído de la semilla de mango *Tommy Atkins* (Fuente: Autor).

En la figura 5, se observa que durante la etapa de calentamiento 53°C, la viscosidad se va incrementando hasta obtener un valor máximo, por hinchamiento de los gránulos de almidón.

Al momento que llega a su punto de cocimiento de 54°C a 70°C, dejando en enfriamiento a temperatura ambiente 15 minutos. Se observará la pasta final siendo el punto exacto para el recubrimiento debido que su viscosidad es adecuada. Los gránulos de almidón inician la absorción de agua a través de sus zonas amorfas y al ser calentados se rompen los puentes de hidrógeno intermoleculares, produciéndose una mayor absorción hasta alcanzar la pérdida de birrefringencia y el máximo hinchamiento (Badui, 2006). De acuerdo a silvana (2012) la amilopectina, por calentamiento en agua, proporciona soluciones claras y de alta viscosidad, que son además filamentosas y cohesivas. Cuando se enfría, la amilosa presenta una fuerte tendencia a la retrogradación, donde cristaliza formando geles de almidón, aumentando así la viscosidad de la solución (Silvana, 2012).

De acuerdo Alvis *et al.*, 2018. Durante el experimento en el RVA (Rapid Visco Analyzer), se obtuvo para cada muestra: la viscosidad relativa (RVU) en función de su temperatura y el tiempo del experimento, los índices de inestabilidad de gel (o breakdown) y estabilidad de gel (o setback) dados en RVU. La viscosidad máxima en las variedades de los almidones nativos de ñame, presentó diferencias significativas. Las variedades Pico de Botella y Diamante 22 arrojaron viscosidades de 221 y 282 RVU respectivamente y las variedades ecuatoriano y Bolañero, 435 y 369 RVU, respectivamente; lo anterior se explica por la relación entre el contenido de amilosa/amilopectina en los diferentes almidones de ñame, papa y yuca y el tamaño del gránulo. La viscosidad máxima en los almidones nativos de yuca no presentó diferencias significativas; esto se explica por la estrecha relación existente entre el contenido de amilosa/amilopectina presente en las tres variedades de yuca. Las marcadas diferencias en las curvas de empastamiento (viscoamilogramas) entre los almidones son obvias, debido a la fuente biológica. La formación del gel depende de la asociación de los polímeros, especialmente de la fracción de amilosa presente en las moléculas, del tamaño y de la forma del gránulo. El incremento en la viscosidad de la pasta que ocurre al finalizar la curva de empastamiento, se relacionan con el enfriamiento de la pasta y se asocia con el fenómeno de retrogradación y con el contenido de amilosa que es menor en los almidones de yuca que en ñame y papa. Este fenómeno de la retrogradación se ve influenciado por varios factores: el contenido de amilosa, la longitud de las cadenas (moléculas) de amilosa y el estado de dispersión de las cadenas de amilosa (Hoover, 2002).

Estudios recientes han demostrado que a medida que aumenta la temperatura de la muestra de almidón, los gránulos comienzan a hincharse, compactándose entre ellos y aumentando la viscosidad de la pasta, proceso que continua hasta alcanzar un pico representado por la mayor viscosidad que puede encontrarse durante la preparación de la pasta de un almidón; el inicio de gelatinización indica la facilidad de cocción del polímero (Hoyos *et al.*, 2017).

ELABORACIÓN DEL RECUBRIMIENTO

Para la elaboración del recubrimiento se siguió la metodología descrita por el autor Zhao *et al.*, 2015 y sus respectivas modificaciones.

Dentro de los parámetros se consideraron agua, almidón en cantidades iguales y glicerina el cual fue formulado a 3 concentraciones distintas.

Se realizaron ensayos previos, agregando diferentes concentraciones de glicerina hasta una formulación óptima de 2%,4% y 6% de lo cual se obtuvo como resultado que no había diferencia alguna.

Con la intención de aprovechar las ventajas de los diferentes componentes, se pueden elaborar formulaciones combinando los materiales anteriormente mencionados en diferentes proporciones. En estos recubrimientos y películas compuestos, el uso de dos o más materiales permite mejorar las propiedades de intercambio gaseoso, la adherencia y la permeabilidad al vapor de agua (Valle, 2012).

Marbella y colaboradores en el 2010 reportan el desarrollo de recubrimientos comestibles a base de lactosuero y miel a fin de alargar la vida postcosecha de tomates en estado rojo maduro, utilizando como aditivo la goma Xantana para homogenizar los recubrimientos.

La solución de sustancias empleadas está relacionada con la función con la cual se desea utilizar el recubrimiento, la naturaleza del alimento y del método de aplicación (Bautista *et al.*, 2018).

APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO

Los tomates previamente desinfectados, se sumergieron en las soluciones de la tabla (8) encontradas en el apartado de metodologías, a una temperatura de 30°C durante 5 minutos. Se emplearon 3 tomates para cada medición 2 con recubrimiento y un testigo. Posteriormente se secaron a temperatura ambiente hasta que la capa estuviese completamente adherida. Estos se

dejaron bajo observación para ser analizados y removidos para el monitoreo para los días 0, 2,4, 6, 8 y así sucesivamente hasta llegar al día 20.

Evaluación de la vida postcosecha

Para evaluar la vida postcosecha de los tomates control y aquellos con recubrimiento se midieron, cada 2 días los siguientes parámetros; Pérdida de peso, brix y pH.

Pérdida de peso

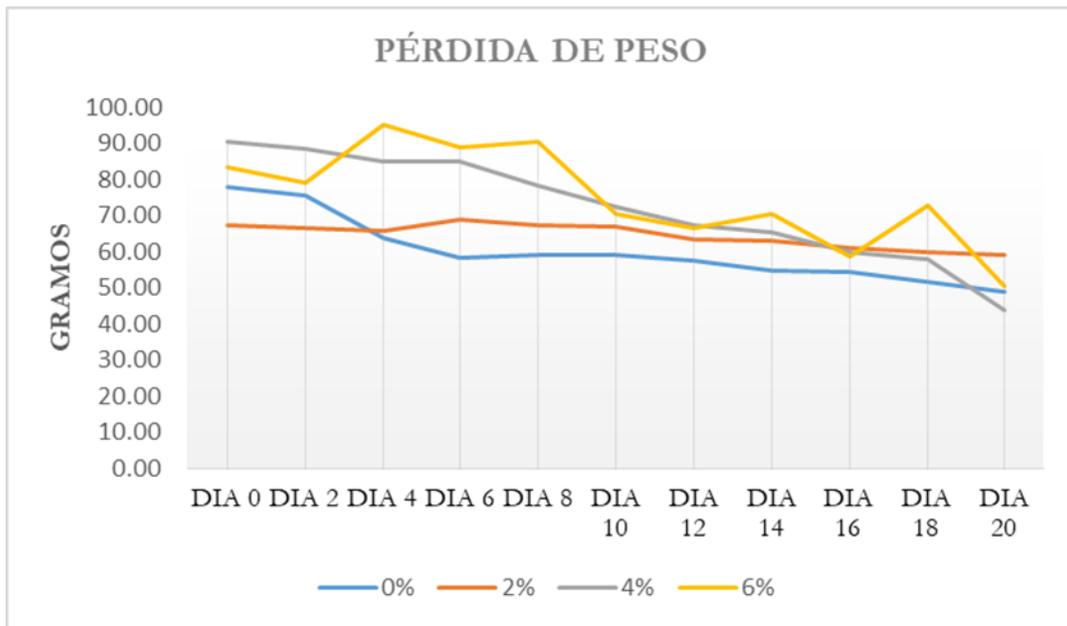


Figura 6. Pérdida de peso (Fuente: Autor)

En la figura 6 se observa el retraso en menor pérdida de peso respecto a la madurez en la concentración del 2% con un promedio final de 8.33%, después se tiene a la muestra control quien también obtuvo una pérdida con un porcentaje de 28.70%, seguido por la concentración 6%, quien se aleja por mucho por tener una pérdida media de 32.90% y por último se tiene a la concentración 4% quien continuó perdiendo su peso en su mayoría por perder casi la mitad con un porcentaje del 46.60%.

La disminución final en la tasa respiratoria de la concentración 4 y 6 pudo haber sido ocasionada por el incremento de CO₂ generado por los procesos metabólicos de hongos y

bacterias que se encuentran presentes en el medio (Amaya, 2009). Mientras que las muestras testigos conservaron su apariencia debido a la epidermis del fruto quien ofrece protección ante las infecciones y por encontrarse en un estado de madurez postcosecha.

Las hortalizas de la concentración 2% quienes incluían recubrimiento en comparación con la testigo se mantuvieron firmes y su apariencia era similar a la de los tomates sin recubrimiento. Debido a que los RC forman una membrana semipermeable que permite un intercambio reducido de gases desarrollando una mínima degradación de las propiedades organolépticas produciendo una calidad aceptable para el consumidor (Vázquez, 2018).

Mientras que Vázquez en el 2018 y colaboradores utilizan recubrimientos elaborados a base de miel y lactosuero de igual manera para preservación de tomates. Obteniendo resultados similares al de este trabajo por obtener un porcentaje con lactosuero de 14.6% y miel de 11%. Referentes a la pérdida de peso con 2.4% de diferencia en base al porcentaje menor obtenido por ellos comparado al nuestro.

pH

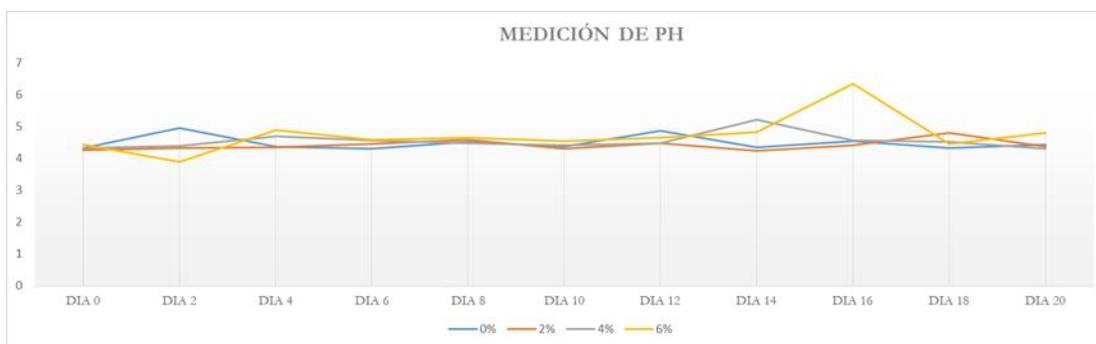


Figura 7. Medición de PH (Fuente: Autor).

En la figura 7 se observa los cambios que obtuvieron los tomates del testigo y las concentraciones 2%, 4% y 6% del recubrimiento, el pH fue variando, pero encontrando no diferencias significativas teniendo PH de 3,9 a 6,34. En comparación al recubrimiento que realizan de acuerdo Vela-G *et al.*, (2018) usando suero lactosuero, miel y goma para el recubrimiento en cuestión a pH los cambios que obtuvieron los tomates C (sin

Recubrimiento), RL (Recubrimiento de lactosuero) y RML (Recubrimiento de miel y goma). Se observa que los tomates C (sin recubrimiento) aumentaron de 4.2 a 6.8, mientras que los tomates RL (Recubrimiento de lactosuero, miel y goma) y RML (Recubrimiento de lactosuero, miel y goma) presentan un pH de 6.3 y 5.8, respectivamente. Estos resultados indican que RML presenta menor cambio de pH, sin embargo, entre el día 2 y el día 10 los cambios de pH no presentan diferencias significativas. En comparación a los días de observación de recubrimiento aplicado al tomate almidón y glicerina en diferentes concentraciones se visualizó que en día 16 en 6% en un pH de 6.34 se encuentra en los niveles permitidos.

El pH informa sobre la acidez del tomate. El pH del zumo se sitúa normalmente entre 4.2 y 4.4, siendo muy raro que se superen estos valores, lo que asegura la estabilidad microbiológica durante el procesado en la elaboración de conservas; este valor de pH hace que el tomate sea un producto relativamente fácil de manejar a nivel industrial (García *et al.*, 2010).

Sólidos solubles

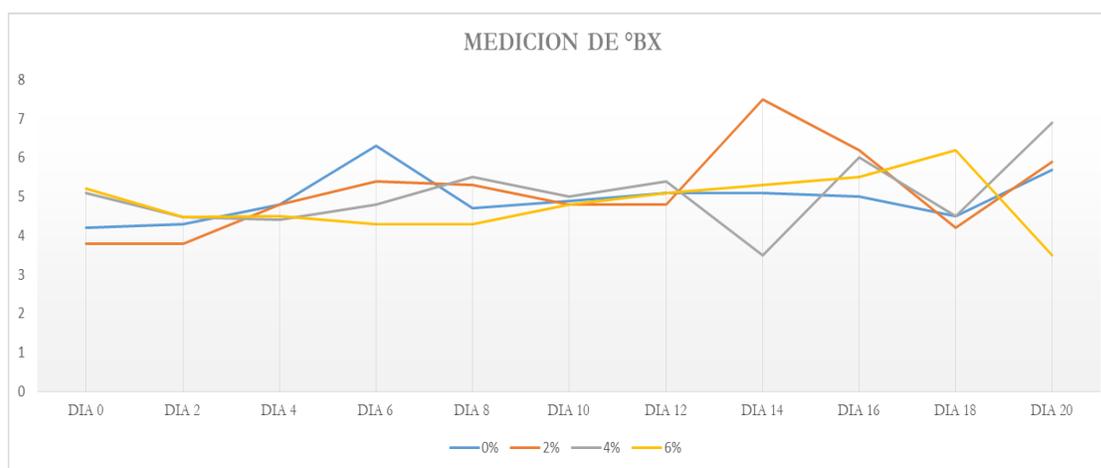


Figura 8. Medicion de °Brix (Fuente: Autor).

En la figura 8 Se observa los cambios que se tienen en los tomates desde el testigos y las diferentes concentraciones 2%,4% y 6% , pero en comparación a pH que no hubo diferencias significativas en los sólidos solubles si hay diferencias significativas desde el día 6 ,14,18 y 20 , obviamente en las diferentes concentraciones antes mencionadas y esto se debe a la acidez total debida a la presencia de diversos ácidos orgánicos en el tomate; Lo que influye sobre el contenido de sólidos solubles son los factores agrológicos, especialmente la climatología

durante el periodo de maduración y el riego, que pueden hacer variar el contenido en ° Bx entre 4 y 7. La mayor parte de las variedades contienen entre 4.5 y 5.5 ° Bx. de acuerdo Gilbert et al, (2018), Durante el análisis de los sólidos solubles se observó un aumento en los tomates C (sin recubrimiento), este comportamiento en un fruto climatérico es normal debido al proceso de maduración, consecuentemente disminuye su vida útil, calidad y valor comercial, existe pérdida de la firmeza con rapidez y ocurren modificaciones organolépticas (Amaya et al., 2009). Similitud con García *et al.*, (2010), el índice de madurez corresponde a la relación °Brix/acidez, lo cual indica que el incremento en sólidos solubles o el decrecimiento de la acidez titulable provocan aumento en el índice de madurez, o sea un acercamiento a la madurez de consumo.

CONCLUSIONES

El recubrimiento a base de almidón presentó algunas dificultades de manejo que pueden haber causado una disminución en su eficiencia: es higroscópico y absorbe gran cantidad de agua.

Los recubrimientos de la concentración con el 2% de almidón presentaron menor pérdida de peso en comparación a las demás, durante el proceso de maduración, otorgándole una mayor consistencia al tomate y prolongando su vida útil y dándole a este un valor agregado. Además, que no hubo alguna variación significativa con los °Brix y medición de pH.

Comparado con la muestra testigo, los resultados obtenidos con el porcentaje mencionado fue más eficiente ya que en la testigo la pérdida de peso fue mayor con 28.70%. Dichos resultados comparados con las ceras comerciales aplicadas a este tipo de productos, se tuvo una eficiencia aceptable ya que se prolongó la vida postcosecha, se logró mantener la textura y propiedades físicas de los frutos, incidiendo positivamente sobre el proceso de maduración al retardar su avance.

Los resultados son aceptables aun cuando el almidón obtenido no fue purificado en su totalidad, ya que se trató de minimizar el número de operaciones y uso de reactivos, que pudieran encarecer dicho recubrimiento, pero en posteriores estudios se recomienda llevar a cabo un proceso más extenso en cuanto a la purificación e incorporar otros aditivos para evaluar los efectos de estos en otros productos de origen vegetal como manzanas, papayas, guayabas.

REFERENCIAS DOCUMENTALES

AGUILAR, Guncay Isabel Margarita (Optimización del proceso de secado en pastas alimenticias]. Cuenca- Ecuador. Universidad de cuenca. 2017. p: 76.

AGUILAR morales Jessica, “Métodos de conservación de alimentos, ISBN 978-607-733-150-6 Primera edición: 2012. Disponible en http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/economico_administrativo/Metodos_de_conservacion_de_alimentos.pdf, TERCER MILENIO S.C

ALCOCER Duarte, Victor Manuel. Producción y Calidad de Tomate Saladette (*Lycopersicon Esculentum Mill*) Var. Don Raúl Tratado con Oligòmeros de Quitosàn [en línea]. Saltillo, Coahuila, México. Eds. División de Agronomía, 2012. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5354/T19269%20ALCOCER%20DUARTE,%20VICTOR%20MANUEL%20%20TESIS.pdf?sequence=1>

ALVAREZ SELENA, JUEVES 22 DE AGOSTO DE 2019, Se desperdicia mucha comida en Chiapas, HELERALDO de Chiapas [en línea] <https://www.elheraldodechiapas.com.mx/local/se-desperdicia-mucha-comida-en-chiapas-4073592.html>

ALVIS, Armando; VELEZ, Carlos A; VILLADA, Héctor S y RADA-MENDOZA, Maite. Análisis Físico-Químico y Morfológico de Almidones de Ñame, Yuca y Papa y Determinación de la Viscosidad de las Pastas. *Inf. tecnol.* [Online]. 2008, vol.19, n.1 [citado 2021-10-18], pp.19-28. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642008000100004&lng=es&nrm=iso. ISSN 0718-0764. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642008000100004>

AMAYA Paola, PEÑA Lorna, MOZQUERA Andres, VILLADA Hector, VILLADA Dora, efecto del uso de recubrimientos sobre la calidad del tomate. Facultad Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca, 2013. P: 7.

ARGÜELLO-García, E., J. SOLORZA-Feria., R. RENDÓN-Villalobos., F. RODRÍGUEZ-González., A. JIMÉNEZ-Pérez AND E. FLORES-Huicochea. PROPERTIES OF EDIBLE FILMS BASE ON OXIDIZED STARCH AND ZEIN. *INT J POLYM SCI.* 2014: 1-9.

ARREOLA Gonzales, Airel; RUIZ, Abril. Diseño y evaluación de un recubrimiento comestible para guayabas. Trabajo de titulación (Licenciado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos). Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS (UNICACH), Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos. 2019. 12-14 pp.

ASTUDILLO Gómez, Jhon Edison; BOTINA Macías, Karol Hair. Elaboración de un recubrimiento a base de almidón de maíz y de yuca para tomate chonto (*Lycopersicon esculentum Mill*) UNIVERSIDAD DEL CAUCA, FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS PROGRAMA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL POPAYÁN, 2017.

Avellán, Adriana; Díaz, Dayana; Mendoza, Angie; Zambrano, María; Zamora, Yuly; Riera, María Antonieta. Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz. *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 2020, 7(1), enero-junio, ISSN: 2313-7819

BADUI, Salvador; Química de alimentos. Cuarta edición. México. PEARSON EDUCACIÓN, 2006.

BADUI, D.; 1984. Química de los Alimentos. Edit. ALHAMBRA S.A. México.

Balwin, Elizabeth y Nisperos-Carriedo, Myrna. 2013 "Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products" Australia: pp 25

BARCO Hernández, Paola Liceth; BURBANO Delgado, Andrea Catalina; MOSQUERA Sánchez, Silvio Andrés; VILLADA Castillo, Héctor Samuel; NAVIA Porras, Diana Paola. Efecto del recubrimiento a base de almidón de yuca modificado sobre la maduración del tomate. *Revista Lasallista de Investigación*, vol. 8, núm. 2, julio-diciembre, 2011, pp. 96-103 Corporación Universitaria Lasallista Antioquia, Colombia. ISBN: 1794-4449

BELLO Pérez. Arturo, MENDEZ Montalvo Guadalupe, PÉREZ Román Grisell, MENDEZ, Javier SOLORZA Fera, "Centro de desarrollo de productos bióticos, car. Yautepec, 2019, Becarios Cofoa p: 1.

BOTELLO Ramos Yoan Manuel, González J Dacal Jorge Fidel GUTIÉRREZ Toledo David Ramón, Propuesta para el procesamiento industrial de la almendra de la semilla de mango. *Revista Cubana de Ingeniería*. Vol. XI (2) 30-37(2020) ISSN: 2223-178

CAMPOS Mondragón Martha Gabriela, Soxhlet, del inventor al método, *revista de divulgación "saber más"*. 84(12):1913.2009.

CARI, Belido Miraya Esmeralda, 2018. (Extracción y caracterización de la semilla de lúcumo)
UNION UNIVERSIDAD PERUANA, 2018, p: 108

CATIE. 1990. (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de tomate. Turrialba. Costa Rica.

CHEYENE Sánchez maría, "Deterioro y conservación de alimentos", Condori, 2014, [en línea] disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4176>

Composición nutrimental del tomate [en línea]. Fecha de consulta: 09 octubre 2020. Disponible en: http://www.nal.usda.gov/fnic/cgi-bin/list_nut.pt

CHIUMARELLI, M. AND M. HUBINGER. 2012. Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch – Carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples. *Food Hydrocoll.* 28:59-67.

CULEBRO Ramírez Carmen de Jesús (Extracción de aceite de la semilla del mango tomy) Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 2017. p: 63.

Dávila-Aviña, 2011 Dávila-Aviña E. de J. J. González- Aguilar, G. A., AyalaZavala, J. F. Sepúlveda, D. R. Olivas. 2011. Compuestos Volátiles. Responsables del Sabor del Tomate. *Rev. Fitotec*, Mex. 34: 133-143.

De la CRUZ, Marroquin Mario Alberto, propiedades funcionales de harina y almidón de mangifera indica l, Villa de Acapetahua, Chiapas. 2018. 58

DÍAZ, R., A. CASARIEGO., J. RODRÍGUEZ., A. MARTÍNEZ y M. GARCÍA. 2010. Coberturas de quitosana como método de envasado activo en vegetales enteros cortados. *Ciencia y Tecnología de Alimentos* 20: 31-36.

DÜSSELDORF Alemania, 2011, save food, "Pérdidas y desperdicios de alimentos en el mundo" [en línea] disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i2697s.pdf>

EGUILLOR, Pilar Recabarren 2017, *PERDIDA Y DESPERDICIO DE ALIMENTOS* [EN LÍNEA], DEPARTAMENTO DE ANALISIS DE MERCADO Y POLITICAS SECTORIALES-1339. ODEPA

DISPONIBLE EN: [HTTPS://WWW.ODEPA.GOB.CL/WP-CONTENT/UPLOADS/2017/12/RESIDUOSFINAL.PDF](https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/residuosfinal.pdf)

EL Saadany, R. y Foda, Y.; 1980. Study on 18. starch extracted from mango seeds (*Mangifera indica*) as a new source of starch. *Starch* 32.

ELSABEE, M. and ABDOU, E. Chitosan based edible films and coatings. *Materials Science and Engineering*, 33, 2013, p. 1819-1841.

Erandy Rizo, producción de tomates en México, 2010 [en línea]. Fecha de consulta: 11 octubre 2021, Disponible en: <https://www.hortalizas.com/poscosecha-y-mercados/produccion-de-tomates-en-mexico/>

ESCALONA Contreras Víctor Hugo, San Martín Julio Correa González Olivares Alfonso, SERIE CIENCIAS AGRONÓMICAS N° 32, 2019, MANEJO POSTCOSECHA DE TOMATES Y PIMIENTOS UNIVERSIDAD FRESCOS Y DE IV GAMA, universidad de Chile. [En línea] disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/175675/Manejo-postcosecha-de-tomates-y-pimientos-fresco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

FALGUERA, V.; QUINTERO, P.; JIMÉNEZ, A.; MUÑOZ, J.A.; IBARZ, A.: "edible films and coatings: structures, active function and trends in their use", *trends in food science & technology*, [en línea], Disponible en: doi-10.1016/j.tifs.2011.02.004., 22(10): 7, 2011.

FIGUEROA, J., J.Y. Salcedo y G. Narváez 2013. Efecto de recubrimientos comestibles a base de almidón nativo y oxidado de yuca sobre la calidad de mango (*Tommy Atkins*). *Temas Agrarios* 18: 94-105.

GARCÍA Omar, Pinzón Magda, *Revista de la asociación mexicana de la ciencia y tecnología de alimentos*, Vol 24, No 39 (2016).

GARCIA Ana, Contreras Ana, Rodríguez M., Trujillo N. Yanine. Características físicas y químicas del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad *pera*. *Alimentech*, Volumen 8, No. 1, p. 75-82, año 2010

GARZA M. & MOLINA M. (2008). Manual para la producción de tomate en invernadero en suelo en el estado de Nuevo León. Nuevo León, México

GREENWOOD, c. y Thomsom, J.; 1962. Physicochemical studies on starches. Part XXIV. The fractionation and characterization of starches of various plant origins. *J. Chem.Soc.*

Gol, B.N y RAMANA, R, T, V. (2011) Banana fruit ripening as influenced by edible coatings international journal of fruit science, 11, 119-135.

GÓMEZ Morales, Myriam Elizabeth. CALIDAD DE FRUTO EN 12 POBLACIONES SILVESTRES DE JITOMATE *solanum lycopersicum L. var cerasiforme (Dunal)* DEL ACCIDENTE DE MÉXICO. Trabajo de Titulación (Ingeniero Agrónomo). LAS AGUJAS: ZAPOPAN, JAL., Universidad de Guadalajara, 2012. 13-15 p.

GONZÁLEZ Céspedes A.M., M.C. Salas Sanjuán, M. Urrestarazu Garilán. 2007. Producción y calidad en el cultivo de jitomate cherry. pp. 547 – 586

GUANTES Ruiz, J. (2006). Bajo supervisión de Oficina Económica y Comercial de Embajada de España en México. “El mercado de los invernaderos en México. Notas Sectoriales.” ICEX.

GUERRERO, K. 2017. Evaluación de recubrimientos de quitosano con diferentes ácidos orgánicos para el control de la podredumbre gris causada por *Botrytis sp.* En la postcosecha de Mora de Castilla (*Rubus glaucus*). Tesis profesional. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador 170525.

HERNÁNDEZ Cabrera. Formulación y Caracterización de Películas Comestibles de Almidón de Papa Nativo y Modificado. Trabajo de Titulación (Maestro en Ciencias Alimentarias). UNIVERSIDAD VERACRUZANA, Instituto de Ciencias básicas. 2016

HOOVER, R; *Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches*, Carboh. Polym.: 49(4), 425-437 (2002).

HOYOS, N. y Perez, R. Efecto de la aplicación de un recubrimiento de almidón de yuca modificado por la vía ácida sobre el tomate larga vida (*Solanum lycopersicum*). Trabajo de Titulación (ingeniería Agroindustrial). Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias. Popayán, Colombia, 2017.

INFOAGRO, 2020 [en línea]. [Fecha de consulta: 09 octubre 2020]. Disponible en: https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_tomate__parte_iii_.asp

INTA, 1999 (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). Cultivo de tomate. Guía tecnológica del tomate. Ed. Henner Obregón N° 22 Managua, Nicaragua. p. 55.

INTEREMPRESAS Media, S.L., 2020. Tomate, lycopersicon esculentum/ Solanacea [en línea]. Fecha de consulta: 09 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.frutas-hortalizas.com/Hortalizas/Poscosecha-Tomate.html>

JIMÉNEZ, Durán I. A. (Analleli deshidratado de rebanadas de mango tomy atkins utilizando extractos de sus semillas y metabisulfito de sodio como pretratamientos) HUAJUAPAN DE LEÓN, OAXACA, MÉXICO, MARZO DE 2015. P: 121.

KADER, Adel A. 2011. "*Postharvest Biology and Technology: An Overview*", *Postharvest Tecnology of Horticultural Crops*, Oakland, CA, University of California Publication Service, pp. 39- 46
ISBN- 13: 978-60107-743-1.

KNAPP, S. y PERALTA, IE 2016. El tomate (*Solanum lycopersicum L., Solanaceae*) y sus parientes botánicos. El genoma del tomate, 7-21. Doi: 10. 1007 / 978-3-662-53389-5_2

KUCUKGULMEZ, A.; CELIK, M.; YANAR, Y.; SEN, D.; POLAT, H.; KADAK, A.E.: "Physicochemical characterization of chitosan extracted from *Metapenaeus stebbingi* shells", *Food Chemistry*, [en línea] DOI-doi: 10.1016/j.foodchem.2010.11.148, 126(3): 1144-1148, 2011.

LABORATORIO QUIMICO, 2017(Medidor de PH- TP) [en línea], Disponible en: <https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/phmetro.html>].

LARA, I., B. Belge and L. Goulao. 2014. E fruit cuticle as a modulator of postharvest quality. *Postharvest Biol Technol.* 87: 103-112.

LIM, R., Sthatopoulos,C.E y Golding, J.B.(2011). Effect of edible coatings on some quality characteristics, of sweet, cherries, *international food research journal*, 18 (4). 1237- 1241.

LÓPEZ- flores Y.A., Ramirez-Balboa G., Balois-Morales R. Bautista-Rosales P.U. LopezGuzmán G. y Bello-Lara J. Caracterización fisicoquímica y funcional de almidón extraídos de frutos de mango ‘Tommy atkins’ del estado de Nayarit. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, Vol. 5 (2020) 694-699.

LUCAS Juan Carlos, QUINTERO Victor Dumar y CÁRDENAS Valencia. Caracterización de harina y almidón obtenidos a partir de plátano guineo AAAea (*Musa sapientum* L.). *Acta Agronómica*. 62 (2) 2013, p 83-96

MANUAL de frutas y hortalizas: propiedades físico-químicas y condiciones de manipulación y conservación / Claudia Albrecht... [et al.] ; compilado por Claudia Albrecht. - 1a ed. - Córdoba: Copy-Rápido, 2019. 40 p.; 29 x 21 cm. ISBN 978-987-3801-61-7 1. Nutrición. 2. Alimentación. I. Albrecht, Claudia II. Albrecht, Claudia, comp. CDD 613.2. Título: MANUAL DE FRUTAS Y HORTALIZAS: PROPIEDADES FISICO- QUIMICAS Y CONDICIONES DE MANIPULACIÓN Y CONSERVACION Autores: Claudia Albrecht, Natasha Zizich, Sofía Garnero Zurlo, Matías Scavuzzo, Natalia S. Cervilla. Obtenido de: https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Scavuzzo/publication/337496272_Manual_de_frutas_y_hortalizas_propiedades_fisico-quimicas_y_condiciones_de_manipulacion_y_conservacion/links/5ddc04db92851c1fedb1c461/Manual-de-frutas-y-hortalizas-propiedades-fisico-quimicas-y-condiciones-de-manipulacion-y-conservacion.pdf

MARTIN Sanches Manuela, MARTÍN Sánchez María Teresa, PINTO Gabriel, Lugol reactive: History of Discovery and teaching applications, *Revista Scielo*, ISSN 0187-893X Educ. quím vol.24 no.1 Ciudad de México ene. 2013.

MARTINEZ García Eva “Determinación de la humedad de un alimento por un método” gravimétrico indirecto por desecación, 2012, pág.: 3- 12 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA [en línea] Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16339/Determinaci%C3%B3n%20de%20humedad.pdf>

MARTÍNEZ-González, Mónica Elizabeth; Balois-Morales, Rosendo; Alia-Tejagal, Irán; Cortes-Cruz, Moises Alberto; Palomino-Hermosillo, Yolotzin Apatzingan; López-Gúzman, Graciela Guadalupe Poscosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, núm. 19, noviembre-diciembre, 2017, pp. 4075- 4087 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Estado de México, México

MONCAYO, D., BUITRAGO, G. and ALGECIRA, N. The surface properties of biopolymer-coated fruit: A review. *Ingeniería e Investigación*, 33(3), 2013, p. 11-16.

MORALES Reyes Miguel Ángel. Generalidades y aplicación de películas y recubrimientos comestibles en la cadena hortofrutícola. Trabajo de titulación (ingeniero en ciencia y tecnología de alimentos) Buenavista, Saltillo Coahuila, México. Universidad autónoma agraria “Antonio narro” división de ciencia animal departamento de ciencia y tecnología de alimentos. 2011

MOREIRAS *et. al.*, 2013 Composición de alimentos tomate [En línea]. [Fecha de consulta. 09 octubre 2020]. Disponible en: <http://www.fen.org.es/MercadoAlimentosFEN/pdfs/tomate.pdf>

NAVARRO Urbina, Eduardo. Producción de tomate saladette (*Lycopersicum esculentum* Mill.) Bajo condiciones de invernadero en una unidad de producción caparrosa. De Villa de cos, zacatecas. Trabajo de titulación (Licenciado en Economía Agrícola y Agronegocios). Buenavista, Saltillo. Coahuila. México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Ciencias Socioeconómicas, 2011. 19, 33pp

ORDOÑEZ B. Yamilet, Camacho Z, Dannyely, Concha H. José, Sánchez M. Silvio y Sanchez M. Lyda. *Rev. Mex. Cienc. Agríc* vol.5 no.5 Texcoco jun. /ago. 2014, ISSN 2007-0934.

OZDEMIR, M., Floros, J. D. (2008). Optimization of edible whey protein films containing preservatives for mechanical and optical properties. *Journal of Food Engineering*. 84, 116 – 123.

PALACÍN, j. 2012, efecto de recubrimientos de almidón de yuca, ácido ascórbico N- acetil-cisteína en la calidad del plátano (*Musa paradisiaca*) tesis de maestría, (ciencia y tecnología de alimentos). Universidad nacional de Colombia. Cartagena.

PASTOR Navarro Clara. “Recubrimientos comestibles a base de hidroxipropil metilcelulosa: caracterización y aplicación.”, Tesis doctoral. (Departamento de tecnología de alimentos). Universidad politécnica de valencia, 2010.

PERDOMO, P. e INSUASTI, A. Efecto de recubrimiento a base de propóleo y proteína de soya sobre la calidad de la fresa (*Fragaria x ananass Duch*, Tesis (Ingeniería Agroindustrial). Popayán (Colombia): Universidad del Cuca, Facultad de Ciencias Agrarias, 2015.

PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-010-SCFI-2014, Instrumentos de medición-Instrumentos para pesar de funcionamiento no automático-Requisitos técnicos y metrológicos, Obtenido de: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5391355&fecha=07/05/2015

PUMA Araujo Ana Sofia (Caracterización de flujos de harina de trigo (*Triticum aestivum*) de cada pasaje de molienda en “Molinos e Industrias Quito Cía. Ltda.). Ambato – Ecuador. 2017 p: 106

QUINTERO Novoa Felipe Daniel, RAMIREZ Rueda Jeferson Armando “estudio del organismo de gelatinización del almidón de yuca”. (Departamento de Ingeniería Química), universidad de los andes. Pag: 6-10. Bogotá Colombia, enero del 2013.

REVISTA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS 30(2): 60 - 72. 2013, fecha de consulta: 09 octubre 2020.

ROA Acosta, Diego Fernando, Métodos de molienda seca y húmeda en molino planetario para la obtención y caracterización de fracciones de amaranto y su aplicación como agente encapsulante, Buenos Aires. Universidad de Buenos Aires. 2015. P: 178.

ROJAS, A; Marín, L; Oropeza, Y. 2010. Extracción del aceite de semilla de mango utilizando solventes orgánicos. Venezuela, U.E.P. Dr. Rafael Andreani Pieretti. 39 p

SAAVEDRA Garcia Jhon Kenedy. Obtención y caracterización del .. almidon de la almendra del mango (*Mangifera indica* L.) variedad criolla. Trabajo de titulacion (Ingeniero Agroindustrial). Tarapoto.Universidad San Martin , Facultad de Ingenieria Agroindustrial,2000.70-82 pp.

SILVA Cruz S, Gisselle (Extracción y caracterización de la grasa de la almendra de mango (*mangífera indica* l.) variedad kent por prensa mecánica). Lima- Perú, 2018. P: 73.

SILVANA Lisi Maria. Caracterización de almidones de maíz: nativo y modificados. Trabajo de Titulacion (Magister en Tecnología de Alimentos).Tucumán. Universidad Católica de Córdoba, Facultad de Ciencias Químicas,2012.8-17 pp.

QUINTAVALLA, S., & Vicini, L. (2002). Antimicrobial food packaging in meat industry. *Meat Science*, 62, 373–380.

QUINTERO C., Juan I., Muñoz, h. y Falguera, Víctor. 2010. "Películas y recubrimientos comestibles: importancia”, *Revista Tumbaga*, Colombia: s.n., 2010.

QUIMICA NET FACIL, Material de laboratorio, 2018 [en línea], Disponible en: <https://quimicafacil.net/infografias/sistemas-de-medidas/grados-brix/>

RAMOS-García, Margarita de Lorena; ROMERO-BASTIDA, Claudia; BAUTISTA-BAÑOS, Silvia. Almidón modificado: Propiedades y usos como recubrimientos comestibles para la

conservación de frutas y hortalizas frescas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 2018, vol. 19, no 1, p. 30-44.

RODRÍGUEZ S. E.N. (2011). Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas, *Revista Ra Ximhai*, 7(1):153-170.

ROMANAZZI, G., Nigro, F., Ippolito, A, Di Venere, D., & Salerno, M. (2010). Effects of pre- and postharvest chitosan treatments to control storage grey mold of table grapes. *Journal of Food Science*, 67(5), 1862–1866.

SAGARPA, 2018. Planeación agrícola Nacional 2017- 2030. Ciudad de México. Primera Edición.

SANTIAGO. LESTER.BASE PARA HELADOS DISEÑADA A PARTIR DE AGRORESIDUOS. Trabajo de titulación (lic. en ciencia y tecnología de alimentos) Tuxtla Gutiérrez. Universidad de ciencias y artes de Chiapas, 2019 98 p

SNAPP *et. al.*, 2016 Knapp, S. y PERALTA, IE 2016. El tomate (*Solanum lycopersicum L.*, *Solanaceae*) y sus parientes botánicos. El genoma del tomate, 7-21. Doi: 10. 1007 / 978-3-662-53389-5_2

SEBTI, I., & Coma, V. (2002). Active edible polysaccharide coating and interactions between solution coating compounds. *Carbohydrate Polymers*, 49, 139–144.

SOLIS Ramírez, Mara Cristina. Manual para la producción y comercialización de jitomate saladette en condiciones de invernadero. Trabajo de titulación (Licenciado en Agronegocios Internacionales). Veracruz. Universidad veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria Y zootecnia., 2015. 7p.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2014) [En línea]. Fecha de consulta: 05 enero 2021, Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>

TAPIA, M; Pérez, B; Cavazos, J; Mayet, Y. 2013. Obtención de aceite de semilla de Mango (*Mangifera indica L.*) como una alternativa para aprovechar subproductos agroindustriales en regiones tropicales. *Revista Mexicana de Agronegocios* 32:258-266.

TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas, versión impresa ISSN 1405-888X TIP vol.23 México 2020 Epub 07-Oct-2020. ARTÍCULOS DE REVISIÓN” Funcionalización de los recubrimientos a base de quitosano para la conservación postcosecha de frutas y hortalizas” [en línea], <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.241>

UNIVERSIDAD Y CIENCIA ISSN: 0186-2979 ciencia.dip@ujat.mx Universidad Juárez Autónoma de Tabasco México, Salinas-Hernández, RM; González-Aguilar, GA; Pirovani, ME; Ulín-Montejo, F Modelación del deterioro de productos vegetales frescos cortados Universidad y Ciencia, vol. 23, núm. 2, 2007, pp. 183-196 Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Villahermosa, México, [en línea] <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15423209>. Valor nutrimental [en línea]. [Fecha de consulta: 09 octubre 2020]. Disponible en: www.fao.com.

VÁZQUEZ-BRIONES, M Y J. GUERRERO-BELTRÁN. 2013. RECUBRIMIENTOS DE FRUTAS CON BIOPELICULAS. TSIA. 7: 5-14

VELA Gutiérrez, Gilver; ÁLVAREZ Rateike, Lurline; VELÁZQUEZ López, Arturo Alberto; BRIONES Domínguez, Esmeralda Janeth; CASTILLO Matías, Marbella. Efecto de recubrimiento comestible con base en lactosuero y miel sobre la vida de anaquel de tomates (*Solanum lycopersicum*). UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS, 2018.pp- 12.

VALLE, Soazo Marina (Aplicación de recubrimientos comestibles para mantener la calidad de frutillas congeladas) Instituto de desarrollo tecnológico para la industria química, 2012. P: 211.

VILLALBA Alemán, Deterioro y contaminación de alimentos, slideshare, 2015 [en línea] Disponible en: <https://es.slideshare.net/cvillalbaaleman/deterioro-y-cotaminacion-de-los-alimentos>

ZHAO & LI, J., YE, F., LIU, J, G. 2015. Effects of octenylsuccination on physical, mechanical and moisture-proof properties of stretchable sweet potato starch film. Food Hydrocolloids, 46, 226-232.

ANEXOS, GRÁFICAS Y APÉNDICES

Anexo 1. Análisis químico proximal

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

1. Enumerar tres capsulas de porcelanas del 1 al 3 o en su caso tres tapas de caja Petri.
2. Colocar las capsulas de porcelana o tapas de caja Petri en la estufa de secado a una temperatura entre 50 a 60 °C, hasta obtener el peso constante (Po), aproximadamente 12 horas. Al llegar a peso constante las charolas o tapas de caja Petri deben pasarlas de la estufa al desecador CON CUIDADO y esperar que se enfríen para pesar en la balanza analítica. Deberán registrar el peso considerando cuatro dígitos después del punto decimal.
3. Distribuir, aproximadamente 5 g de muestra (Pm) previamente triturada en el interior de la charola de aluminio o mitad de caja Petri (peso constante) y extender el producto para que ocupe la mayor superficie posible.
4. Introducir la capsula de porcelana o tapa de caja Petri con la muestra (sin tocarla con las manos, con ayuda de la pinza para crisol) en la estufa de secado. Dejar eliminar el agua de la muestra a una temperatura entre a 50 a 65°C durante 12 a 24 horas (hasta obtener el peso constante). Nota: También se puede evaporar el agua a 100 °C por 2 a 5 horas.
5. Retirar la capsula de porcelana o tapa de caja Petri con la muestra deshidratada de la estufa, colocarla en el desecador, espere a que se enfríe la muestra (2 a 3 minutos) y pese (P1).
6. Calcular el contenido de humedad a partir de la pérdida de peso de la muestra.

Cálculos

$$\% \text{ de Hum} = \frac{Pm - (P1 - P0)}{pm} \times 100$$

DETERMINACIÓN DE LIPIDOS

Preparativo A. Se recomienda realizar este paso un día antes de la práctica.

1. Colocar 2 o 3 matraces balón con boquilla esmerilada en la estufa de secado y 2 o 3 cartuchos a una temperatura entre 50 a 60°C, hasta llegar al peso constante (Po) aproximadamente 6 a 8 horas.

El día de la práctica.

2. Pesar 5 g de muestra seca (Pm) dentro del cartucho, teniendo cuidado de no tirar muestra dentro de la balanza analítica. Colocar un tapón de algodón en la boquilla del cartucho para impedir que se tire la muestra.

3. Depositar el cartucho con su contenido en la trampa del extractor.

4. Añadir de 2 a 3 sifonadas de hexano a la trampa del extractor.

5. Abrir la llave de agua verificando que el agua fluya por el refrigerante y encender la fuente de calor.

6. Extraer por 12 a 16 horas la grasa de la muestra, dependiendo del contenido de grasa de la muestra, al final colocar en la estufa de secado los matraces balón con muestra de grasa hasta obtener el peso constante y pesar. (Pf)

Cálculos

$$\% \text{ Extracto etereo} = \left[\frac{Pf - P0}{Pm} \right] \times 100$$

2.- Técnicas utilizadas

PRUEBA LUGOL

1.- Se disolvieron 2 g de almidón en 10ml de agua destilada en un vaso de precipitado de 50ml

2.- Se tomó una alícuota de 1ml y se verterá en un tubo de ensayo

3.- Se repitió el procedimiento con agua destilada

2.- Posteriormente se agregaron 3 gotas de Lugol y se observaron los resultados esperando a que este tornara un color púrpura o similar.

PRUEBA DE GELATINIZACION

- 1.- Se disolvió 1gr de almidón y se aforó hasta llegar a 20ml de agua en un vaso de precipitado de 50ml.
- 2.- Posteriormente se colocó en una parrilla de calentamiento a una temperatura, cuidando que esta se mantuviera y no llegará a ebullición.
- 3.- Finalmente se esperaron los resultados hasta que el líquido tomara una consistencia pastosa o en forma de gel.

PRUEBA DE VISCOCIDAD

- 1.-Se preparo una suspensión de almidón al 5 y 10% (p/v) de sólidos totales (b.s.);
- 2.- Despues se tomaron 260ml y se transfirieron al reometro (marca Scientific VE-8S). Se programo el equipo a un ciclo de calentamiento- cocción- enfriamiento, que inició a los 25°C y se llevó hasta 70°C, manteniendose por 10 minutos
- 3.- Posteriormente se enfrio a 40°C y se mantuvo constante por 8 minutos. Se empleo una velocidad de calentamiento de 2.5°C/min con velocidad de agitación de 60 rpm.
- 4.- para la determinación de curvas de flujo se utilizarón pastas de almidón al 5% de sólidos, empleando un viscosimetro Haake rotovisco, modelo RV20, Karlsruhe, Alemania con una geometria de cono y placa (cono pK 100, aguja pK5 1.0°) de 50mm de diametro, midiendo 1ml de la muestra que se colocó en la placa, las mediciones se realizarón a 70°C de la etapa del calentamiento.

MEDICIÓN DE PH

El pH se determinó del extracto obtenido con un potenciómetro (pH 209, HANNA instruments, Rumania) previamente calibrado con soluciones amortiguadoras o buffer de 4 y 7 por duplicado muestras de 40ml. (NMX-F-317-NORMEX-2013).

SÓLUBLES TOTALES

- 1.-Se evaluaron dos tomates de cada grupo durante los días de muestreo (0, 2, 4, 6, 8 y 10 y así sucesivamente hasta llegar al día 20).

2.- Las muestras fueron molidas de forma manual en un mortero. El contenido de sólidos totales solubles de la muestra fue evaluado por el método de AOAC (1984).

3.- finalmente el contenido de STS se expresa como porcentaje de la escala °Brix.

PÉRDIDA DE PESO

1.- Se efectuó un seguimiento de la pérdida de peso con y sin recubrimientos (dos tomates de cada grupo) durante su almacenamiento en los días (0, 2, 4, 6, 8 y 10 y así sucesivamente hasta llegar al día 20) con una balanza digital.

2.- Los resultados obtenidos fueron expresados como porcentaje de peso perdido en base al peso inicial y final del fruto considerando como pérdida de peso durante cada periodo de almacenamiento en base al peso fresco. El porcentaje de pérdida de peso (Pp) se determinó en base a la siguiente formula.

$$\% \text{ pérdida de peso} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100$$

Dónde:

Peso inicial: Peso inicial del tomate.

Peso final: Peso final del tomate.

Anexo 2. Imágenes

Obtención de la materia prima



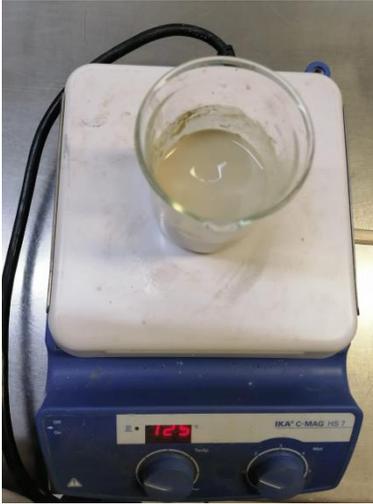
Obtención de la harina

Troceado	Secado	Reposo de la harina
		

Obtención del almidón



Pruebas realizadas al almidón.

Gelatinización	Viscosidad	Extracción de grasa
		

Formulación del RC

Diferentes concentraciones


Selección del estado de madurez de la materia prima

Peso, tamaño y color



Aplicación del recubrimiento



Secado del tomate



Monitoreo del tomate con el recubrimiento aplicado



Medición de PH, pérdida de peso y °brix



