

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



MAESTRIA EN MICROBIOLOGIA E INOCUIDAD DE ALIMENTOS

Evaluación del efecto de un recubrimiento a base de ceras en la calidad microbiológica y fisicoquímica en Mango (*Mangifera indica*)

Trabajo de graduación para optar al grado de Maestra en Microbiología e Inocuidad de Alimentos

Presentado por:

Glenda Ivette Guevara Avalos
Marcela Guadalupe Vanegas Fuentes

San Salvador, El Salvador, Abril 2016

HOJA DE APROBACION DE TRABAJO DE GRADUACION

Evaluación del efecto de un recubrimiento a base de ceras en la calidad microbiológica y fisicoquímica en Mango (*Mangifera indica*)

COMITE DE TESIS

Licda. MSc. Coralia de los Ángeles González

Docente Asesor

Ing. Agr. MSc. Andrés Wilfredo Flores Rivas

Docente Asesor

Licda. MSc Cecilia Haydee Gallardo de Velásquez

Tribunal evaluador

Licda. MSc María Evelin Sánchez de Ramos

Tribunal evaluador

Licda. MSc. Coralia de los Ángeles Gonzalez

Coordinadora Maestría

MSc Edith Alicia Torres de Cantón

Coordinadora Posgrado

ESTUDIANTES

Licenciada en Química y Farmacia Glenda Ivette Guevara Avalos

Licenciada en Química y Farmacia Marcela Guadalupe Vanegas Fuentes

Fecha de Entrega: _____Abril_____

RECTOR

LICENCIADO LUIS ARGUETA ANTILLON

SECRETARIA GENERAL

DOCTORA ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANO

LICENCIADO SALVADOR CASTILLO AREVALO

SECRETARIO

MAESTRO ROBERTO EDUARDO GARCIA ERAZO

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso por habernos guiado, iluminado, dándonos ese espíritu de confianza en poder lograr lo que uno se propone en esta vida, y así poder culminar exitosamente nuestro post grado.

A nuestros padres y hermanos por su apoyo incondicional a lo largo de esta maestría, y animarnos en los momentos difíciles.

Al comité de Trabajo de Graduación: Coordinadora de Post grado, MSc Edith Alicia Torres de Cantón; Tribunal evaluador: MSc. María Evelin Sánchez de Ramos, MSc Cecilia Haydee Gallardo de Velásquez; Docentes Directores: MSc. Coralia de los Ángeles González de Díaz, MSc. Andrés Wilfredo Flores Rivas; por orientarnos a lo largo de la realización de este trabajo de Graduación.

A nuestros docentes por compartir con nosotras sus conocimientos, habilidades y ayudarnos durante la maestría.

Al Laboratorio Nacional de Referencia del Ministerio de Salud, por su colaboración y amabilidad durante el desarrollo de la parte experimental de este trabajo de graduación.

A nuestros amigos y compañeros, por todos los momentos inolvidables que compartimos en todo este tiempo y su inmenso cariño hacia nosotras.

Glenda y Marcela

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso y a la Virgen María, ya que con su protección e iluminación han guiado mi camino con mucha sabiduría para cumplir esta meta tan importante en mi vida.

A mis padres: Norma Isabel de Vanegas y Miguel Antonio Vanegas, dos tesoros que Dios puso en mi vida y que han estado conmigo en los buenos y malos momentos, brindándome su apoyo incondicional, amor, comprensión y palabras de fortaleza y aliento en todo momento.

A mi hermano: Gabriel Antonio Vanegas, quien siempre ha sido una inspiración para mí a ser su ejemplo, en quien puedo confiar y quien siempre está cuando necesito su ayuda, siempre me apoya sin esperar nada a cambio.

A mi novio: Numas Enrique Salazar Martínez, por ser una persona importante en mi vida y brindarme su amor y apoyo incondicional en el logro de esta meta.

A mis amigas y amigos por sus palabras de aliento en los momentos difíciles.

A mi compañera de tesis y amiga: Glenda Ivette Guevara Avalos, por todos los momentos que compartimos a lo largo de la maestría y a través de la amistad.

Marcela Guadalupe Vanegas Fuentes

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón y espíritu con cada reto que pone en mi vida y sobre todo por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante la maestría.

A mi abuelito, Francisco Samayoa (Q.D.D.G) por ser mi mayor ejemplo de humildad, generosidad, bondad y amor verdadero.

A mis padres, Marínela Avalos y Julio Guevara, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy.

Mi Hermano, Francis Guevara, por estar conmigo en todo momento, sobre todo en aquellos más difíciles.

Mi Sobrina, Zoe Valentina, para que veas en mí una guía.

A Max y Roky por acompañarme y cuidarme en mis noches de estudios sin importar la hora.

A Marcela Vanegas, por el apoyo brindado en la maestría y sobre todo por su amistad.

A mis amigos y *a todas aquellas personas que creyeron en mí.*

Glenda Ivette Guevara Avalos

INDICE GENERAL

	Página
Abreviaturas	
Resumen	
Capítulo I	
1.0 Introducción	xix
Capitulo II	
2.0 Objetivos	22
Capitulo III	
3.0 Marco Teórico	24
3.1 Generalidades	24
3.1.1 Origen del mango	24
3.1.2 Taxonomía	24
3.1.3 Variedades de mango	25
3.1.4 Composición del mango	25
3.2 Factores que limitan la calidad del mango	26
3.2.1 Respiración	26
3.2.2 Transpiración	27
3.2.3 Relación Acidez – Dulzura	28
3.2.4 Alteraciones fisiológicas	29
3.2.5 Alteraciones físicas	29
3.2.6 Efectos de la temperatura	30
3.2.7 Aberturas y magulladuras	30
3.2.8 Ventilación	31
3.2.9 Alteraciones Fitopatógenas	31

3.2.9.1	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	32
3.2.9.2	<i>Penicillium spp</i>	33
3.2.9.3	Métodos de control fitopatógico	34
3.3	Tecnologías post- cosecha en la industria hortofrutícola	34
3.3.1	Conservación frigorífica	35
3.3.2	Conservación de atmosferas controladas/ Modificadas (AC/AM)	35
3.3.3	Conservación por calor	36
3.3.4	Conservación química	37
3.3.5	Conservación utilizando irradiación	37
3.3.6	Reducción de la actividad del agua (aw)	37
3.4	Recubrimientos	38
3.4.1	Recubrimientos comestibles	39
3.4.2	Encerado	40
3.5	Técnicas de aplicación de recubrimientos	41
Capitulo IV		
4.0	Metodología	43
4.1	Metodología del estudio	43
4.2	Universo y muestra	43
4.2.1	Universo	43
4.2.2	Muestra	43
4.2.3	Tamaño de muestra	44
4.2.3.1	Mango Panades	44
4.2.3.2	Mango Tommy Atkins	45
4.3	Selección del material	45
4.4	Lavado y desinfección de los frutos	46
4.5	Condiciones de prueba	46
4.5.1	Almacenamiento	47
4.5.2	Frecuencia de inspección	47

4.5.3	Unidad experimental	47
4.6	Método analítico	47
4.6.1	Análisis Microbiológico inicial	48
4.6.1.1	Recuento de <i>Escherichia coli</i>	48
4.6.1.2	Determinación de <i>Salmonella spp</i>	49
4.6.2	Recubrimiento de los mangos	49
4.6.3	Pérdida de peso	50
4.6.4	Acidez titulable	50
4.6.5	Determinación de azúcares	51
4.6.6	Determinación de la madurez	52
4.6.7	Análisis microbiológico	52
4.7	Método estadístico	54
4.8	Socialización de los resultados	54
Capítulo V		
5.0	Resultados y discusión de resultados	56
5.1	Análisis microbiológico inicial	56
5.2	Pérdida de peso	56
5.3	Sólidos solubles totales (°Brix)	60
5.4	Acidez titulable	62
5.5	Índice de madurez (relación azúcar/acido)	64
5.6	Análisis microbiológico	67
5.7	Socialización de los resultados	70
Capítulo VI		
6.0	Conclusiones	72
Capítulo VII		
7.0	Recomendaciones	75
Bibliografía		
Glosario		
Anexos		

INDICE DE ANEXOS

Anexo N°

1. Esquema del aislamiento y detección de *Salmonella spp.*
2. Esquema del recuento de *Escherichia coli* en frutas.
3. Esquema de la determinación de pérdida de peso.
4. Esquema de la determinación de acidez titulable.
5. Esquema de la determinación de azúcares.
6. Esquema del análisis microbiológico, identificación de hongos.
7. Estructura de *Colletotrichum spp.*
8. Morfología de *Penicillium spp.*
9. Esquema de pasos a seguir para calcular ANOVA en SPSS.
10. Socialización de los resultados.
11. Frutos de mango durante el almacenamiento.

INDICE DE FIGURAS

Figura N°	Pagina
1. Proceso de transpiración y respiración en plantas.	28
2. Fruto de mango con antracnosis.	33
3. Condiciones de prueba	46
4. Porcentaje de pérdida de peso en mangos variedad Panades y Tommy Atkins, almacenados a 10°C.	57
5. Solidos solubles totales (°Brix) en mangos variedad Panades y Tommy Atkins; almacenados a 10°C.	60
6. Acidez titulable (% ácido cítrico) en mangos variedad Panades y Tommy Atkins; almacenados a 10°C.	64
7. Índice de madurez (Relación acidez/dulzura) en mangos variedad Panades y Tommy Atkins; almacenados a 10°C.	66
8. Relación acidez/dulzura en mangos variedad Panades y Tommy Atkins; almacenados a 10°C.	67
9. Hongos aislados en mangos variedad Panades y Tommy Atkins.	69

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°	Pagina
1. Porcentaje de pérdida de peso en mangos variedad Panades y Tommy Atkins, almacenados a 10°C.	58
2. Porcentaje de Pérdida de peso. Prueba post-hoc de Games Howell para cada tratamiento.	59
3. Solidos solubles totales (°Brix) en mangos variedad Panades y Tommy Atkins; almacenados a 10°C.	62
4. Acidez titulable (% ácido cítrico) en mangos variedad Panades y Tommy Atkins; almacenados a 10°C.	63
5. Índice de madurez (Relación acidez/dulzura) en mangos variedad Panades y Tommy Atkins; almacenados a 10°C.	65
6. <i>Penicillium spp</i> y <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , aislados en mangos variedad Panades y Tommy Atkins, almacenados a 10°C.	68

INDICE DE TABLAS

Tabla N°	Pagina
1. Criterios de inocuidad para frutas y hortalizas según RTCA	48
2. Análisis microbiológico de acuerdo al RTCA	56

ABREVIATURAS

SST: Solidos solubles totales

CO₂: Dióxido de carbono

mg: Miligramos

Kg: Kilogramos

°C: Grados centígrados

H.R.: Humedad relativa

FAO: organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

AC/AM: Atmósfera controlada/ Atmósfera modificada

Gy: Gray, unidad de radiación

spp: subespecies

RTCA: Reglamento Técnico Centroamericano

RV: Caldo Rappaport Vassiliadis

XLD: Agar xilosa lisina dexosicolato

HE: Agar hektoen entérico

TSI: Agar triple hierro azúcar

LIA: Agar hierro lisina

TSA: Agar tripticasa soya

NaOH: Hidróxido de sodio

PCA: Agar plate count

PDA: Agar papa dextrosa

PR: Panades con recubrimiento

PSR: Panades sin recubrimiento

TR: Tommy Atkins con recubrimiento

TSR: Tommy Atkins sin recubrimiento

RESUMEN

Debido a las pérdidas en la post- cosecha y la importancia a nuevas técnicas para la conservación de los frutos, este trabajo de investigación se fundamentó en evaluar el efecto de un recubrimiento a base de ceras (resina de colofonia y polietileno) en la calidad del Mango (*Mangifera indica*). Las variedades utilizadas fueron: Tommy Atkins y Panades; procedentes de los municipios de Suchitoto y Guazapa, en estado de madurez $\frac{3}{4}$, enjuagados e higienizados por inmersión, con una solución de ácido láctico al 1% durante 5 minutos. Se realizó análisis microbiológico inicial (*Salmonella spp* y *Escherichia coli*), para determinar si los mangos cumplían con los criterios microbiológicos de inocuidad establecidos en el grupo 4.1 del Reglamento Técnico Centroamericano, Criterios Microbiológicos para la Inocuidad de Alimentos. Los frutos se dividieron en cuatro bloques, dos bloques fueron recubiertos por aspersión, con un formulado compuesto por una mezcla de ceras; reconocida en el mercado como Teycer C Cp, y dos bloques sin recubrir. Todos los bloques se colocaron en bandejas plásticas a una temperatura de 10°C y cada cuatro días, hasta el día 36 fueron medidos parámetros fisicoquímicos de calidad (Sólidos solubles totales, acidez titulable, pérdida de peso e índice de maduración) y análisis microbiológicos (identificación de la presencia de *Colletotrichum gloeosporioides*, *Penicillium spp*). Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza, considerando como causas de variación el tiempo y el tratamiento aplicado para una condición de almacenamiento. Los valores medios significativamente diferentes se compararon a través de pruebas de rangos múltiples, mediante el sistema de programas para el análisis estadístico IBM SPSS Statistics 23, para una probabilidad del 95%.

El uso del recubrimiento logro reducir ($P < 0.05$) la pérdida de peso, al finalizar el estudio los mangos recubiertos conservaron su apariencia fresca; no hubo una

diferencia significativa ($P > 0.05$) en acidez titulable y en los sólidos solubles totales entre los tratamientos. La calidad microbiológica de los frutos para todos los tratamientos no se vio afectada en gran medida, debido a que la temperatura de refrigeración ayudo a inhibir el desarrollo de hongos.

El recubrimiento de cera es una tecnología postcosecha que permite prolongar la vida útil, mejorar la calidad y generar valor agregado al mango ya que se ha logrado extender la vida comercial del producto y mejorar su apariencia; debido a que esta tecnología actúa como una atmosfera modificada, que hace que los procesos metabólicos de la fruta se realicen de una manera gradual.

Para extender la vida de anaquel en los mangos, se recomienda mantenerlos a una temperatura entre 10 - 15°C. Impulsar al sector productor el uso de recubrimientos en sus productos hortofrutícolas, que restituya la cera natural de la fruta que ha sido eliminada durante el lavado y eviten las pérdidas excesivas de peso y mejoren la apariencia externa del alimento.

CAPITULO I
INTRODUCCION

1.0 INTRODUCCION

En la actualidad, las frutas y hortalizas tanto frescas como mínimamente procesadas, gozan de una considerable aceptación por parte de los consumidores. Dicha aceptación se debe en gran medida a su facilidad de consumo así como a los beneficios que la ingesta de estos alimentos produce en la salud humana. ⁽⁹⁾

Sin embargo, los productos hortofrutícolas después de su recolección, continúan los procesos de respiración y transpiración, los cuales deben de controlarse exhaustivamente para prolongar el estado óptimo de maduración de estos alimentos hasta su consumo. Si estas reacciones progresan rápidamente las frutas y hortalizas maduran en exceso, se ablandan, se marchitan sus tejidos y disminuye de forma considerable su calidad. ⁽⁹⁾ El mango en particular, es una fruta altamente perecedera, ya que tiende inherentemente a sufrir deterioros y alteraciones, a pesar de tener un pericarpio capaz de proporcionarle una protección contra los hongos y las plagas. La frecuencia de estas alteraciones se incrementa en la medida que el manejo de la fruta no es el adecuado.

Para satisfacer las crecientes necesidades de los consumidores de productos frescos de alta calidad, es preciso dedicar importantes esfuerzos de investigación destinados a conocer y reducir los cambios en los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos que se desarrollan en el mango después de su recolección y aplicar tratamientos post-cosecha que preserven dicha calidad y retrasen la senescencia en las condiciones de almacenamiento que comúnmente son conservados.

Es por tal razón, que se impulsó el desarrollo de esta investigación, con el objetivo de evaluar el efecto de un recubrimiento a base de ceras (resina de colofonia y polietileno oxidado), en la calidad microbiológica y fisicoquímica en Mango Tommy Atkins y Panades; en el periodo de abril a julio de 2015.

Los mangos fueron recolectados en el centro de acopio el Coyolito, de la empresa Acceso Oferta Local El Salvador. Una vez obtenidas las muestras, se realizó análisis microbiológico inicial (*Salmonella* y *Escherichia coli*), para determinar si estos cumplían con los criterios microbiológicos de inocuidad establecidos en el grupo 4 del Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) 67.04.50:08 “Frutas y Hortalizas”.

El estudio se llevó a cabo aplicando un diseño de bloques completos al azar, con arreglo factorial de dos factores. Esto permitió verificar durante 36 días de almacenamiento a una temperatura de 10°C, la influencia de la aplicación del recubrimiento en las características microbiológicas (identificación de la presencia de *Colletotrichum gloeosporioides*, *Penicillium spp*) y fisicoquímicas (pérdida de peso, acidez titulable, determinación de azúcares y determinación de madurez) de cada tratamiento.

Todas las determinaciones que se han especificado, se realizaron en el Laboratorio de Control de Calidad de Alimentos y Toxicología del Laboratorio Nacional de Referencia del Ministerio de Salud cada cuatro días, obteniendo un total de 11 ensayos.

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante el análisis de varianza (ANOVA), para establecer las diferencias y similitudes de cada tratamiento.

Al finalizar el estudio, los resultados fueron socializados con los miembros del acopio Acceso Oferta Local El Salvador.

CAPITULO II

OBJETIVOS

2.0 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de un recubrimiento a base de ceras en la calidad microbiológica y fisicoquímica en Mango (*Mangifera indica*).

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 2.2.1 Realizar análisis microbiológico a los frutos de mango de las dos variedades de acuerdo a los criterios establecidos en el grupo 4 del Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) 67.04.50:08, sub grupo 4.1 Frutas y Hortalizas frescas.
- 2.2.2 Verificar la influencia de la aplicación del recubrimiento en las características fisicoquímicas del mango.
- 2.2.3 Identificar la presencia de *Colletotrichum gloeosporioides* y *Penicillium spp* en mango Tommy Atkins y Panades, con y sin recubrimiento en un periodo de 36 días a 10°C.
- 2.2.4 Comparar diferencias y similitudes de los frutos de mango con recubrimiento y sin recubrimiento para cada variedad.
- 2.2.5 Socializar los resultados obtenidos con los miembros del acopio Acceso Oferta Local El Salvador.

CAPITULO III
MARCO TEORICO

3.0 MARCO TEORICO

3.1 GENERALIDADES

3.1.1 Origen del mango

El mango por su capacidad de adaptación a diferentes condiciones adversas, es uno de los frutales más ampliamente distribuidos en el país; por lo que la mayor parte de la producción nacional proviene de huertos de traspatio, sin embargo existen pocos huertos comerciales. ⁽⁸⁾

El origen del mango se ubica en el continente asiático, entre la zona geográfica del noreste de la India y el norte de Burma, muy cerca del Himalaya.

La distribución de su cultivo se extendió primeramente por el sudeste asiático y más tarde al archipiélago Malayo; así los portugueses lo llevaron primero al continente africano y posteriormente a las costas de Brasil, y de ahí se distribuye al resto de América. ⁽⁸⁾

A nivel mundial se producen aproximadamente 16,127 millones de toneladas métricas por año. Esta se distribuye de la siguiente manera: Asia produce el 79%; América el 13% y el 8% África, Europa y Oceanía. ⁽⁸⁾

Las diferentes variedades de mango tienen demanda en el mercado local e internacional por su excelente sabor y presentación. Se consume como fruta fresca o procesada en forma de jalea, conservas, salsas, encurtidos, ensaladas, helados y jugos enlatados. ⁽⁸⁾

3.1.2 Taxonomía

De acuerdo a la clasificación taxonómica el mango se ubica de la siguiente manera:⁽⁸⁾

Clase: Dicotiledóneas
Subclase: Rosidae
Orden: Sapindales
Suborden: Anacardiineae

Familia: Anacardiaceae

Género: *Mangifera*

Especie: *indica*

3.1.3 Variedades de mango

El género *Mangifera* comprende 69 especies que se encuentran distribuidas en una amplia zona geográfica con distintas condiciones ambientales y exhiben una considerable diversidad genética, particularmente en caracteres del fruto.⁽²³⁾ Las principales variedades de interés comercial son: Tommy Atkins, Manila, Irwin, Haden y Panades.

El mango Panades pesa aproximadamente entre 450 a 700 gramos, con una longitud de once centímetros, ancho de seis centímetros, de forma oblonga oval, con base prominente, cavidad basal poco profunda, pico ligeramente formado, hombro ventral y dorsal de curva larga, seno muy poco notorio, ápice redondeado y cáscara lisa de color rojo.⁽⁸⁾

El mango Tommy Atkins es de color amarillo/rojo, tipo redondo, con una longitud de doce a catorce centímetros, anchura de diez a trece centímetros, con un peso de 450 a 700 gramos y con un contenido de fibra de regular a alto.⁽²³⁾

3.1.4 Composición del Mango

El fruto de mango está constituido por una porción comestible, que en términos de volumen es de un 60-75% del fruto, y por la semilla con un 25-40%; dicha relación depende directamente del cultivar.⁽¹²⁾

La porción comestible de un fruto con madurez de consumo en su mayoría está formada por agua (84%), azúcares (15%) y proteínas (0.5%); en cambio la semilla posee gran cantidad de carbohidratos (70%), lípidos (10%) y proteínas (6%).

La composición química de los frutos también puede presentar variaciones en cuanto a cultivares lo que evidentemente repercute en la calidad organoléptica y nutricional de éstos. ⁽¹²⁾

3.2 FACTORES QUE LIMITAN LA CALIDAD DEL MANGO

Las frutas son tejidos vivos, que continúan experimentando continuos cambios hasta el momento en que se consumen. Todos los tejidos vivos respiran y en consecuencia de esto su estabilidad durante el almacenamiento se ve afectada por diversas razones que a medida pasa el tiempo deterioran el fruto y en consecuencia su vida de anaquel disminuye. ⁽⁸⁾

El mango es un fruto que en condiciones tropicales madura dentro de 6-7 días y alcanza su sobre madurez y senescencia alrededor de los 15 días de haber sido cosechado. ⁽⁸⁾

Para evaluar la calidad de una fruta es necesario tomar en cuenta los mecanismos de deterioro del alimento, por medio de indicadores de tipo químico, físico, microbiológico y/o sensorial. ⁽¹¹⁾

3.2.1 Respiración

Las frutas y hortalizas frescas necesitan respirar a fin de obtener la energía suficiente para la mantención de la vida. Respiran absorbiendo oxígeno de la atmósfera y liberando dióxido de carbono, tal como lo hace el hombre, los animales y otros organismos. Durante la respiración la producción de energía proviene de la oxidación de las propias reservas de almidón, azúcares y otros metabolitos. Una vez cosechado, el producto no puede reemplazar estas reservas que se pierden y la velocidad con que disminuyen será un factor de gran importancia en la duración de la vida post-cosecha del producto. ⁽¹⁾

En el caso del mango la respiración, se puede dividir en 4 etapas ⁽¹²⁾:

1. Pre-climatérica que tiene una duración de hasta tres días (26°C y 45-65% H.R.) después de haber sido cosechados. Se caracteriza por una

baja producción de CO₂ (70 mg. CO₂/Kg-h), fruta firme y piel de color verde.

2. Aumento del período climatérico con una duración de hasta el sexto día de post-cosecha. Se produce un aumento repentino del CO₂, sin embargo los frutos permanecen verdes y firmes.
3. Máximo del climatérico, el cual ocurre al noveno día de post-cosecha y en donde se produce la mayor liberación de CO₂ (250 mg.CO₂/Kg-h aprox.) en la fruta se produce un quiebre del color, aumento del jugo y del olor.
4. Senescencia, la cual se produce después de los 10 días de cosecha, en donde los niveles de CO₂ disminuyen bruscamente y se produce el aroma característico del fruto.

3.2.2 Transpiración

La transpiración es la principal causa de la pérdida de agua de las frutas y vegetales ocasionando pérdida de peso, deterioro en la apariencia (marchitamiento y formación de arrugas), disminución de firmeza (ablandamiento, pérdida de turgencia), cambios en la calidad nutricional, además de una mayor susceptibilidad a determinadas alteraciones tanto fisiológicas como patológicas. ⁽¹⁾ La transpiración es un proceso por el cual los tejidos vegetales pierden agua en forma de vapor desde las células del interior hacia la atmósfera que los rodea (Ver Figura N°1).

La intensidad de la pérdida de agua depende de factores intrínsecos del fruto y de factores ambientales. Entre las variables intrínsecas al fruto, las más relevantes son: La relación superficie/volumen, la estructura de la epidermis, el grosor y composición de la cera epicuticular. Las pérdidas de agua son directamente proporcionales a la relación superficie/volumen, por lo que los

frutos de mayor volumen y más esféricos son los que presentan menor pérdida de agua. (1)

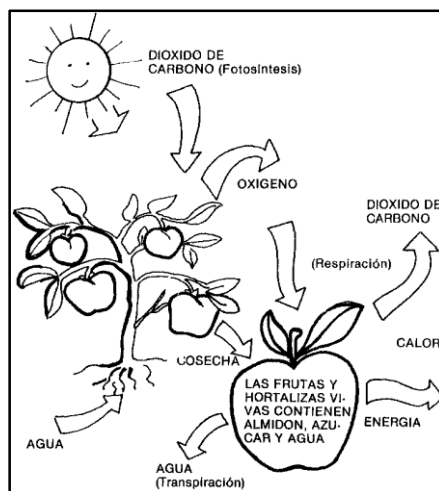


Figura N°1. Proceso de transpiración y respiración en plantas. (1)

Los factores ambientales que más influyen en la deshidratación son la temperatura, la humedad relativa (HR) y la velocidad de circulación del aire que rodea al fruto. (1)

3.2.3 Relación Acidez - Dulzura

La maduración de los frutos de mango está caracterizada por la hidrólisis de almidón y el consecuente aumento de azúcares totales (principalmente sacarosa), así como la disminución de la acidez titulable, del contenido de clorofila y aumento en carotenoides totales. (8)

En lo que se refiere a los cambios químicos ocurridos durante el almacenamiento en el mango, puede decirse que los azúcares totales ascienden rápidamente según las temperaturas, es decir a mayor temperatura más rápido es el ascenso y viceversa. Las bajas temperaturas de

almacenamiento (5 a 7°C) conducen a la acumulación de almidón en capas externas de la pulpa. ⁽⁸⁾

En frutos de mango almacenados a 26°C y 45-65% H.R. durante 12 días se produce un incremento de los azúcares totales (2.1 a 12.7%), con una rápida disminución de la acidez. Los azúcares totales alcanzan los máximos valores en el momento que se produce el máximo climatérico de la respiración. ⁽⁸⁾

3.2.4 Alteraciones fisiológicas

Este tipo de alteraciones está referido a las variaciones en la maduración y propiedades del fruto asociadas principalmente a aspectos técnicos de cultivo, como son la frecuencia de riego, el uso de fertilizantes adecuados y época de plantación, entre otros. ⁽¹⁾

3.2.5 Alteraciones físicas

Las alteraciones físicas pueden tener su origen en deficiencias nutricionales o condiciones climáticas adversas ocurridas durante el periodo pre-cosecha y/o en una incorrecta manipulación en post-cosecha, como es el caso del almacenamiento a temperaturas y humedad relativa no adecuadas, conservación en atmosferas no controladas, entre otras. Este tipo de alteraciones produce cambios indeseables en la piel de los frutos y por lo tanto una pérdida de valor comercial. ⁽¹⁾

Dentro de los desórdenes más comunes se encuentran la necrosis peripeduncular y los daños por frío. ⁽¹⁾

Dentro de las alteraciones físicas tenemos:

- Temperatura
- Aberturas y magulladuras
- Ventilación

3.2.6 Efectos de la temperatura

El mango es una fruta de origen tropical, muy susceptible al daño por frío durante su almacenamiento, debido a que no tolera temperaturas inferiores a 10°C con 85 a 90% de humedad relativa, con lo cual no se puede mantener por un período superior a 21 días. ⁽¹⁴⁾

El daño por frío se caracteriza por una maduración anormal (ablandamiento heterogéneo, alteración de los mecanismos de biosíntesis de carotenoides, degradación de clorofila e hidrólisis de almidón), alta velocidad de respiración, picado de piel (pitting), formación de cavidades en la pulpa y pérdida del aroma, además de que las zonas dañadas resultan más sensibles al ataque de patógenos. ⁽¹⁴⁾

3.2.7 Aberturas y magulladuras

Las aberturas y magulladuras del producto no sólo son desagradables, sino que al producir ruptura de las células y daño tisular ocasionan la pérdida de agua y lo más importante, un rápido incremento en la respiración del tejido dañado. El aumento en la velocidad de la respiración naturalmente ocasiona un aumento localizado de la temperatura, que si no es controlado, calentara el ambiente que rodea al producto. Esto significa que una fruta dañada en una caja de fruta limpia y sana constituye un serio riesgo para la caja entera. Se deduce entonces que deben tomarse todas las precauciones para reducir al mínimo las aberturas y magulladuras, lo que puede lograrse únicamente mediante la cosecha, manejo y procedimientos de embalaje cuidadosos. También es

conveniente no mezclar el producto dañado con el producto sano en el mismo empaque, vehículo o bodega de almacenamiento. ⁽¹⁴⁾

3.2.8 Ventilación

Cuando los productos frescos se almacenan a granel, sin suficiente ventilación y sin un control de la temperatura, pueden por obra de su propia respiración crear una atmósfera anormal empobrecida en oxígeno y enriquecida en dióxido de carbono. Cuando el nivel de oxígeno cae por debajo del 2% el producto puede volverse anaeróbico, y la fermentación que origina dará como resultado sabores alcohólicos desagradables y descomposición de los tejidos. A estos niveles, las frutas que requieren oxígeno para el cambio de color durante la maduración permanecerán verdes aunque otras reacciones propias de la maduración continúen su proceso. Al retornar a una atmósfera normal, puede ocurrir una rápida descomposición y el producto deja de tener valor comercial. A menudo se asocia un bajo nivel de oxígeno a un alto nivel de dióxido de carbono. Las frutas especialmente, pueden presentar un retardo en el ablandamiento y cambio de color, a niveles de dióxido de carbono superiores al 5%. ⁽¹⁴⁾

3.2.9 Alteraciones Fitopatógenas

Las frutas son productos perecederos susceptibles al ataque microbiano, causantes de enfermedades ante o después de la cosecha y durante su almacenamiento. Los hongos que causan estas enfermedades son denominados: Fitopatógenos. ⁽¹⁰⁾

Estos microorganismos constituyen un grupo de gran importancia en la agricultura, ya que ocasionan grandes pérdidas económicas y en la producción,

aumentando el costo de producción al tener que establecer medidas para su control. ⁽¹⁰⁾

Dentro de las especies de hongos fitopatógenos de importancia económica están: ⁽¹⁰⁾

- *Colletotrichum gloeosporioides*
- *Botrytis cinerea*
- *Penicillium spp*

3.2.9.1 *Colletotrichum gloeosporioides*

El hongo fitopatógeno de interés en mango es el *Colletotrichum gloeosporioides*, un moho que forma conidios simples, aunque alargados y conidios hialinos, que son unicelulares, céreos, y generalmente de color oscuro. Produce la antracnosis (manchas pardas/negras) en hojas, tallos, panículas florales y principalmente en los frutos. Su efecto es limitante en la producción, debido a que ocasiona grandes pérdidas de frutos en el campo, durante la cosecha y la post-cosecha. ⁽¹⁰⁾

Cuando están recién formados los frutos toman una coloración oscura, luego se momifican y caen. En frutos inmaduros, la enfermedad se expresa por medio de manchas de color pardo claro y de aspecto aceitoso, ubicadas en la zona aledaña al pedúnculo. ⁽¹⁰⁾

Aunque la infección ocurre en etapas tempranas del crecimiento del fruto, las lesiones típicas de la antracnosis se hacen visibles con la maduración. En esta etapa se observan manchas circulares, hundidas y oscuras, con una superficie quebradiza. Cuando las lesiones crecen, termina hundiéndose, formando una necrosis completa del fruto (Ver Figura N°2). ⁽¹⁰⁾



Figura N°2. Fruto de mango con antracnosis. ⁽¹⁰⁾

La incidencia de la antracnosis se incrementa debido a prácticas agrícolas inadecuadas, como la deficiente recolección de los frutos afectados y el uso inadecuado de fungicidas. ⁽¹⁰⁾

La severidad de la enfermedad incrementa con la lluvia y la alta humedad y su evolución es muy rápida. ⁽²³⁾

3.2.9.2 *Penicillium spp*

Otro de los hongos fitopatógenos que también causa deterioro en las frutas es el *Penicillium spp*. Este género se caracteriza por formar conidios en una estructura ramificada, semejante a un pincel que termina en células conidiógenas llamadas fiálides, sus colores típicos varían de azul a azul-verde. Estos hongos son los responsables de causar la podredumbre azul y verde en frutos. ⁽¹⁰⁾

Penicillium spp se encuentra en todas partes, siendo comúnmente abundante en suelos. Su fácil proliferación representa un problema en los alimentos. Algunas especies producen toxinas. ⁽¹⁰⁾

El hongo penetra en los frutos a través de aberturas, pero también puede extenderse por contacto desde los frutos infectados a los sanos. ⁽¹⁰⁾

3.2.9.3 Métodos de control fitopatógico

El deterioro de la calidad del fruto por ataques fungosos, puede prevenirse o controlarse en ciertos límites, mediante la aplicación de fungicidas en pre o en post-cosecha, aunque últimamente se ha encontrado que el tratamiento con agua caliente en post-cosecha es muy efectivo para controlar antracnosis, así como para otras enfermedades fungosas. Para ello los frutos se sumergen en agua a 52°C por 3 a 15 minutos. ⁽¹⁾

Es importante mencionar, que también hay bacterias causantes de manchas negras en el fruto de mango. Bacterias epífitas, generalmente (*Xanthomonas campestris*), son capaces de formar lesiones en la planta a través de heridas. Los arboles de las variedades Kent y Keitt; son particularmente susceptibles. Regularmente las aspersiones de oxiclورو de cobre e hipercloruro de calcio son eficaces para controlar esta enfermedad. ⁽²¹⁾

3.3 TECNOLOGÍAS POST-COSECHA EN LA INDUSTRIA HORTOFRUTÍCOLA

Según la FAO define la calidad de los productos agroalimentarios como una característica compleja de los alimentos que determinan su valor o aceptabilidad para los consumidores. Estas características están relacionadas tanto con la aceptación organoléptica y nutricional, como con su aspecto externo. ⁽¹⁴⁾

Con el objetivo de reducir las pérdidas post-cosecha de frutos en general, se han desarrollado diversas técnicas de conservación, con las cuales se pretende alargar la vida de anaquel del producto, manteniendo constantes sus propiedades organolépticas y nutritivas. Las más utilizadas actualmente, se detallan a continuación.

3.3.1 Conservación frigorífica

Se basa en la idea de que las temperaturas de refrigeración reducen el crecimiento microbiano y la actividad enzimática; dicha técnica aplica temperaturas constantes sobre el producto a conservar, siempre por encima del punto de congelación para prolongar la conservación económica. ⁽¹⁴⁾

El intervalo de temperaturas a trabajar para frutas y hortalizas se extiende desde los -2°C hasta los 15°C, con una duración de la conservación de dos semanas a ocho meses. Por el método convencional se usan temperaturas inferiores a los 5°C y superiores a -1°C (punto cercano al punto de congelación, según los sólidos solubles disponibles en el fruto); con una humedad relativa del 85-95% y con renovación del aire, para evitar la concentración de CO₂, etileno y volátiles.

Para el caso de los frutos como el mango, la temperatura óptima de almacenamiento varía de 10 a 23°C dependiendo de la especie y cultivar. ⁽¹⁴⁾

3.3.2 Conservación en atmósferas controladas/modificadas (AC/AM)

Esta técnica consiste en la sustitución de los gases de los tejidos en los productos frescos, por uno o más gases siguiendo una secuencia apropiada. El interés de este método radica en encontrar gases apropiados y seguros frente a bacterias y enzimas; sin embargo el almacenamiento de algunas frutas por éste método ha tenido poco éxito ya que los valores de tiempo de almacenamiento no varían de forma importante en comparación con los almacenados en aire bajo las mismas condiciones. Los gases comúnmente utilizados para el desarrollo de AC/AM son: oxígeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido de azufre, óxido de etileno, óxido de propileno y/u ozono. ⁽¹⁴⁾

Como desventajas cabe señalar el desarrollo de malos sabores y los desórdenes en la maduración por intolerancia a bajas concentraciones de O₂

y/o altas concentraciones de CO₂. Las frutas presentan diferente tolerancia al O₂ y CO₂ según la especie y cultivar, de acuerdo con su tasa respiratoria y permeabilidad de la piel. Bajas concentraciones de O₂ y/o altas concentraciones de CO₂ causan acumulación de etanol y acetaldehído y desarrollos malos en los frutos. ⁽¹⁴⁾

Algunas frutas presentan una baja tolerancia al CO₂ lo que limita el uso de esta técnica post-cosecha en estos frutos. ⁽¹⁴⁾

3.3.3 Conservación por calor

Una de las formas más antiguas de conservación, tiene gran valor como barrera para reducir los microorganismos e inactivar enzimas; el principal problema con esta técnica es la degradación del gusto, textura, color y calidad nutritiva de los productos tratados. ⁽¹⁴⁾

En los tratamientos con calor se incluyen el curado y los calentamientos intermitentes, que son técnicas para reducir los daños por frío. El curado es un tratamiento previo a la refrigeración y consiste en someter al fruto a altas temperaturas durante un corto periodo de tiempo para inducir la producción de proteínas de resistencia a las bajas temperaturas. Los calentamientos intermitentes se basan en el carácter reversible de algunos daños por frío en la fase de latencia de la alteración. Consiste en someter al fruto a calentamientos intermitentes, en el curso de la conservación frigorífica convencional. La eficacia de los calentamientos intermedios se atribuye a una serie de respuestas fisiológicas del fruto durante los mismos que incluyen: la restauración de las membranas celulares dañadas por el frío, la eliminación de metabolitos tóxicos acumulados a bajas temperaturas, y la síntesis de metabolitos indispensables para el correcto funcionamiento celular. ⁽¹⁴⁾

En cultivares de frutos sensibles al frío se ha observado una reducción de los daños mediante distintos tratamientos con calor. ⁽¹⁴⁾

3.3.4 Conservación química

Entre los tratamientos químicos utilizados en post-cosecha para mantener los atributos de calidad del fruto, se incluyen los reguladores del crecimiento (benciladenina, ácido giberelico y ácido diclorofenoxiacético); las poliaminas que tienen actividad antioxidante; el calcio que retiene la firmeza del fruto, reduce la incidencia de podredumbre y previene distintos daños por frío; los metil-jasmonatos que también se utilizan para prevenir los daños por frío y los fungicidas. Otro tratamiento químico es la aplicación gaseosa de 1-metilciclopropeno (1-MCP) que inhibe la acción del etileno retrasando la maduración de algunos frutos climatéricos. ⁽¹⁴⁾

3.3.5 Conservación utilizando irradiación

Se refiere a radiaciones electromagnéticas sobre el alimento de interés, teniendo en cuenta que las longitudes de onda más cortas son las más lesivas para los sistemas biológicos. Ejemplos de las radiaciones más empleadas son los rayos γ , infrarrojos, microondas y luz ultravioleta.

La aplicación de radiaciones ionizantes en post-cosecha tiene por objeto la desinfección de plagas por destrucción de larvas y huevos; la inactivación de organismos patógenos y la reducción del metabolismo del fruto, disminuyendo la actividad respiratoria, la síntesis de etileno y la pérdida de agua. Los efectos de la radiación en las frutas dependen de la especie y cultivar. ⁽¹⁴⁾

Las dosis de irradiación permitida varían dependiendo del tipo de alimento, para la gran mayoría de los alimentos el límite de radiación es menor a 10kGy. En el caso de los frutos frescos o pueden irradiarse a dosis mayores de 1kGy. ⁽²³⁾

3.3.6 Reducción de la actividad del agua (a_w)

Método basado en la desecación de los alimentos hasta niveles no soportables para los microorganismos vegetativos; realizando la desecación del alimento o adicionando ingredientes con una elevada presión osmótica para formar

complejos con el agua del producto. Un claro ejemplo de la aplicación de esta técnica es la incorporación de azúcar, como agente depresor de la actividad de agua, al puré de fruta durante la elaboración de mermelada, para obtener un producto de humedad intermedia. ⁽¹⁴⁾

3.4 RECUBRIMIENTOS

Los órganos vegetales, en su mayoría, poseen una cubierta protectora de cera natural y de cutina sobre las paredes superficiales de células epidérmicas. Se ha demostrado que la cutícula es la encargada de controlar los factores causantes del deterioro de las frutas. Debido al deterioro que sufre la cutícula de los frutos de mango, se han estudiado alternativas que ayuden a mantener las características de esta cubierta natural y de esta forma contribuir a la calidad del mismo. La aplicación de cubiertas comestibles se ha proyectado como una alternativa viable para cumplir con este requisito. ⁽²³⁾

El uso de películas y recubrimientos para mejorar la calidad y vida comercial de frutos y hortalizas es común, ya que tienen la capacidad de retardar la velocidad de respiración, disminuir las pérdidas de vapor de agua y emanación de compuestos volátiles y de combatir y/o prevenir el crecimiento de larvas y microorganismos. En frutos y hortalizas también se ha observado que las bajas presiones de oxígeno, generadas en el interior de los frutos por las películas y recubrimientos tienen efectos benéficos sobre la fisiología del producto, tales como la reducción de la tasa respiratoria, la inhibición de la producción y acción del etileno, así como la reducción de algunas fisiopatías. ⁽²³⁾ Otro objetivo de la aplicación de los mismos es aportar brillos al fruto, confiriéndole un aspecto más apetecible en el punto de venta. ⁽¹⁾

3.4.1 Recubrimientos comestibles

Un recubrimiento comestible se puede definir como una capa fina y continua de material comestible que se dispone sobre una superficie alimentaria para mejorar la calidad y aumentar la vida útil del alimento. Los términos recubrimiento (coating) y película (film) se utilizan frecuentemente como sinónimos, pero estrictamente se considera película comestible cuando se ha preformado antes de su aplicación y puede ser utilizada como contenedor o separador entre distintas superficies alimentarias. Por otra parte el recubrimiento comestible se forma directamente sobre la superficie alimentaria y se considera como parte integrante del producto final. ⁽¹⁾

Los principales componentes utilizados en la preparación de estos recubrimientos naturales son: Proteínas, polisacáridos y lípidos. Además de estos componentes básicos se añaden otros aditivos alimentarios, como plastificantes, emulsificantes, surfactante, conservantes, antioxidantes, que ayudan a mejorar la integridad mecánica, la calidad, aroma y valor nutricional de los alimentos. ⁽¹⁾

Los polisacáridos, son los más utilizados como recubrimientos de frutas y hortalizas y forman parte de la mayoría de las formulaciones que actualmente existen en el mercado. Los polisacáridos presentan buenas propiedades barrera a los gases y pueden adherirse a las superficies de frutas y hortalizas troceados, pero su carácter hidrófilo hace que presenten una baja barrera frente a la humedad. Los polisacáridos utilizados habitualmente en los recubrimientos comestibles son derivados de celulosa, alginatos, carragenatos, pectinas, almidón, pullulan, quitosanos y gomas. ⁽¹⁾

La aplicación de recubrimientos comestibles proporciona muchas ventajas respecto a la interacción de los alimentos frescos con el medio que los rodea,

como la disminución del intercambio gaseoso (O_2 y CO_2), migración de grasas y aceites y transporte de solutos; mejorando las propiedades mecánicas y la integridad de los alimentos, además de la retención de los compuestos volátiles.

3.4.2 Encerado

La aplicación de recubrimientos céreos es una alternativa para mantener la calidad de los frutos, debido a que mejora su apariencia (brillo) y prolonga la vida comercial por reducción de la pérdida de peso, intercambio de gases entre la fruta y el medio ambiente, así como también previene la penetración y proliferación de esporas de microorganismos que causan pudriciones. Si se utiliza la formulación adecuada, el recubrimiento no causa efectos secundarios adversos en el fruto. ⁽²³⁾

Las ceras son las barreras más eficientes para proteger contra la pérdida de humedad y se ha demostrado que mantienen la calidad, contribuyendo a preservar la firmeza y reduciendo la pérdida de peso de los frutos de mango en pos-cosecha. ⁽²³⁾

Las primeras referencias de uso del encerado, se remontan a los siglos XII – XIII en China. Las primeras patentes de formulaciones de ceras mencionan la inclusión de parafina como material céreo y junto a ella diversas mezclas de otros componentes como: carnauba, candelilla, goma laca, aceites vegetales o minerales u otras grasas y emulsificantes y surfactantes. ⁽¹⁾

Las ceras mayoritariamente empleadas son ceras sintéticas del tipo polietileno oxidado, empleándose en mucha menor medida las ceras vegetales del tipo carnauba y prácticamente testimonial es el uso de ceras de origen animal, como la cera de abeja. ⁽¹⁾

En función de la finalidad de su uso se pueden definir dos tipos de encerado: los de conservación y los de comercialización, que se diferencian por el contenido en sólidos en la aplicación. El encerado de conservación se utiliza antes del almacenamiento en las cámaras frigoríficas y su objetivo es mantener el peso, la firmeza y las propiedades organolépticas, no siendo necesario en general, que mejore la apariencia del fruto. El encerado de comercialización se aplica a la fruta antes de su envío al mercado de consumo, con la finalidad de mejorar su aspecto externo y mantener el peso. Por tanto, el contenido de sólidos en el caso del encerado de conservación no supera al 10-12% mientras que en el caso del encerado de comercialización el contenido de sólidos no supera el 18%.⁽¹⁾

3.5 TECNICAS DE APLICACION DE RECUBRIMIENTOS

Existen distintas técnicas de aplicación de recubrimientos, las más empleadas son:

- Inmersión
- Aspersión de espuma
- Atomización

La inmersión es una técnica de bajo coste que permite obtener una distribución homogénea del recubrimiento si se realiza adecuadamente. Sin embargo, puede originar problemas de contaminación microbiana o dilución de las emulsiones si la fruta no está previamente seca. La aspersión de espuma y la atomización requieren equipos de aplicación que permiten agilizar el proceso de aplicación. La aspersión de espuma presenta la ventaja de facilitar el secado porque permite el uso de formulaciones de alto contenido en sólidos, pero puede dar lugar a una mala distribución del recubrimiento. La atomización de las soluciones de recubrimiento da buenos resultados y es la técnica más empleada.

CAPITULO IV
METODOLOGIA

4.0 METODOLOGIA

4.1 METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

La investigación fue un estudio experimental, debido a que estuvo enfocada a la evaluación de un recubrimiento a base de ceras para extender la calidad del mango Panades y Mango Tommy Atkins; para lo cual se realizaron determinaciones fisicoquímicas y microbiológicas (identificación de *Colletotrichum gloeosporioides*, causante de la antracnosis en el mango y *Penicillium spp*).

Así mismo fue un estudio de corte transversal ya que se llevó a cabo con mangos Panades y Tommy Atkins recolectados en el centro de acopio el Coyolito, de la empresa Acceso Oferta Local El Salvador a partir de varios productores de la zona Norte del país durante el periodo de abril a julio de 2015.

4.2 UNIVERSO Y MUESTRA

4.2.1 Universo

Todos los mangos fueron recolectados en el centro de acopio el Coyolito, de la empresa Acceso Oferta Local El Salvador, ubicado en el departamento de Chalatenango que corresponde a la zona norte del País.

4.2.2 Muestra

Los mangos seleccionados fueron las variedades Panades, procedente del cantón Milingo del municipio de Suchitoto y Tommy Atkins, procedente del municipio de Guazapa.

4.2.3 Tamaño de muestra

Partiendo de la producción semanal de mango Panades y mango Tommy Atkins, para la determinación de un número representativo del tamaño de muestra se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{(N)(Z\alpha)^2 (p) (q)}{(d)^2 (N - 1) + (p) (q)}$$

Dónde:

N = total de unidades

$(Z\alpha)^2 = 1.96^2$ si se trabaja al 95%

p = proporción máxima esperada de error (se asume como máximo el 50% = 0.5)

q = 1 – p = (1 – 0.5) = 0.5

d = precisión al 5%

Del tamaño de muestra obtenido, se seleccionó una muestra aleatoria simple de acuerdo al número total de ensayos que se realizaron en la investigación.

4.2.3.1 Mango Panades

La producción de mango Panades por semana es de 2000 unidades de mangos, aplicando la fórmula para determinar el tamaño de muestra, se obtuvo lo siguiente:

$$n = \frac{(2000)(1.96)^2 (0.5)(0.5)}{(0.05)^2 (2000-1) + (0.5) (0.5)}$$

n = 366.04 unidades \approx 367 unidades de mango Panades.

4.2.3.2 Mango Tommy Atkins

La producción de mango Tommy semanal es de 1000 unidades, aplicando la fórmula para determinar el tamaño de muestra, se obtuvo lo siguiente:

$$n = \frac{(1000)(1.96)^2 (0.5)(0.5)}{(0.05)^2 (1000-1) + (0.5) (0.5)}$$

$n = 349.5$ unidades ≈ 350 unidades de mango Tommy.

El diseño experimental para determinar la calidad de los mangos consistió en 11 ensayos ⁽¹¹⁾, durante 30 días, por lo que del tamaño de muestra obtenido anteriormente, se seleccionaron de forma aleatoria simple 22 unidades de cada variedad de mango, de los cuales se recubrieron 11 de cada variedad.

4.3 SELECCION DEL MATERIAL

Se utilizaron frutos de mango variedad Panades y variedad Tommy Atkins. Los mangos fueron recolectados cuidadosamente, con un grado apropiado de desarrollo y $\frac{3}{4}$ de madurez fisiológica o 75% maduro (sazón). Además estos se encontraban:

- Enteros
- Con consistencia firme; es decir el fruto cedía a una presión moderada.
- Sanos, (se excluyeron frutos afectados por podredumbre o deterioro que hiciera que no fuesen aptos para el consumo)
- Libres de cualquier materia extraña visible, sin estrías o manchas necróticas negras, sin magulladuras marcadas, libres de daños causados por plagas, sin daño visible por las bajas temperaturas y la humedad.
- No presentaron olor extraño

Los mangos con los que se trabajó en la investigación correspondían a la cosecha entre abril y julio del año 2015.

4.4 LAVADO Y DESINFECCION DE LOS FRUTOS

Luego de la selección, los frutos de mango fueron enjuagados e higienizados por inmersión, con una solución de ácido láctico al 1% durante 5 minutos. Y se dejaron secar a temperatura ambiente.

4.5 CONDICIONES DE PRUEBA

El estudio se realizó aplicando un diseño factorial de dos factores, siendo los factores de estudio: dos variedades de mango (Panades y Tommy Atkins con y sin recubrimiento) como se detalla en la figura N°3.

11 mangos por cada variedad se les aplicó el recubrimiento, y 11 de cada variedad no se recubrieron. Se obtuvieron cuatro tratamientos denominados: Panades Recubierto (PR), Panades sin Recubrimiento (PSR), Tommy Atkins Recubierto (TR) y Tommy Atkins sin Recubrimiento (TSR).



Figura N°3. Condiciones de prueba

4.5.1 Almacenamiento

Para todos los tratamientos los frutos se colocaron en bandejas plásticas a una temperatura de 10°C por un periodo de 36 días.

4.5.2 Frecuencia de inspección

Para todos los tratamientos, la frecuencia de inspección fue cada 4 días, obteniendo un total de 11 ensayos durante los 36 días de almacenamiento.

4.5.3 Unidad experimental

La unidad experimental correspondió a un fruto por cada tratamiento haciendo un total de 4 unidades, a cada unidad experimental se les realizó análisis fisicoquímico y microbiológico.

4.6 METODO ANALITICO

Para evaluar la calidad de los mangos se realizaron las siguientes determinaciones:

1. Análisis microbiológico Inicial antes de aplicar el tratamiento a los mangos.
2. Pérdida de peso
3. Acidez titulable
4. Determinación de azúcares
5. Índice de Madurez
6. Identificación de *Colletotrichum gloeosporioides* y *Penicillium spp*

4.6.1 Análisis Microbiológico inicial

Se realizó análisis microbiológico a los frutos para determinar su inocuidad (Ver Anexo N° 1 y 2), de acuerdo a los criterios establecidos en el grupo 4. Frutas y Hortalizas, en el subgrupo 4.1 Frutas y Hortalizas frescas del reglamento técnico centroamericano ⁽¹⁹⁾ (Ver Tabla N° 2).

Tabla N°1. Criterios de inocuidad para frutas y hortalizas según RTCA

4.0 Grupo de Alimento: Frutas y hortalizas.			
4.1 Subgrupo del alimento: Frutas y hortalizas frescas			
Parámetro	Categoría	Tipo de riesgo	Límite máximo permitido
<i>Salmonella spp</i> en 25g	10	C	Ausencia
<i>Escherichia coli</i>	5		10 ² UFC/g

Al verificar que los productos cumplían con los parámetros de inocuidad, se procedió a recubrir los frutos.

4.6.1.1 Recuento de *Escherichia coli* ⁽³⁾

1. Se pesaron 25 gramos, de muestra en 225 mL de agua de dilución fosfato bufferada, se agito en Stomacher por 2 minutos para homogenizar. (Dilución 10⁻¹)
2. Se preparó una serie de diluciones (dos diluciones). De la dilución 10⁻¹ se tomó una alícuota de 1mL y se adiciono en un tubo que contenía 9 mL de agua de dilución fosfato bufferada. (Dilución 10⁻²)
3. Se colocó 1 ml de cada dilución en placas petrifilm para *Escherichia coli* y se incubaron a 35±1°C de 24-48 horas.
4. Pasado el tiempo de incubación, se buscaron colonias azules o rojo azulados asociadas con burbujas de gas como colonias confirmadas *Escherichia coli*. (Ver Anexo N° 2)

4.6.1.2 Determinación de *Salmonella spp*⁽⁶⁾

1. Se pesaron asépticamente 25 gramos de la muestra examinada, en una bolsa estéril y se adicionaron 225mL de agua peptonada bufferada
2. Se mezcló en el Stomacher por 1 minuto.
3. Se incubo a $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 24 ± 2 horas.
4. Se transfirió 0.1mL del cultivo pre-enriquecido a un tubo con 10mL de caldo RV y 1mL del cultivo pre-enriquecido a un tubo con 10mL de caldo tetrionato,
5. Se incubo el caldo RV a $42 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ por 24 ± 2 horas en baño maría y el caldo tetrionato se incubo a $43 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ por 24 ± 2 horas en baño maría.
6. Cada medio de enriquecimiento se agitó e inoculó por técnica de estrías sobre los siguientes medios de cultivo: Agar XLD y agar HE.
7. Se incubaron las placas a 35°C durante 24 ± 2 horas.
8. Pasado el tiempo de incubación se examinó las placas para verificar el crecimiento de colonias típicas de *Salmonella*.
9. No se observó crecimiento característico a *Salmoenlla spp* (Ver Anexo N°1)

4.6.2 Recubrimiento de los mangos

Los mangos fueron recubiertos con un formulado compuesto por una mezcla de ceras (resina de colofonia y polietileno oxidado) en emulsión en agua; reconocida en el mercado como Teycer C Cp.

Antes de aplicar el recubrimiento fue necesario asegurarse que los mangos se encontraban secos, para evitar que el agua diluyera el film originado por la cera y se perdieran las ventajas del encerado. ⁽⁷⁾

La aplicación de la mezcla se realizó por medio de aspersión. Una vez aplicado el recubrimiento los mangos fueron colocados en bandejas de plástico y se almacenaron en una refrigeradora a una temperatura de 10°C.

4.6.3 Pérdida de peso

Todos los frutos correspondientes a cada tratamiento se pesaron individualmente al día "0" de almacenamiento. Posteriormente se almacenaron en las condiciones antes mencionadas. (Ver Anexo N°3)

Procedimiento

1. De acuerdo a la frecuencia de inspección, se registró el peso de los frutos de cada tratamiento.
2. Se expresó el resultado como porcentaje de pérdida de peso. ⁽⁵⁾

$$\% \text{pérdida de peso} = (\text{peso inicial} - \text{peso final}) * 100$$

4.6.4 Acidez titulable

Procedimiento ⁽²⁾

Preparación de la muestra:

1. Se retiró del mango la cascara y se procedió a obtener el jugo.
2. Se pesaron 20 gramos del jugo en un vaso de precipitado de 250mL y se llevó a un volumen aproximado de 100 mL con agua destilada.
3. Se agregó un agitador magnético sumergible y se mezcló bien antes de comenzar la titulación.
4. Se colocó dentro del beaker el electrodo del pH-metro evitando que este tocara el agitador magnético, ya que se podría quebrar.

5. Se llenó una bureta con 50 mL de la solución estandarizada de NaOH 0.1N. Se colocó la bureta en un pedestal con su abrazadera.
6. Manteniendo la muestra en agitación, se tituló rápidamente hasta llegar a un pH cercano a 6. Se adicióno la solución más lentamente hasta llegar a un pH de 7.
7. Una vez alcanzado el pH 7, se finalizó la titulación adicionando 4 gotas más de NaOH y se esperó una lectura estabilizada.
8. Cuando el pH estaba cercano a 8.0 se adicióno la solución de titulación NaOH 0.1N gota a gota esperando la estabilización.
9. Se finalizó la titulación hasta un pH de 8.1.
10. Se registró el volumen gastado de NaOH durante la titulación.
(Ver Anexo N°4)

$$\% \text{ de acidex} = \frac{(mL \text{ de NaOH})(N \text{ NaOH})(meq. ac. citrico)100}{\text{Peso de la muestra en gramos}}$$

Dónde:

N: Normalidad

Meq: mili equivalentes de ácido láctico (0.0901)

4.6.5 Determinación de azúcares

Preparación de la muestra ⁽²⁾

Antes de iniciar la medición, se calibró el refractómetro de mano utilizando agua destilada a una temperatura de 20°C. La lectura del agua destilada en el refractómetro debía indicar 0°Brix. (Ver Anexo N°5)

1. Para la determinación de sólidos solubles totales expresados como °Brix, se colocó directamente una gota del jugo de los mangos en un

refractómetro Wine Line modelo HI 96811, con control de temperatura a 20°C,

2. La escala para leer el porcentaje de azúcar venía expresada en °brix.

4.6.6 Determinación de la madurez

Para determinar la madurez en el mango se utilizó el contenido en azúcares expresado en °Brix, que se relacionara con la acidez del mango. Esta relación nos permitió conocer en índice de madurez: ⁽¹⁴⁾

$$\text{Índice de madurez} = \frac{\text{°brix}}{\text{Acidez}}$$

4.6.7 Análisis microbiológico

Identificación del Hongo *Colletotrichum gloeosporioides* causante de la Antracnosis en los mangos y *Penicillium spp.* (Ver Anexo N°6)

1. Se realizó un enjuague con 100 mL de agua destilada estéril al mango a evaluar.
2. Se transfirieron porciones de 1mL a 4 placas Petri estériles, previamente rotuladas.
3. A cada placa se adicionó 15 mL aproximadamente de agar papa dextrosa acidificado con ácido tartárico.
4. Las placas se incubaron a una temperatura de 22±1°C por un periodo de 5-7 días. ⁽⁶⁾
5. Después del periodo de incubación, se observó si existía crecimiento de colonias en las placas de agar papa dextrosa con las siguientes características:

Colletotrichum gloeosporioides: Colonias con micelio de color blanco y algodonoso, compacto, de aspecto polvoriento y color blanco grisáceo; el aspecto general de la colonia es de color naranja ligero y en el centro se observan masas conidiales dispersas de color naranja salmón. En la parte posterior, el centro de la colonia es de color naranja ligero brillante, cuya tonalidad va disminuyendo conforme se acerca a la periferia. Ocasionalmente se forman puntos de color café a café oscuro en el área naranja. ⁽²⁰⁾

Penicillium spp: Colonias filamentosas y vellosas, lanosas o de textura algodonosa. Son inicialmente blancas y luego se convierten en verde azuladas, gris verdosas, gris oliva, amarillentas o rosadas con el tiempo. El reverso de la colonia es pálido o amarillento. ⁽¹⁰⁾

6. En caso de observar los crecimientos detallados anteriormente, se procedió a subcultivar en agar papa dextrosa y se incubó a $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ de 5 a 7 días. ⁽²⁰⁾
7. Para la observación de las estructuras vegetativas y reproductivas de los hongos (Conidios) aislados en cultivos puros, se prepararon montajes con porciones de los micelios del hongo sobre láminas portaobjetos.
8. Se tiñó con una gota de lactofenol azul algodón y se observó al microscopio ⁽¹³⁾

Los conidios de *Colletotrichum gloeosporioides* son hialinos, unicelulares y una elevada proporción con un lado redondeado y otro fusiforme. ⁽²⁰⁾
(Ver anexo N° 7)

Los conidios de *Penicillium spp* son estructuras ramificadas, semejantes a un pincel que termina en células conidiógenas llamadas fiálides. ⁽¹⁰⁾(Ver anexo N°8)

4.7 METODO ESTADISTICO

El estudio se llevó a cabo aplicando un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial de dos factores.

El tratamiento estadístico de los resultados se realizó mediante análisis de varianza (ANOVA), para establecer si existían diferencias significativas entre las medias de los frutos con recubrimiento y sin recubrimiento. Se realizaron pruebas de rango múltiple utilizando una probabilidad de 0.05. Los análisis fueron realizados en el programa IBM SPSS Statistics 23.

4.8 SOCIALIZACION DE LOS RESULTADOS

La socialización de los resultados de esta investigación se realizó en una reunión informativa con personal Técnico de la empresa Acceso Oferta Local de El Salvador, y se le entrego un resumen de la investigación.

CAPITULO V
RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.0 RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

A continuación se presentan los datos obtenidos en los diferentes parámetros de calidad microbiológicos y fisicoquímicos, para cada una de los tratamientos de las variedades de mango en estudio.

5.1 ANALISIS MICROBIOLOGICO INICIAL

Debido a que los patógenos bacterianos forman parte del medio ambiente, pueden contaminar fácilmente las frutas si no se manipulan adecuadamente antes del consumo, por lo que fue necesario verificar la inocuidad de los frutos de mango variedad Panades y variedad Tommy Atkins utilizados en el estudio, obteniendo el resultado que se muestra en la tabla N°2.

Tabla N°2. Análisis microbiológico de acuerdo al RTCA

Parámetro	Resultado		Límite máximo permitido
	Mango Panades	Mango Tommy	
<i>Salmonella spp</i> en 25g	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Escherichia coli</i>	<10 UFC/g	<10 UFC/g	10 ² UFC/g

Los análisis demuestran que la carga microbiana de ambas variedades de mango, se encuentra dentro de los límites establecidos en el grupo 4. Frutas y Hortalizas, subgrupo 4.1 Frutas y Hortalizas frescas del Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA). Por lo que los frutos se encontraban inocuos y aptos para ser consumidos y para el análisis.

5.2 PERDIDA DE PESO

Las frutas y hortalizas frescas tienen un 80-95% de agua, pierden humedad rápidamente siempre que la humedad relativa de su entorno es inferior al 80-

95%. El vapor de agua pasa del producto al aire circundante ya que su atmósfera interna tiene 100% de humedad relativa. Mientras más seco esté el aire, más rápido pierde agua el producto mediante la transpiración.

El mango por ser un fruto climatérico, incrementa su ritmo de respiración y de producción de etileno una vez cosechado. Cuando esto ocurre se produce una serie de cambios estructurales, bioquímicos y organolépticos.

En la figura N°4, se detalla la evolución de la pérdida de peso de mango var. Panades y var. Tommy Atkins a lo largo del tiempo. Se observan dos grupos; un grupo lo conforman los frutos recubiertos, donde la pérdida de peso fue más lenta y el otro grupo lo conforman los frutos no recubiertos, cuya pérdida de peso fue mayor. En general, los mangos presentaron una tendencia lineal en el aumento de la pérdida de peso a medida que avanza el proceso de maduración

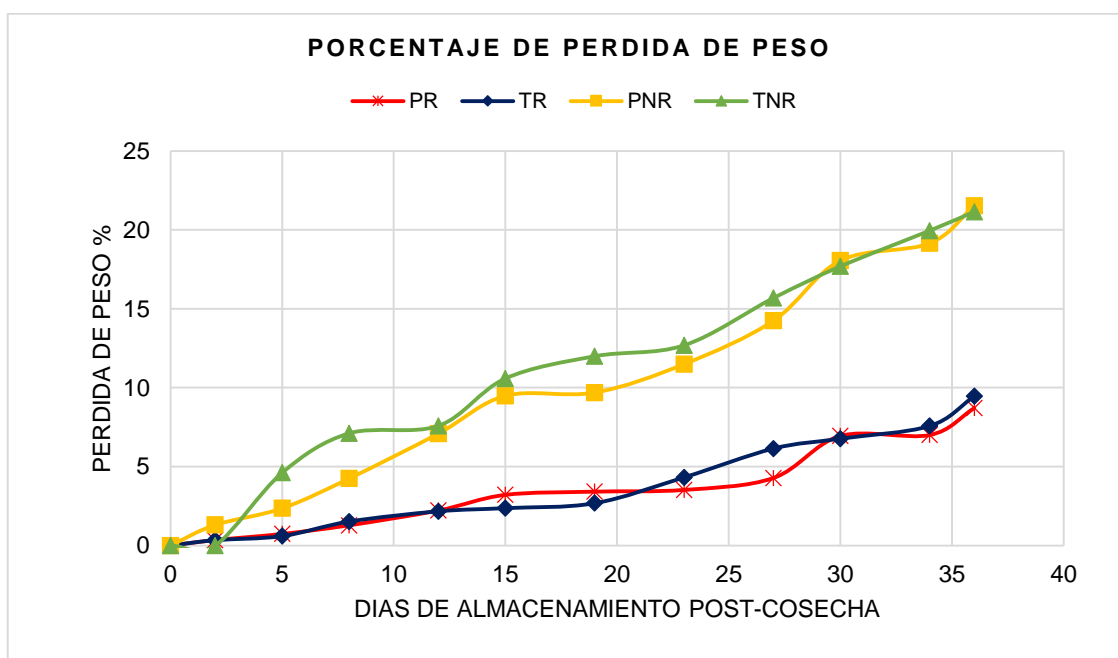


Figura N°4. Porcentaje de pérdida de peso en mangos variedad Panades y Tommy Atkins, almacenados a 10°C.

En el cuadro N° 1 se observa que los porcentajes de pérdida de peso para los frutos recubiertos al final del periodo de almacenamiento, fueron de 8.71% para la variedad Panades y 9.46% para la variedad Tommy Atkins. Sin embargo, los frutos no recubiertos presentaron valores dos veces mayores 21.52% y 23.18% respectivamente. La reducción puede atribuirse a que el recubrimiento actúa como barrera protectora que limita la transpiración, retrasando la aparición de los síntomas por marchitamiento (Ver Anexo N°11). Esta diferencia es más evidente en la variedad Tommy Atkins, ya que los valores muestran una gran variación desde el segundo día post-cosecha (0.33% recubierto y 4.61% no recubierto); debido a que esta variedad presenta una mayor superficie expuesta por unidad de peso, lo que incrementa la velocidad de pérdida de agua.

Cuadro N°1. Porcentaje de pérdida de peso en mangos variedad Panades y Tommy Atkins, almacenados a 10°C.

Medición	Días de almacenamiento post-cosecha	Porcentaje de pérdida de peso			
		Tratamientos			
		PR	TR	PNR	TNR
0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	2	0.34	0.33	1.30	4.61
2	5	0.73	0.60	2.35	7.11
3	8	1.28	1.52	4.24	7.58
4	12	2.22	2.17	7.09	10.58
5	15	3.21	2.37	9.49	11.99
6	19	3.41	2.68	9.69	12.68
7	23	3.52	4.32	11.49	15.68
8	27	4.28	6.14	14.24	17.69
9	30	6.94	6.77	18.05	19.95
10	34	7.00	7.57	19.15	21.15
11	36	8.71	9.46	21.52	23.18

Para el análisis estadístico se utilizó el programa IBM SPSS Statistic 23 (Ver Anexo N°9). Se realizó una comparación de medias de la pérdida de peso utilizando la prueba de rango múltiple de Games Howell, por medio de la cual se determinó que existe una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los porcentajes de pérdida de peso de los frutos recubiertos respecto a los no recubiertos.

Cuadro N°2. Porcentaje de pérdida de peso. Prueba post-hoc Games Howell para cada tratamiento.

Tratamiento		Nivel de significancia (si $p < 0.05$ hay diferencia significativa)
TR	TNR	0.001
	PR	0.998
	PNR	0.043
TNR	TR	0.001
	PR	0.001
	PNR	0.699
PR	TR	0.998
	TNR	0.001
	PNR	0.034
PNR	TR	0.043
	TNR	0.699
	PR	0.034

Estos resultados muestran que con la aplicación del recubrimiento a base de ceras, se logra mejorar la vida de anaquel de ambas variedades de mango, ya que la pérdida de peso se reduce hasta un 50%.

5.3 SOLIDOS SOLUBLES TOTALES (°BRIX)

En los frutos climatéricos como el mango, conforme avanza su maduración, se presenta un incremento en su contenido de solidos solubles totales, debido a una conversión de los polisacáridos a disacáridos (hidrolisis del almidón) propio del proceso de maduración. ⁽²³⁾

Estudios realizados ⁽²³⁾ indican que la variedad de mango “Tommy Atkins” en estado verde y maduro mostraron los siguientes valores de grados Brix 12.18 (mango verde) y 16.10 (mango maduro). En la variedad de mango Panades existe similitud ya que presentan los siguientes grados Brix 11.6 (Mango Verde) 16.4 (mango maduro). ⁽²³⁾

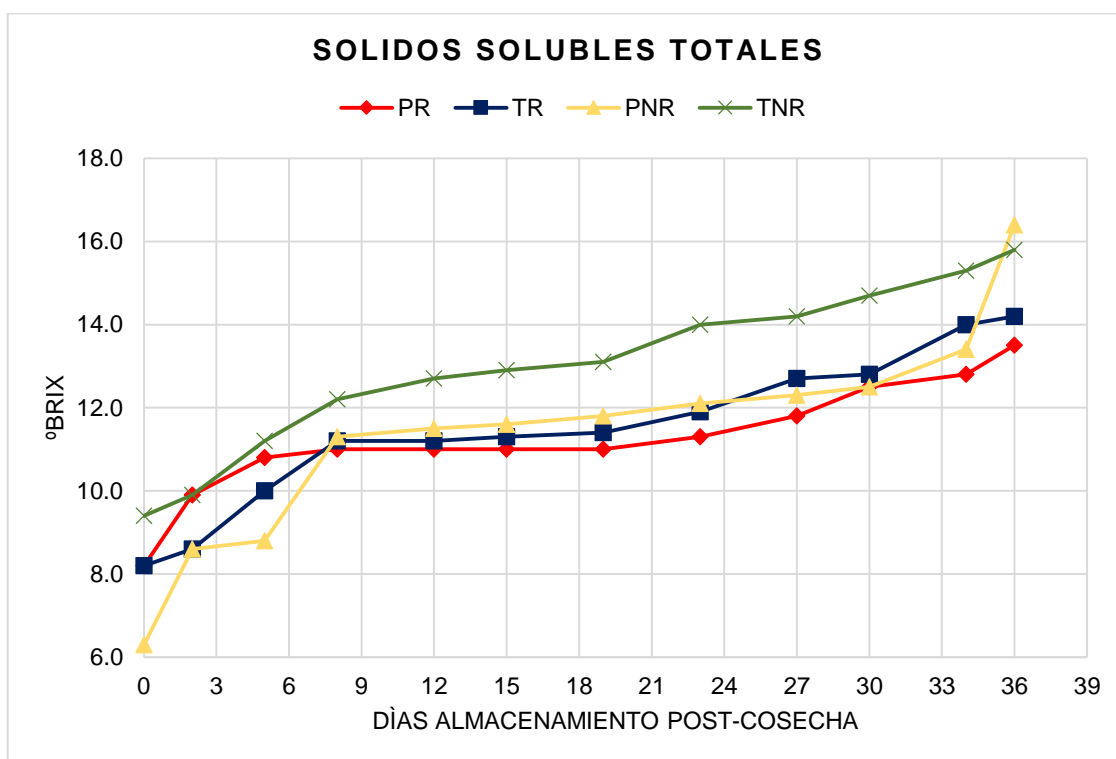


Figura N° 5. Solidos solubles totales (°Brix) en mangos variedad Panades y Tommy Atkins, almacenados a 10°C.

La figura N° 5 muestra el comportamiento de los sólidos totales en los diferentes tratamientos a través del tiempo. Se observa que el contenido de sólidos solubles totales en todos los frutos aumento conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento, es importante señalar que hubo una adecuada evolución de los sólidos solubles totales para todos los tratamientos.

En el cuadro N° 3 se observa que los mangos que no fueron recubiertos mostraron valores más altos de SST; Panades 16.4 °Brix, Tommy Atkins 15.8 °Brix. Al día 36 respecto a los frutos que fueron recubiertos. Panades 13.5 °Brix y Tommy Atkins 14.2 °Brix. Por lo que indica una leve disminución en el proceso de maduración.

Sin embargo al realizar el análisis de varianza, para la concentración de sólidos solubles totales (expresados como grados Brix) de los mangos recubiertos no se obtuvo diferencia significativa ($P>0.05$) respecto a los frutos que no fueron recubiertos.

De acuerdo a los datos obtenidos, el valor máximo de SST fue de 13.5 °Brix y 14.2 °Brix para el mango Panades y Tommy recubiertos respectivamente, lo cual indica que no hubo una completa madurez de los frutos.

Cuadro N°3. Solidos solubles totales (°Brix) en mangos variedad Panades y Tommy Atkins, almacenados a 10°C.

Medición	Días de Almacenamiento post-cosecha	Solidos solubles totales °BRIX			
		Tratamientos			
		PR	TR	PNR	TNR
0	0	8.2	8.2	6.3	9.4
1	2	9.9	8.6	8.6	9.9
2	5	10.8	10.0	8.8	11.2
3	8	11.0	11.2	11.3	12.2
4	12	11.0	11.2	11.5	12.7
5	15	11.0	11.3	11.6	12.9
6	19	11.0	11.4	11.8	13.1
7	23	11.3	11.9	12.1	14.0
8	27	11.8	12.7	12.3	14.2
9	30	12.5	12.8	12.5	14.7
10	34	12.8	14.0	13.4	15.3
11	36	13.5	14.2	16.4	15.8

5.4 ACIDEZ TITULABLE

Para los frutos climatéricos, la acidez titulable decrece gradualmente conforme madura el fruto. El decrecimiento en acidez, puede ser debido a la degradación del ácido cítrico, el cual puede ser atribuido al incremento de la actividad de la enzima glyoxylasa durante el proceso de maduración o puede ser originado por su conversión en azúcar. ⁽²³⁾

Esta reducción juega un papel importante en el balance acidez/dulzura y por lo tanto influye en el sabor y aroma de los frutos.

De acuerdo al cuadro N° 4 se puede notar que el contenido de acidez titulable para todos los tratamientos decreció significativamente durante el tiempo de almacenamiento. Los resultados revelan que las variedades Panades y Tommy Atkins que no fueron recubiertos, el contenido de acidez titulable al final del

periodo de almacenamiento fue de 0.58% y 0.55% respectivamente, conforme a los que fueron recubiertos 0.56% y 0.44%

En la figura N°6, se observa el comportamiento a través del tiempo de la acidez titulable de los mangos variedad Panades y Tommy Atkins en los diferentes tratamientos, almacenados a 10°C. Hubo una disminución de esta variable. La acidez titulable en el día 0, estaba en un rango entre 0.96 y 1.30% de ácido cítrico, para finalmente llegar a una concentración de 0.44 y 0.58% de ácido cítrico a los 36 días de almacenamiento post-cosecha. La comparación de medias de todos los tratamientos arrojó que la diferencia no era significativa ($P > 0.05$).

Cuadro N°4. Acidez titulable (% ácido cítrico) en mangos variedad Panades y Tommy Atkins, almacenados a 10°C.

Medición	Días de Almacenamiento post-cosecha	% Ácido cítrico			
		Tratamientos			
		PR	TR	PNR	TNR
0	0	1,11	0,98	1,30	0,96
1	2	1,11	0,97	1,14	0,94
2	5	1,04	0,84	1,11	0,87
3	8	1,01	0,83	1,06	0,84
4	12	0,80	0,78	0,85	0,79
5	15	0,73	0,64	0,77	0,73
6	19	0,68	0,63	0,77	0,73
7	23	0,68	0,60	0,65	0,66
8	27	0,60	0,58	0,63	0,63
9	30	0,58	0,57	0,58	0,62
10	34	0,58	0,55	0,58	0,55
11	36	0,56	0,44	0,58	0,55

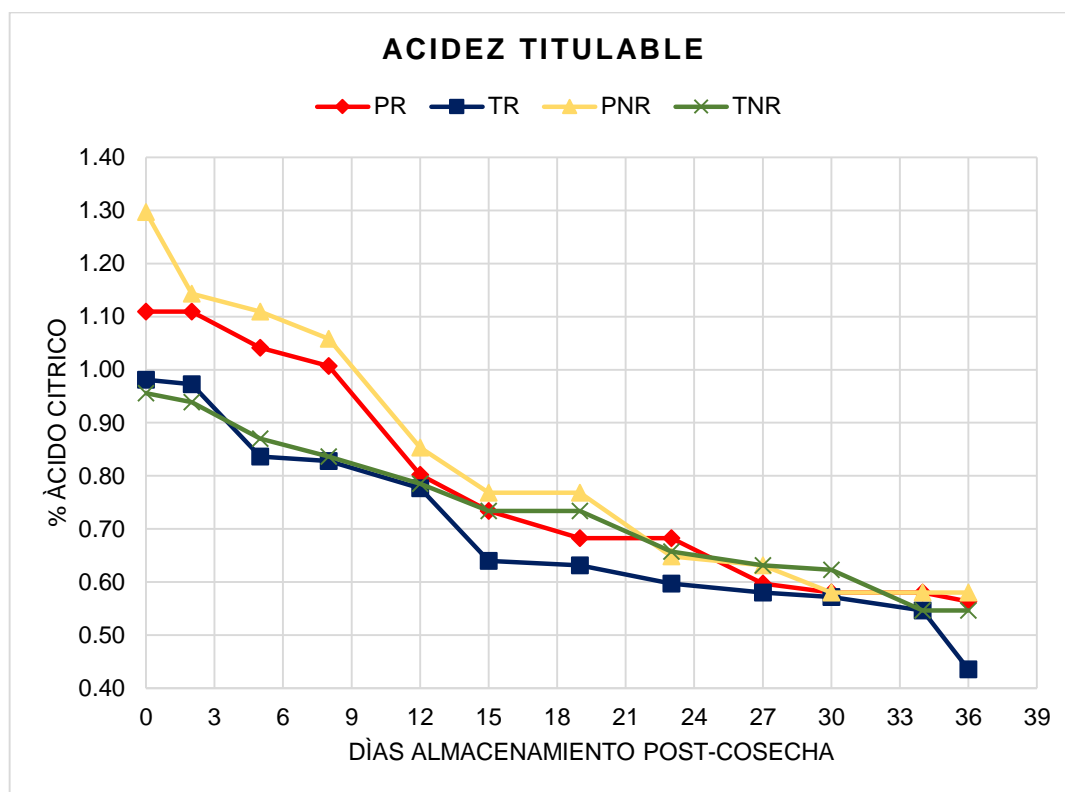


Figura N°6. Acidez titulable (% ácido cítrico) en mangos variedad Panades y Tommy Atkins, almacenados a 10°C.

5.5 INDICE DE MADUREZ (RELACION AZUCAR/ACIDO)

Durante el proceso de maduración, en los frutos carnosos se generan cambios en la composición química, color, textura, tasa respiratoria y cambios químicos en los carbohidratos de la pared celular, que al degradarse incrementan el nivel de azúcares que constituye a mejorar la palatabilidad del fruto.

En el cuadro N° 5, se muestra que el menor índice de madurez, a través de una menor evolución de los sólidos solubles y un mantenimiento de la acidez total fue el del mango variedad Tommy Atkins y Panades recubierto mostrando un índice de madurez de 23.44 y 25.21 respectivamente.

En la figura N°7, se refleja que al inicio del experimento todos los mangos con los diferentes tratamientos presentaron un bajo índice de maduración (rango entre 4.86 y 9.84), característica de alta acidez y bajo contenido de azúcares.

Conforme, los mangos maduraron tuvieron un aumento en el índice de madurez debido a la hidrólisis de los carbohidratos y a la disminución de los ácidos orgánicos requeridos en el proceso de maduración del fruto, como se refleja en la figura N°8 se presenta la evolución típica de los indicadores de madurez relacionados con la relación acidez-dulzura para el mango Panades recubierto. En todos los tratamientos evaluados este fue el comportamiento típico presentando un incremento progresivo de los azúcares (SST) y una disminución simultánea del ácido cítrico a medida que avanza los días de almacenamiento.

Cuadro N° 5. Índice de madurez (Relación acidez/dulzura) en mangos variedad Panades y Tommy Atkins, almacenados a 10°C.

Medición	Días de Almacenamiento post-cosecha	Índice de madurez			
		Tratamientos			
		PR	TR	PNR	TNR
0	0	7,39	8,36	4,86	9,84
1	2	7,75	8,84	7,52	10,55
2	5	9,61	11,96	7,93	12,87
3	8	11,12	13,53	10,68	14,59
4	12	13,96	14,42	13,48	16,18
5	15	15,40	17,66	15,10	17,58
6	19	16,70	18,05	15,36	17,85
7	23	17,43	19,92	18,66	21,31
8	27	21,26	21,89	19,48	22,49
9	30	22,06	22,39	21,54	23,60
10	34	24,13	25,63	23,09	28,02
11	36	25,21	23,44	28,26	28,93

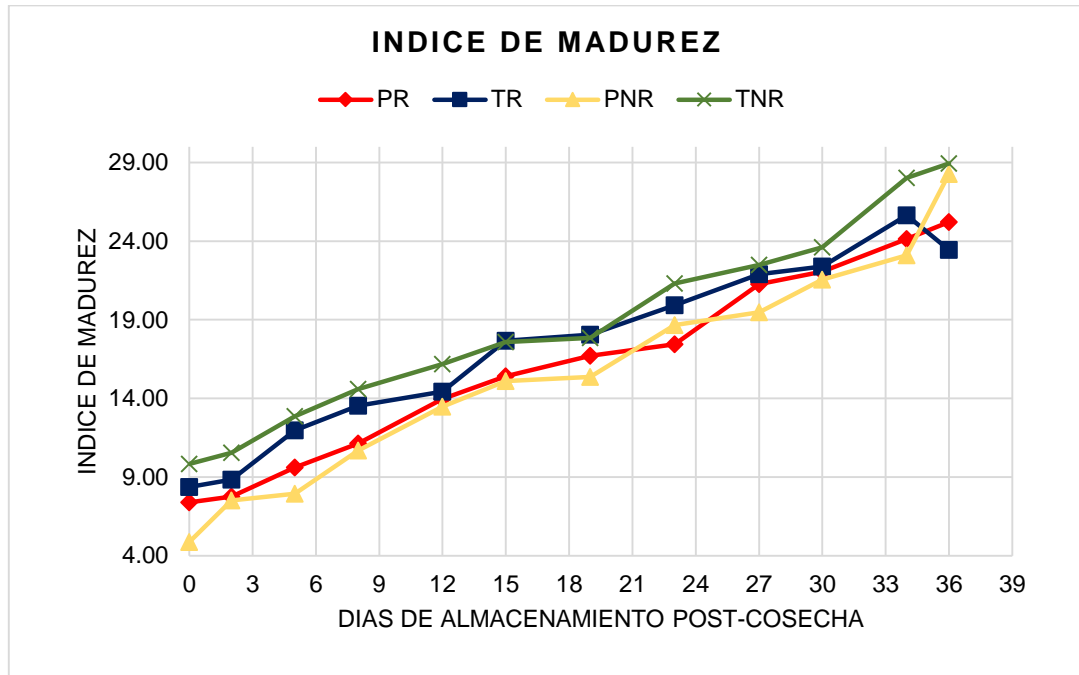


Figura N° 7. Índice de madurez (Relación acidez/dulzura) en mangos variedad Panades y Tommy Atkins, almacenados a 10°C.

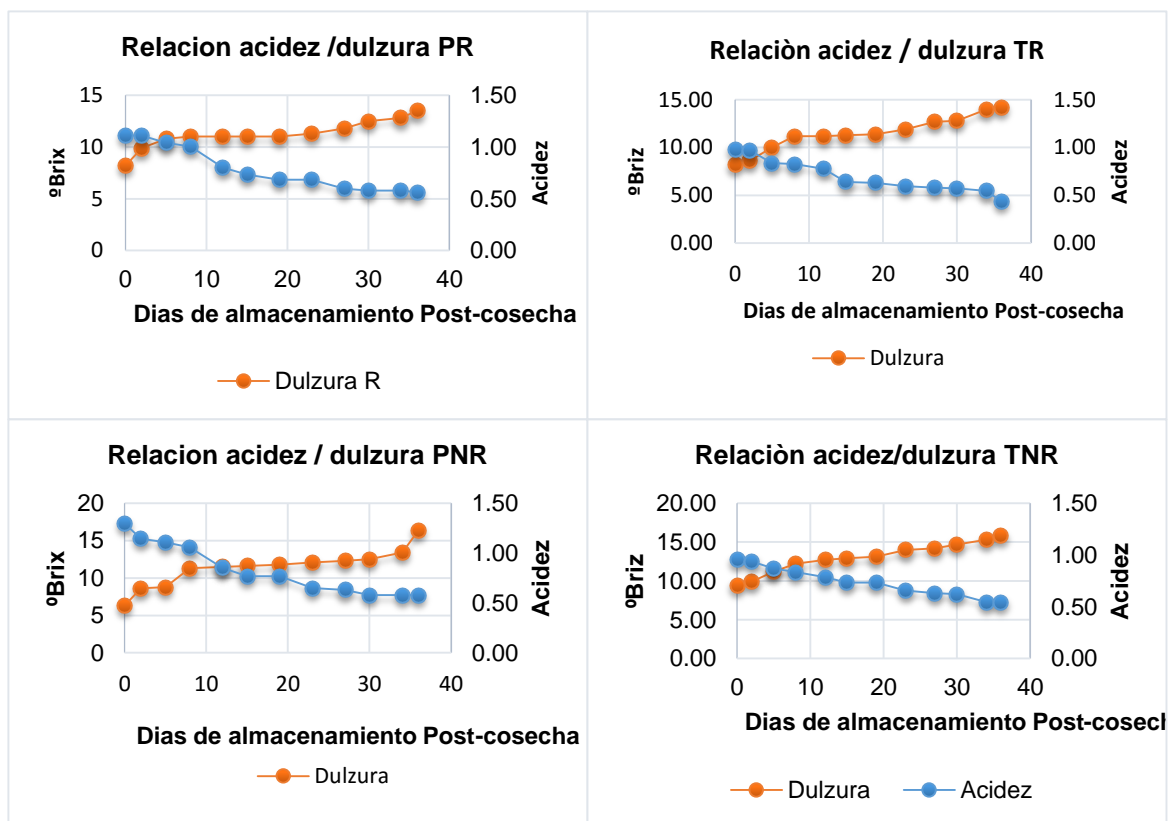


Figura N° 8. Relación acidez/dulzura en mangos variedad Panades y Tommy Atkins, almacenados a 10°C.

5.6 ANALISIS MICROBIOLOGICO

Las frutas contienen grandes cantidades de azúcar y un pH ácido, por lo que favorecen en gran medida el desarrollo de hongos. La temperatura de refrigeración disminuye los riesgos de la aparición de dichos agentes causantes de alteraciones, sin embargo es importante señalar que no se inhibe la germinación de sus esporas.

En el cuadro N°6, se observa que en los frutos recubiertos de ambas variedades no hubo crecimiento de *Colletotrichum gloeosporioides* y *Penicillium*

spp. Sin embargo en los mangos no recubiertos tanto Panades como Tommy Atkins, se observó el desarrollo de *Penicillium spp* durante el periodo de almacenamiento. Así mismo, se logró aislar *Colletotrichum gloeosporioides* en mango Tommy Atkins no recubierto, para el segundo día de almacenamiento post-cosecha.

Esto se debe a que la temperatura de almacenamiento permitió potenciar el efecto barrera del recubrimiento de cera, inhibiendo de esta manera el desarrollo de hongos fitopatógenos.

Cuadro N°6. *Penicillium spp* y *Colletotrichum gloeosporioides*, aislados en mangos variedad Panades y Tommy Atkins, almacenados a

Medición	Días de almacenamiento post-cosecha	Hongos fitopatógenos			
		Tratamientos			
		PR	TR	PNR	TNR
0	0	---	---	<i>Penicillium spp.</i>	<i>Penicillium spp.</i>
1	2	---	---	---	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>
2	5	---	---	---	---
3	8	---	---	<i>Penicillium spp.</i>	<i>Penicillium spp.</i>
4	12	---	---	---	---
5	15	---	---	---	---
6	19	---	---	---	---
7	23	---	---	<i>Penicillium spp.</i>	<i>Penicillium spp.</i>
8	27	---	---	---	---
9	30	---	---	---	---
10	34	---	---	---	---
11	36	---	---	<i>Penicillium spp.</i>	<i>Penicillium spp.</i>

En la figura N°9 se puede observar la morfología macroscópica y microscópica de los hongos aislados durante el tiempo de almacenamiento de los mangos a 10°C.

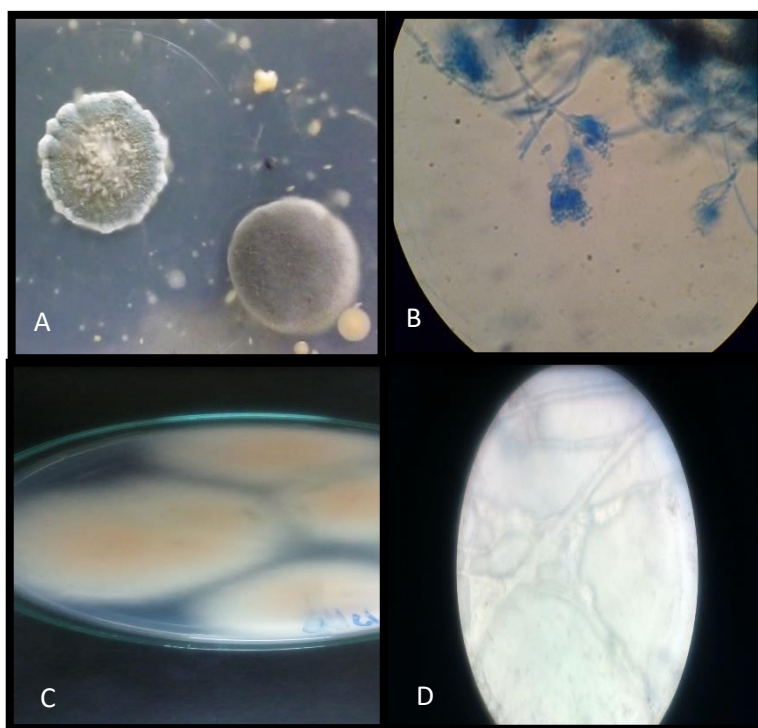


Figura N°9. Hongos aislados en mangos variedad Panades y Tommy Atkins. A) Colonia en agar papa dextrosa de *Penicillium spp*, B) Morfología microscópica de *Penicillium spp*, C) Colonia de *Colletotrichum gloeosporioides* en agar papa dextrosa y D) Morfología microscópica de *Colletotrichum gloeosporioides*.

5.7 SOCIALIZACION DE LOS RESULTADOS

La socialización de los resultados de esta investigación se realizó en una reunión con el Ingeniero Henry Yanes, personal Técnico de la empresa Acceso Oferta Local de El Salvador; el día 5 de marzo del año 2016. Se le entregó un artículo científico (Ver Anexo N°10), que contiene de forma extractada los resultados obtenidos de la presente investigación.

CAPITULO VI
CONCLUSIONES

6.0 CONCLUSIONES

- El recubrimiento a base de ceras aplicado a los mangos variedad Panades y Tommy Atkins, permite obtener menores pérdidas de peso en los frutos recubiertos (8.71% y 9.46%, respectivamente), en comparación con los frutos no recubiertos (21.52% Panades y 23.18% Tommy Atkins), por lo que se considera una alternativa post cosecha viable, que permite retrasar los procesos de transpiración y respiración del fruto.
- La acidez y sólidos solubles totales no presentaron una diferencia significativa entre tratamientos debido al tiempo de duración del estudio y en los 36 días que fueron almacenados no hubo completa maduración.
- La temperatura de almacenamiento a 10°C en combinación con el recubrimiento en estudio, permitió obtener una mejor calidad microbiológica en los mangos recubiertos de ambas variedades respecto a los mangos no recubiertos, ya que en estos últimos se logró aislar *Penicillium spp* y *Colletotrichum gloeosporioides*.
- La aplicación del recubrimiento en estudio, permitió obtener resultados más favorecedores en los frutos recubiertos de mango variedad Panades, respecto a la variedad Tommy Atkins, esto se debe a que la variedad Tommy presenta una mayor superficie expuesta por unidad de peso, lo que incrementa la velocidad de pérdida de agua y en consecuencia acelera la senescencia del fruto.

- El recubrimiento de cera es una tecnología postcosecha que permite prolongar la vida útil, mejorar la calidad y generar valor agregado al mango ya que se ha logrado extender la vida comercial del producto y mejorar su apariencia; debido a que esta tecnología actúa como una atmosfera modificada, que hace que los procesos metabólicos de la fruta se realicen de una manera gradual.

CAPITULO VII
RECOMENDACIONES

7.0 RECOMENDACIONES

- En futuras investigaciones alargar el periodo de almacenamiento de los mangos Panades y Tommy Atkins, para que los frutos alcancen los niveles óptimos de maduración.
- Para extender la vida de anaquel en los mangos, mantenerlos a una temperatura entre 10 - 15°C.
- Elaborar protocolos de exportación con la aplicación de esta alternativa post cosecha en mango, para permitirle al país un desarrollo en el campo hortofrutícola.
- Realizar trabajos de investigación con este tipo de recubrimiento en ayote y pipian para evitar las pérdidas comerciales de dichos vegetales.
- Impulsar al sector productor el uso de recubrimientos en sus productos hortofrutícolas, que restituya la cera natural de la fruta que ha sido eliminada durante el lavado y eviten las pérdidas excesivas de peso y mejoren la apariencia externa del alimento.
- Teycer C es una alternativa post-cosecha económicamente viable debido al rendimiento del encerado por tonelada métrica de fruta.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Alvarez M. Formulación de un recubrimiento comestible para frutas cítricas, estudio de su impacto mediante aproximación metabólica y evaluación de la calidad postcosecha. Colombia, Universidad de Antioquia, Facultad de Química Farmacéutica. [Internet] 2012 [Consultado el 10 de Julio 2013] Disponible en:
<http://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/1618/1/TESIS%20DOCTORAL%20RAFAEL%20ALVAREZ.pdf>
- 2) AOAC Official Method 942.15. Acidity (Titrable) of Fruit Products. Official method of Analysis of AOAC International, ed. 18, 2005, Cap. 37, p.10.
- 3) AOAC Official Method 991.14., Manual de *Escherichia coli* /Coliformes por cuenta. 3M. 16th edition, 4th revision, 1998
- 4) CFR 319.56. Sub-parte de frutas y vegetales. [Internet] [Consultado el 19 de Abril de 2015]. Disponible en:
<https://www.law.cornell.edu/cfr/text/7/319.56-3>
- 5) Comité Técnico de Normalización Nacional de Productos Agrícolas y Pecuarios. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano. Fruta fresca-Mango (*Mangifera indica* L.) Especificaciones. Escrita y editada por la Secretaria de Economía de Los Estados Unidos mexicanos. México. [Internet] [Consultado 16 de Junio de 2014].
Disponible en:
<http://200.77.231.100/work/normas/nmx/2009/nmx-ff-060-scfi-2009.pdf>

- 6) Compendium of methods for the Microbiological Examination of foods. . American Public Health Association 2001 Fourth edition. 63-67; 159-163; 211-215.

- 7) El encerado de productos cítricos. [Internet] Consultado el 15 de Marzo de 2015, Disponible en: <http://www.tecnicoagricola.es/el-encerado-de-los-frutos-citricos/>

- 8) Hernández JA. Caracterización morfo agronómica de la variedad de mango Panadés (*Mangifera indica* L.) en finca la granja municipio de San Luis Talpa departamento de La Paz. El Salvador. Departamento de fitotecnia, Universidad de El Salvador. 2012 [Consultado el 01 de Julio de 2014].

- 9) Hernández JN. Caracterización físico-química y microbiológica del tomate margariteño (*Lycopersicon esculentum* var. *España*) y evaluación de la efectividad de tratamientos de pre-ensado para el incremento de su vida comercial a temperatura ambiente. Córdoba, Venezuela. Departamento de Bromatología y Tecnología de los Alimentos, Universidad de Córdoba. [Internet] 2013. [Consultado el 16 de marzo de 2015].
Disponible en:
<http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/9925/2013000000724.pdf?sequence=1>

10) Juárez GP, Sosa ME, López A. Hongos Fitopatógenos de alta importancia económica: Descripción y métodos de control. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos. 2010; 14-23.

Disponible en:

<http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-2/TSIA-4%282%29-Juarez-Becerra-et-al-2010.pdf>

11) Kilcast D, Subramaniam P. The Stability and shelf-life of food. Estados Unidos. Primera Edición. 2000. Páginas: 249-262.

12) Liria MR. Guía para la evaluación sensorial de alimentos. Centro Internacional de Agricultura tropical. Lima 2007. En línea.

13) Madril María. Control biológico de la antracnosis en tomate de árbol, En el Ecotipo. Mediante hongos endófitos antagonistas. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Facultad de ciencias agropecuarias y ambientales. . [Internet] 2006 [Consultado el 10 de Marzo de 2015]

Disponible en:

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3806/1/UPS-CT001974.pdf>

14) Navarro M. Efecto de la Composición de Recubrimientos Comestibles a base de Hidroxipropilmetilcelulosa y Cera de Abeja en la Calidad de Ciruelas, Naranjas y Mandarinas. Valencia, España. Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia. [Internet] 2007 [Consultado el 11 de Junio de 2013].

Disponible en:

riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1923/tesisUPV2699.pdf

15) Norma del CODEX para el mango. CODEX STAN 184-1993.

16) Olivera R. Caracterización morfológica y cultural de aislados *Colletotrichum* spp. Causantes de la Antracnosis del olivo. . [Internet] 2006 [Consultado el 10 de marzo de 2015].

Disponible en:

[File:///C:/Users/Guevara/Desktop/tesis%20maestria%202015/articulos/pdf_plagas-BSVP-31-04-531-548.pdf](file:///C:/Users/Guevara/Desktop/tesis%20maestria%202015/articulos/pdf_plagas-BSVP-31-04-531-548.pdf)

17) Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). Manual para el Control y Aseguramiento de la Calidad e Inocuidad de Frutas y Hortalizas frescas. El Salvador, 2001.

Disponible en:

http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/BibliotecaVirtual/Manual_frutashortalizasfrescasESA.pdf

18) Pérez MB, Ríos MA, Rojas C. Recubrimientos Comestibles en Frutas y Hortalizas. Valencia, España. [Internet] [Consultado el 30 de Junio de 2013].

Disponible en: <http://www.horticom.com/pd/imagenes/69/831/69831.pdf>

19) RTCA 67.04.50:08 Reglamento Técnico Centroamericano. Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos. Anexo de resolución n°243-2009.

20) Santos M. Patogenicidad, variabilidad morfología y genética de *Colletotrichum acutatum* Simmonds de cítricos en México. México, Universidad de Colima, Facultad de Ciencias Biológicas y agropecuarias. [Internet] 2006 [Consultado el 10 de Marzo de 2015].

Disponible en:

http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Mario_Orozco_Sanchez.pdf

21) SQM. Mejoramiento Productivo en Mango Cultivado en Alta Densidad sobre Arboles Pequeños. Europa. 2005

22) V Curso internacional tecnología post-cosecha y procesado mínimo. [Internet] Consultado el 15 de Marzo de 2015.

Disponible en:

http://www.deccopostharvest.com/pdf/newsletter/11_04_2011/recubrimientos_frutas_hortalizas.pdf.

23) Vázquez D. Estudio de la aplicación de alternativas tecnológicas para incrementar la vida de anaquel de mango Manila (*Mangifera indica* L.) en estado fresco. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Química. [Internet] 2012 [Consultado el 17 de Mayo de 2015].

Disponible en: <http://ri.uaq.mx/bitstream/123456789/400/1/RI000067.pdf>.

GLOSARIO

Actividad del agua: Es la relación entre la presión de vapor del aire alrededor de un alimento y la presión de vapor del agua pura, ambos permaneciendo a una misma temperatura.

Diseño de bloques completos al azar: Es un diseño estadístico en el que las unidades experimentales son relativamente homogéneas con respecto a factores que afectan la variable de respuesta.

Fitopatógenos: Son organismos, por lo general microorganismos, que causan enfermedades en las plantas por medio de disturbios en el metabolismo celular causado por la secreción de enzimas, toxinas, fitoreguladores y otras sustancias.

Hortofrutícola: Hortalizas y árboles frutales, relativo al cultivo de ambos.

Organoléptico: Hace referencia a cualquier propiedad de un alimento u otro producto percibida mediante los sentidos, incluidos su sabor, color, olor y textura.

Senescencia: Cambio irreversible en los tejidos celulares de frutas y hortalizas, que traen como consecuencia el deterioro de los mismos.

Vida de Anaquel: Tiempo necesario para que un producto en condiciones determinadas de envasado y almacenamiento, se deteriore hasta un estado inaceptable o sea inadecuado para su comercialización.

ANEXOS

ANEXO N°1

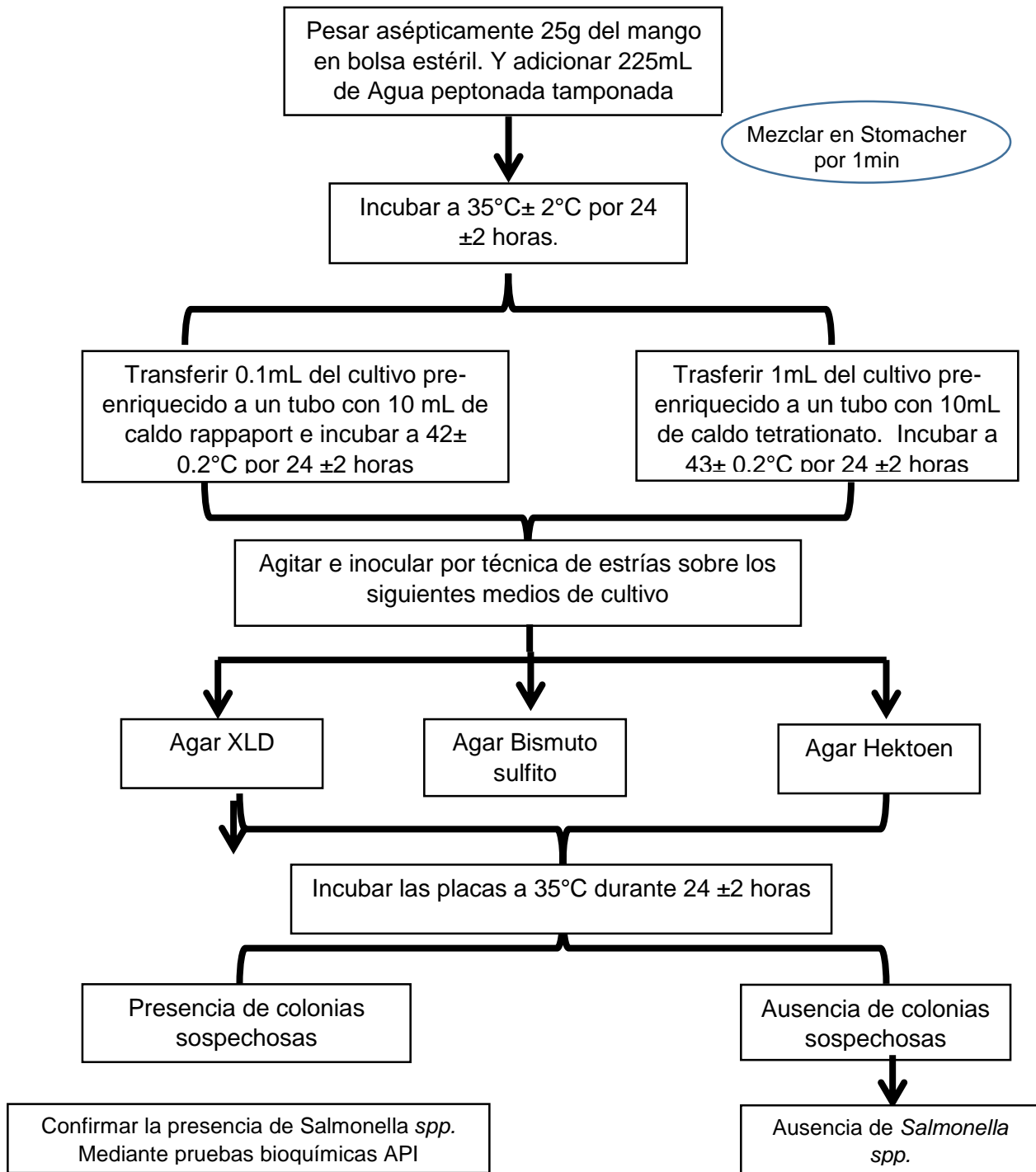


Figura N°10. Esquema del aislamiento y detección de *Salmonella spp.*

ANEXO N°2

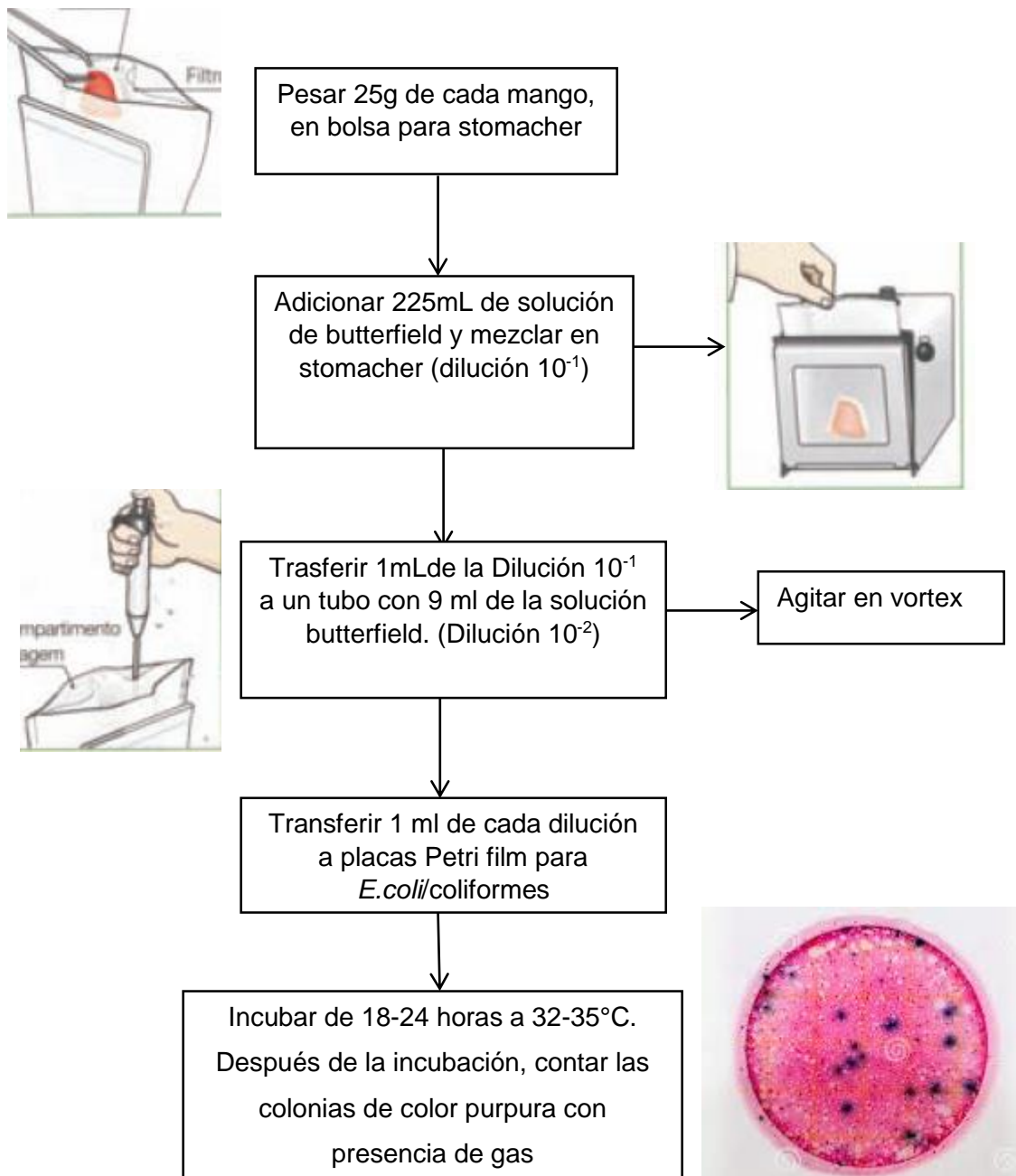


Figura N°11. Esquema del recuento de *Escherichia coli* en frutas.

ANEXO N°3

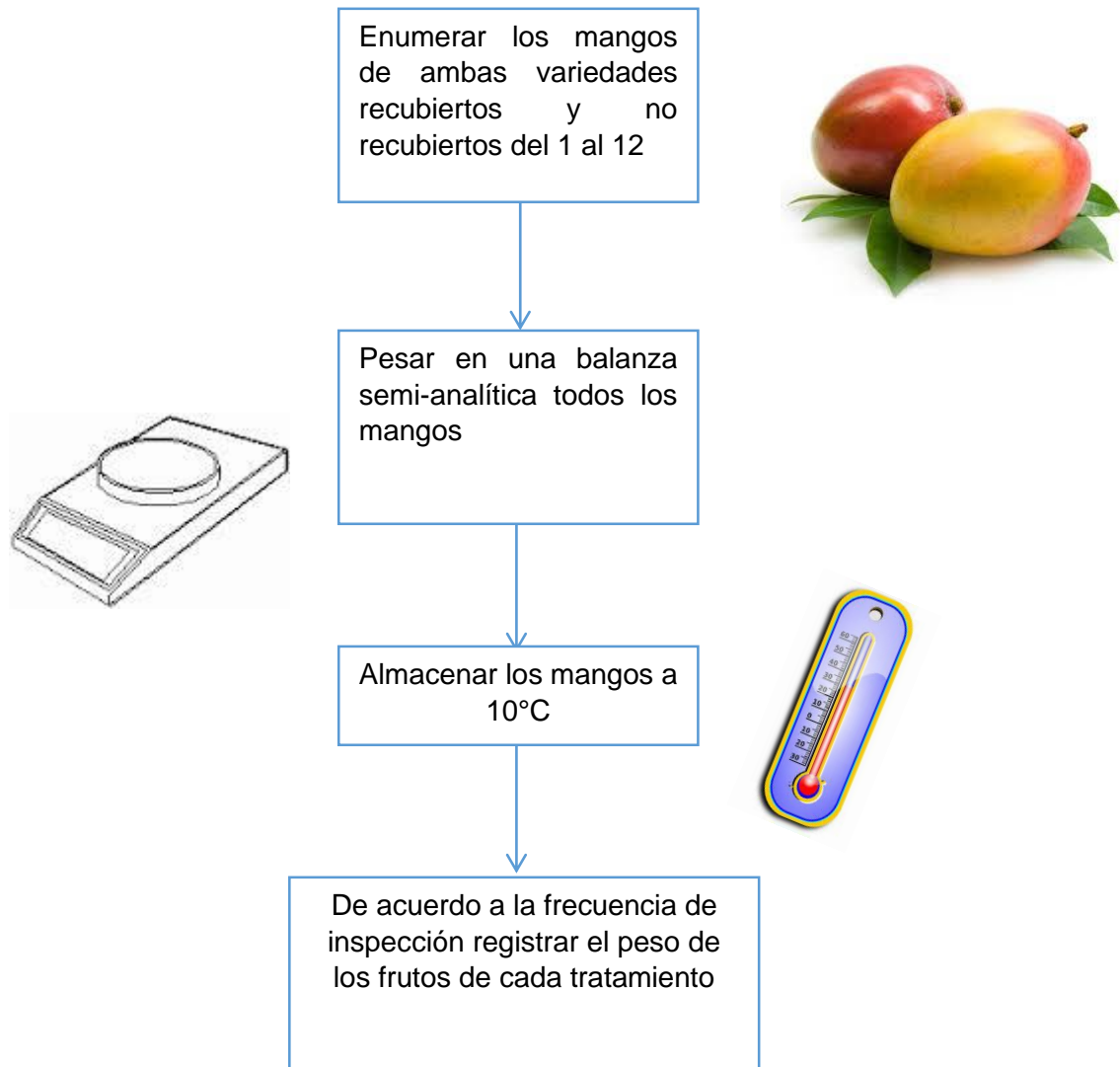


Figura N°12. Esquema de la determinación de pérdida de peso.

ANEXO N°4

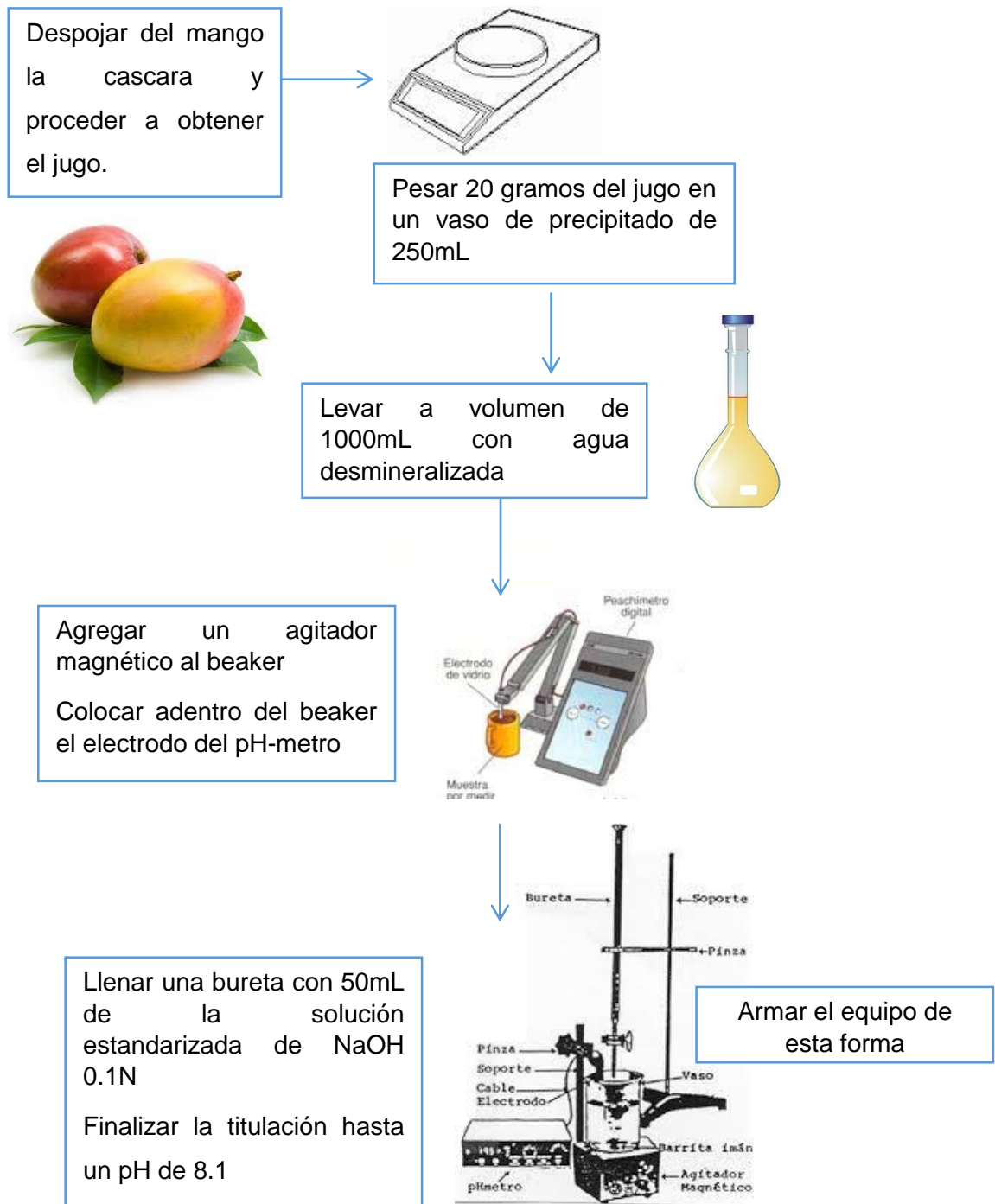


Figura N°13. Esquema de la determinación de acidez titulable.

ANEXO N°5

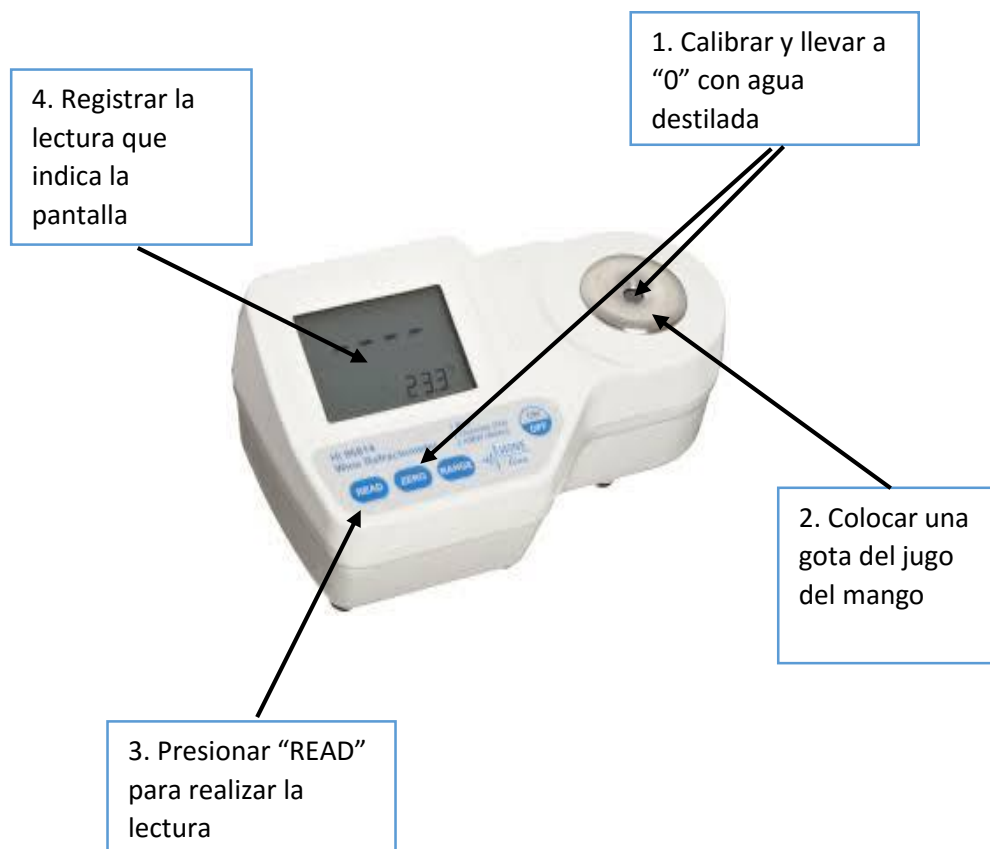


Figura N°14. Esquema de la determinación de azúcares.

ANEXO N°6

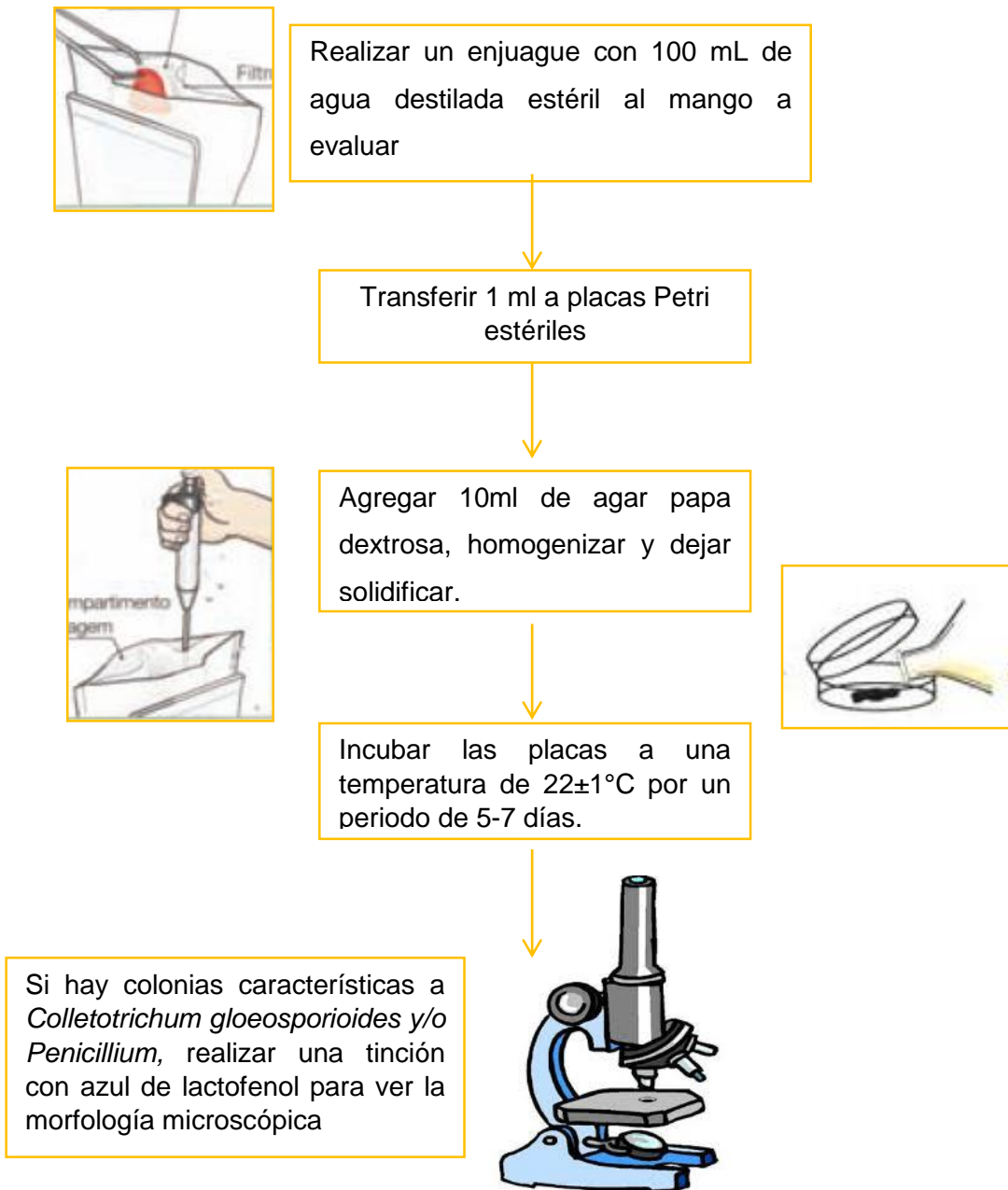


Figura N°15. Esquema del análisis microbiológico, identificación de hongos.

ANEXO N° 7

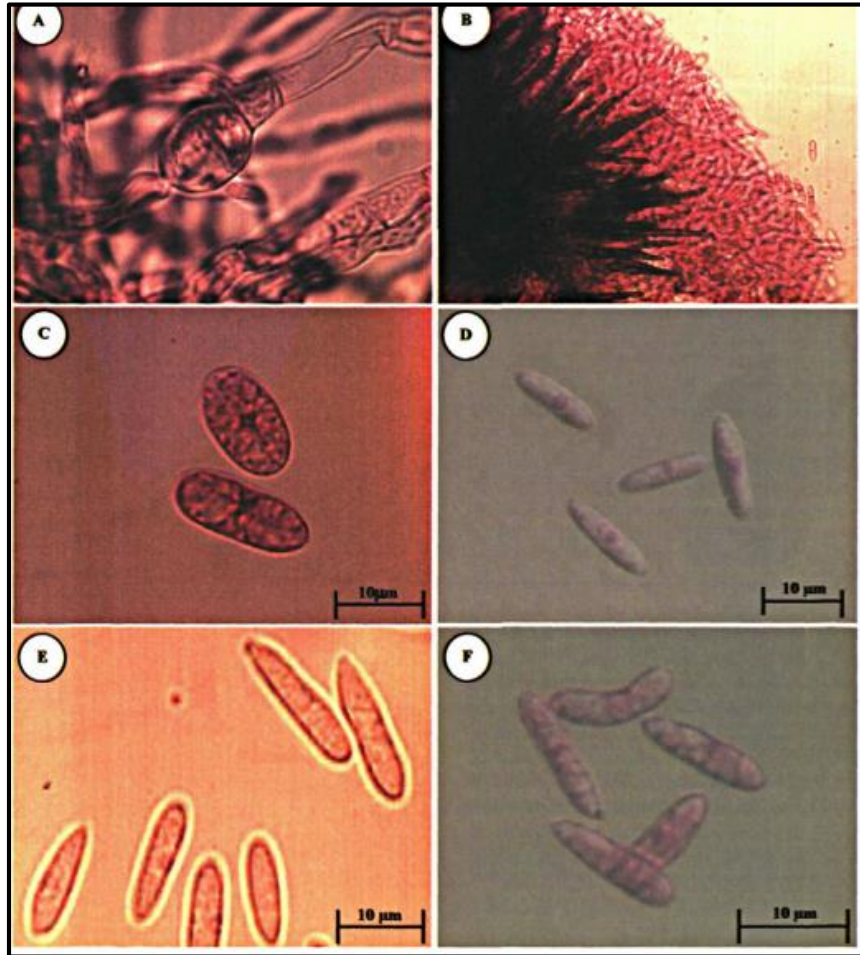


Figura N°16. Estructura de *Colletotrichum* spp. A) *Clamidospora*, B) Acérvulo con abundante formación de setas cortas, C) Conidias de *C. gloeosporioides*, D) Conidias de *C. acutatum*, E) conidias de *colletotrichum*, F) Conidia curvada₍₁₆₎

ANEXO N°8

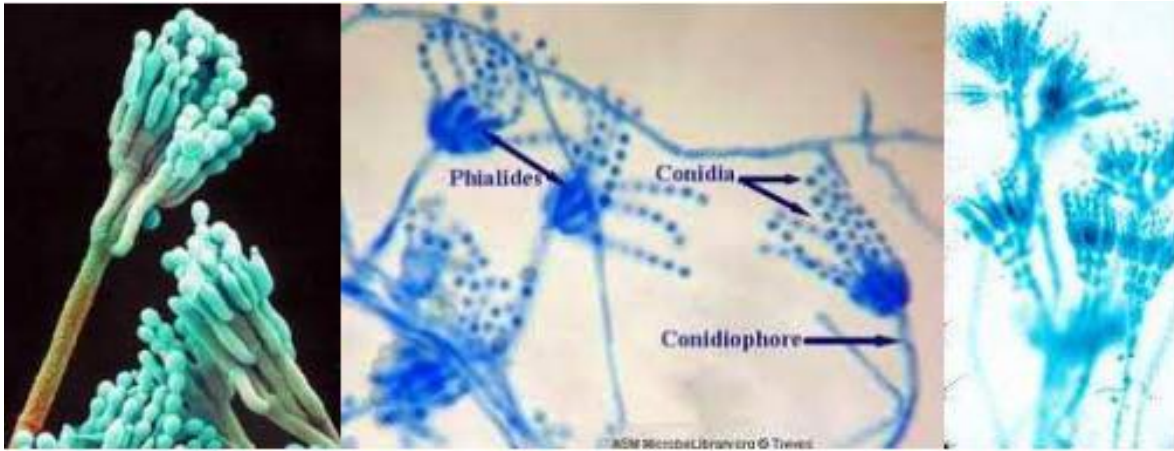


Figura N°17. Morfología de *Penicillium spp*

ANEXO N° 9

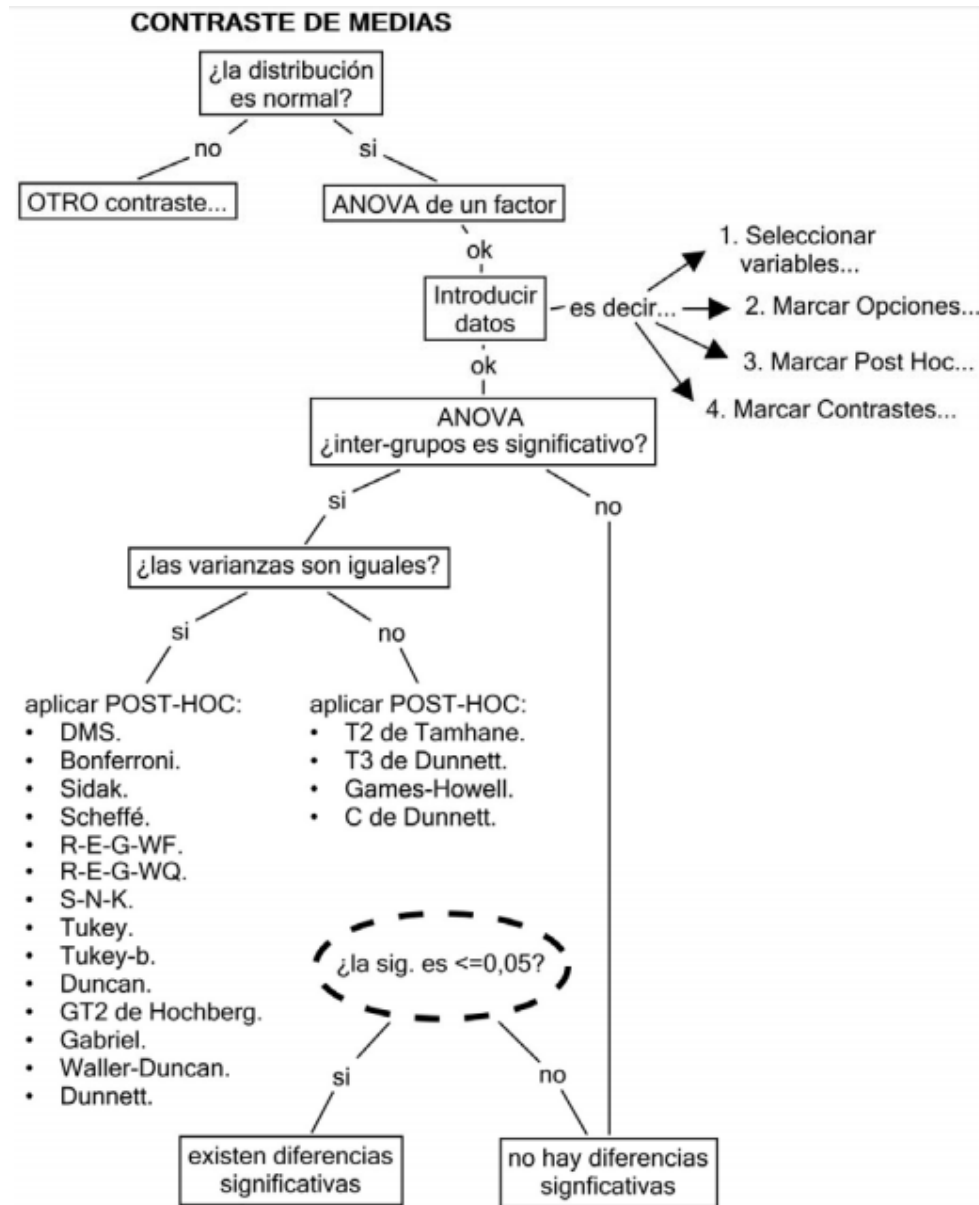


Figura N°18. Esquema de pasos a seguir para calcular ANOVA en SPSS.

ANEXO N° 10

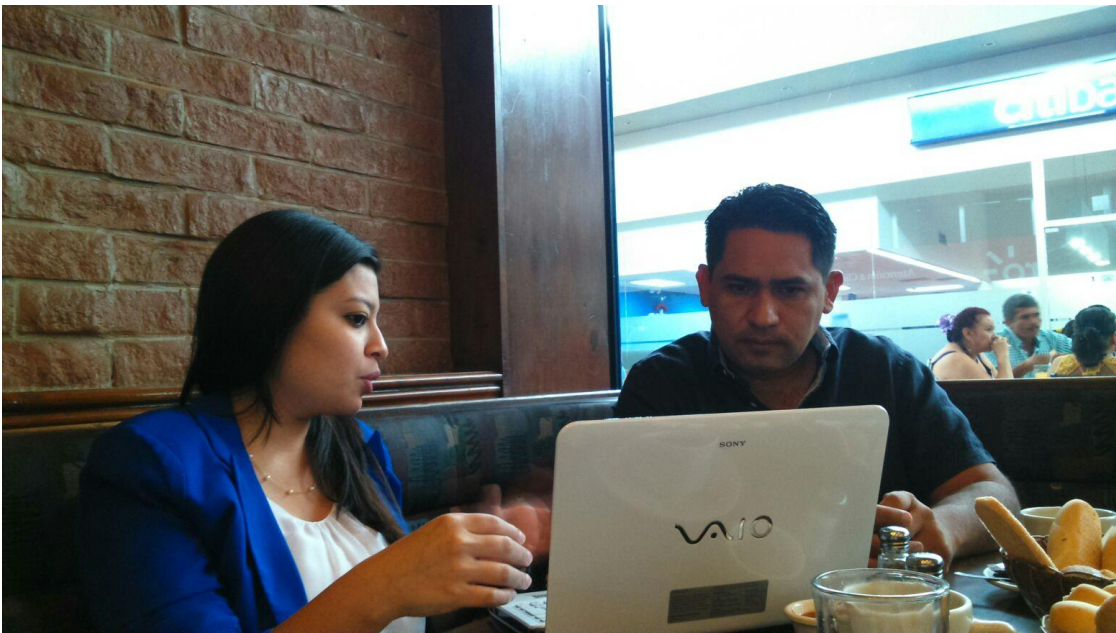


Figura N° 19. Socialización de los resultados.

EVALUACION DEL EFECTO DE UN RECUBRIMIENTO A BASE DE CERAS EN LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y FÍSICOQUÍMICA EN MANGO (*Mangifera indica*)

Glenda Ivette Guevara Avalos¹; Marcela Guadalupe Vanegas Fuentes²

⁽¹⁾Master en Microbiología e inocuidad de alimentos. glendaiga@gmail.com

⁽²⁾Master en Microbiología e inocuidad de alimentos. marcevf21@gmail.com

Febrero, 2016

RESUMEN

Debido a las pérdidas en la post-cosecha y la importancia a nuevas técnicas para la conservación de los frutos, este trabajo de investigación se fundamentó en evaluar el efecto de un recubrimiento a base de ceras (resina de colofonia y polietileno) en la calidad del Mango (*Mangifera indica*). Las variedades utilizadas fueron: Tommy Atkins y Panades; procedentes de los municipios de Suchitoto y Guazapa, en estado de madurez $\frac{3}{4}$, enjuagados e higienizados por inmersión, con una solución de ácido láctico al 1% durante 5 minutos. Se realizó análisis microbiológico inicial (*Salmonella* y *Escherichia coli*), para determinar si los magos cumplían con los criterios microbiológicos de inocuidad establecidos en el grupo 4.1 del Reglamento Técnico Centroamericano, Criterios Microbiológicos para la Inocuidad de Alimentos. Los frutos se dividieron en cuatro bloques, dos bloques fueron recubiertos por aspersión, con un formulado compuesto por una mezcla de ceras; reconocida en el mercado como Teycer C Cp. y dos bloques sin recubrir. Todos los bloques se colocaron en bandejas plásticas a una temperatura de 10°C y cada cuatro días, hasta el día 36 fueron medidos parámetros físicoquímicos de calidad (Sólidos solubles totales, acidez titulable, pérdida de peso e índice de maduración) y análisis microbiológicos (identificación de la presencia de *Colletotrichum gloeosporioides*, *Penicillium spp*). Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza, considerando como causas de variación el tiempo y el tratamiento aplicado para una condición de almacenamiento. Los valores medios significativamente diferentes se compararon a través de pruebas de rangos múltiples, mediante el sistema de programas para el análisis estadístico IBM SPSS Statistics 23, para una probabilidad del 95%.

El uso del recubrimiento logró reducir ($P < 0.05$) la pérdida de peso, al finalizar el estudio los mangos recubiertos conservaron su apariencia fresca, no hubo una diferencia significativa ($P > 0.05$) en acidez titulable y en los sólidos solubles totales entre los tratamientos. La calidad microbiológica de los frutos para todos los tratamientos, no se vio afectada en gran medida, debido a que la temperatura de refrigeración ayudó a inhibir el desarrollo de hongos.

El recubrimiento de cera es una tecnología postcosecha que permite prolongar la vida útil, mejorar la calidad y generar valor agregado al mango ya que se ha logrado extender la vida comercial del producto y mejorar su apariencia; debido a que esta tecnología actúa como una atmósfera modificada, que hace que los procesos metabólicos de la fruta se realicen de una manera gradual.

Palabras claves: Calidad, Conservación, *Mangifera indica*, Post-cosecha, Recubrimiento.

INTRODUCCION

En la actualidad, las frutas y hortalizas tanto frescas como mínimamente procesadas, gozan de una considerable aceptación por parte de los

consumidores. Dicha aceptación se debe en gran medida a su facilidad de consumo así como a los beneficios que la ingesta de estos alimentos produce en la salud humana. (9)

Sin embargo, los productos hortofrutícolas después de su recolección, continúan los procesos de respiración y transpiración, los cuales deben de controlarse exhaustivamente para prolongar el estado óptimo de maduración de estos alimentos hasta su consumo. Si estas reacciones progresan rápidamente las frutas y hortalizas maduran en exceso, se ablandan, se marchitan sus tejidos y disminuye de forma considerable su calidad. ⁽⁹⁾ El mango en particular, es una fruta altamente perecedera, ya que tiende inherentemente a sufrir deterioros y alteraciones, a pesar de tener un pericarpio capaz de proporcionarle una protección contra los hongos y las plagas. La frecuencia de estas alteraciones se incrementa en la medida que el manejo de la fruta no es el adecuado.

Para satisfacer las crecientes necesidades de los consumidores de productos frescos de alta calidad, es preciso dedicar importantes esfuerzos de investigación destinados a conocer y reducir los cambios en los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos que se desarrollan en el mango después de su recolección y aplicar tratamientos post-cosecha que preserven dicha calidad y retrasen la senescencia en las condiciones de almacenamiento que comúnmente son conservados. Es por tal razón, que se impulsó el desarrollo de esta investigación, con el objetivo de evaluar el efecto de un recubrimiento a base de ceras (resina de colofonia y polietileno oxidado), en la calidad microbiológica y fisicoquímica en Mango Tommy Atkins y Panades; en el periodo de abril a julio de 2015.

MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron frutos de mango cv. Panades procedente del cantón Milingo del municipio de Suchitoto y cv. Tommy Atkins, procedente del municipio de Guazapa. Los mangos fueron recolectados en el centro de acopio el Coyolito, de la empresa Acceso Oferta Local El Salvador, ubicado en el departamento de Chalatenango que corresponde a la zona norte del País. Se seleccionaron aquellos frutos con un grado apropiado de desarrollo y $\frac{3}{4}$ de madurez fisiológica o 75% maduro (sazón).

Luego de la selección, los frutos de mango fueron enjuagados e higienizados por inmersión, con una solución de ácido láctico al 1% durante 5 minutos.

Y se dejaron secar a temperatura ambiente. Los frutos se dividieron en cuatro bloques, los cuales se les denominaron: Panades Recubierto (PR), Tommy Recubierto (TR), Panades sin recubrimiento (PSR) y Tommy sin recubrimiento (TSR). Cada bloque representa un tratamiento.

Los bloques PR y TR fueron recubiertos por aspersion, con un formulado compuesto por una mezcla de ceras (resina de colofonia y polietileno oxidado) en emulsión en agua; reconocida en el mercado como Teycer C Cp.

Para todos los tratamientos los frutos se colocaron en bandejas plásticas a una temperatura de 10°C por un periodo de 36 días.

Análisis microbiológico. Se realizó análisis microbiológico inicial a los frutos para determinar su inocuidad, de acuerdo a los criterios establecidos en el grupo 4. Frutas y Hortalizas, en el subgrupo 4.1 Frutas y Hortalizas frescas del reglamento técnico centroamericano. Se evaluó *Escherichia coli*, (AOAC Official Method 991.14) *Salmonella spp.* (APHA capítulo 37).

Pérdida de peso. Los frutos fueron inicialmente pesados y marcados. Luego se les realizó un seguimiento del peso durante el almacenamiento, utilizando para ello una balanza digital Mettler PE 2000. Los resultados se expresaron como porcentaje de pérdida de peso.

Acidez titulable. Preparación de la muestra. Se preparó un extracto que se obtuvo pesando 50g de la pulpa de los mangos, luego se mezcló con 500mL de agua destilada (AOAC Official Method 920.149)

La Acidez se determinó tomando alícuotas de 25ml del extracto, las cuales fueron valoradas con una solución de NaOH 0.1 N utilizando un pH Metro Orion Star A211. Los resultados se expresaron como el porcentaje de ácido cítrico presente en la muestra. (AOAC Official Method 942.15)

Sólidos solubles totales. Para la determinación de sólidos solubles totales expresados como °Brix, se colocó directamente una gota del jugo de los mangos en un refractómetro Wine Line modelo HI 96811, con control de temperatura a 20°C, previamente calibrado con agua destilada. Los

resultados se expresaron como la cantidad de sólidos solubles totales en la muestra. (AOAC Official Method 932.14)

Índice de Madurez. Para determinar la madurez en el mango se utilizó el contenido en azúcares expresado en °Brix y se relacionó con la acidez del mango (14) mediante la fórmula:

$$\text{Índice de madurez} = \frac{\text{°brix}}{\text{Acidez}}$$

Identificación de Hongos Fito patógenos. *Colletotrichum gloeosporioides* y *Penicillium spp.*: Se realizó un enjuague al fruto con 100mL de agua destilada estéril, se tomó alícuotas de 1mL y se sembró en agar papa dextrosa (APHA capítulo 20).

Muestreo. Las evaluaciones se realizaron a un fruto por tratamiento, a la salida del almacenamiento a 10°C. La frecuencia de inspección fue cada 4 días. Hasta llegar a 36 días de almacenamiento obteniendo un total de 11 ensayos.

Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza, considerando como causas de variación el tiempo y el tratamiento aplicado para una condición de almacenamiento. Los valores medios significativamente diferentes se compararon a través de la prueba de rangos múltiples Games Howell, mediante el sistema de programas para el análisis estadístico SPSS, para una probabilidad del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis microbiológicos. Para las 2 variedades de mangos se obtuvieron resultados conformes, *Salmonella spp* Ausencia y *Escherichia coli* < 10 UFC/g. Estos análisis demuestran que la carga microbiana de los mangos se encuentra dentro de los límites establecidos en el grupo 4. Frutas y Hortalizas, subgrupo 4.1 Frutas y Hortalizas frescas del reglamento técnico centroamericano.

Pérdida de peso. En la figura N°1, se detalla la evolución de la pérdida de peso de mango var. Panades y var. Tommy Atkins a lo largo del tiempo. Se pueden observar dos grandes grupos; un grupo lo conforman los frutos recubiertos, donde la pérdida de peso fue más lenta y el otro grupo lo conforman los frutos no recubiertos, cuya pérdida de peso fue

mayor. En general, los mangos presentaron una tendencia lineal en el aumento de la pérdida de peso a medida que avanza el proceso de maduración.

Los porcentajes de pérdida de peso para los frutos recubiertos al final del periodo de almacenamiento, fueron de 8.71% para la variedad Panades y 9.46% para la variedad Tommy Atkins. Sin embargo, los frutos no recubiertos presentaron valores dos veces mayores 21.52% y 23.18% respectivamente. La reducción puede atribuirse a que el recubrimiento actúa como barrera protectora que limita la transpiración, retrasando la aparición de los síntomas por marchitamiento. Esta diferencia es más evidente en la variedad Tommy Atkins, ya que los valores muestran una gran variación desde el segundo día post-cosecha (0.33% recubierto y 4.61% no recubierto); debido a que esta variedad presenta una mayor superficie expuesta por unidad de peso, lo que incrementa la velocidad de pérdida de agua.

El análisis estadístico por medio de una comparación de medias de la pérdida de peso utilizando la prueba de Games Howell, mostro que existe una diferencia significativa (P<0.05) entre los porcentajes de pérdida de peso de los frutos recubiertos respecto a los no recubiertos.

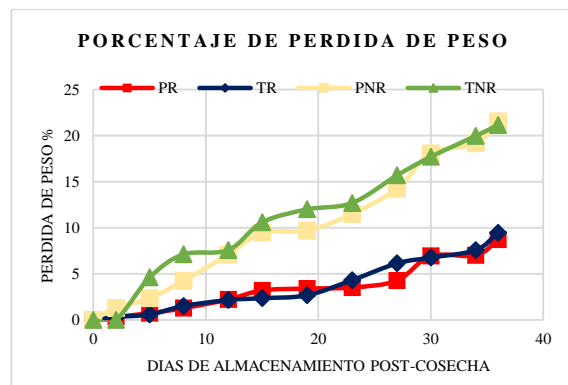


Figura 1. Porcentaje de pérdida de peso en mangos variedad Panades y Tommy Atkins, almacenados a 10°C.

Sólidos solubles totales. El contenido de sólidos solubles totales al cabo de 36 días osciló entre 13.5 °Brix y 16.4 °Brix. Los mangos que no fueron recubiertos mostraron valores más altos de SST; Panades 16.4 °Bx, Tommy Atkins 15.8 °Bx. Al día 36 respecto a los frutos que fueron recubiertos. Panades 13.5Bx y Tommy Atkins 14.2°Bx. Por lo que indica una leve disminución en el proceso de maduración de los tratamientos TR y PR.

La figura N° 2 muestra el comportamiento de los sólidos totales en los diferentes tratamientos a través del tiempo. Se observa que el contenido de sólidos solubles totales en todos los frutos aumento conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento, es importante señalar que hubo una adecuada evolución de los sólidos solubles totales para todos los bloques.

De acuerdo a los datos obtenidos, el valor máximo de SST fue de solo 13.5 °Brix y 14.2 °Brix para el mango Panades y Tommy recubiertos respectivamente, lo cual indica que no hubo una completa madurez de los frutos.

Pero cabe recalcar que el valor menor de sólidos solubles totales fue presentado por el mango Panades recubierto, por lo que la cera funciono mejor en esta variedad.

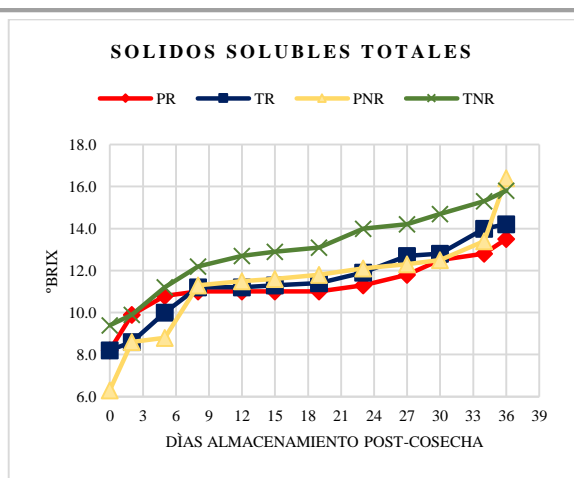


Figura 2. Sólidos solubles totales (°Brix) en mangos variedad Panades y Tommy Atkins, almacenados a 10°C.

Acidez titulable. El contenido de acidez titulable para todos los tratamientos decreció significativamente durante el tiempo de almacenamiento. Los resultados revelan que las variedades Panades y Tommy Atkins que no fueron recubiertos, el contenido de acidez titulable al final del periodo de almacenamiento fue de 0.58% y 0.55% respectivamente, conforme a los que fueron recubiertos 0.56% y 0.44%.

En la figura N°3, se observa el comportamiento a través del tiempo de la acidez titulable de los mangos variedad Panades y Tommy Atkins en los diferentes tratamientos, almacenados a 10°C. Hubo una disminución de esta variable. La acidez titulable en el día 0, estaba en un rango entre 0.96 y 1.30% de ácido cítrico, para finalmente llegar a una concentración de 0.44 y 0.58% de ácido cítrico a los 36 días de almacenamiento post-cosecha. Estos resultados demuestran un retraso de la maduración en los frutos almacenados en estas condiciones de almacenaje, manifestándose de forma más evidente en los frutos recubiertos.

La comparación de medias de todos los tratamientos arrojó que la diferencia no era significativa ($P > 0.05$).

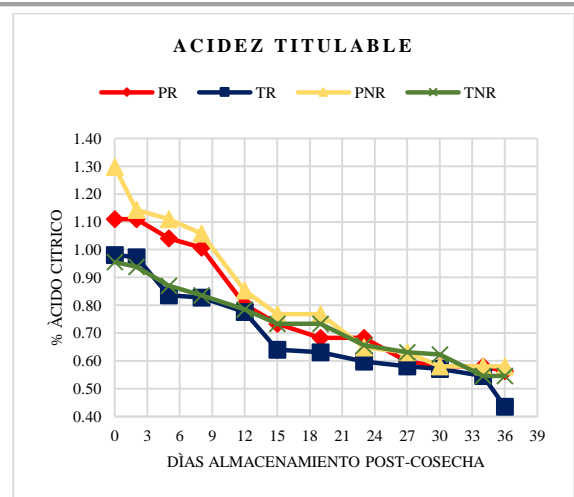


Figura 3. Acidez titulable (% ácido cítrico) en mangos variedad Panades y Tommy Atkins, almacenados a 10°C.

Índice de madurez. En la figura 4 presenta la evolución típica de los indicadores de madurez relacionados con la relación acidez-dulzura para el mango Panades recubierto. En todos los tratamientos evaluados este fue el comportamiento típico presentando un incremento progresivo de los azúcares (SST) y una disminución simultánea del ácido cítrico a medida que avanza el almacenamiento.

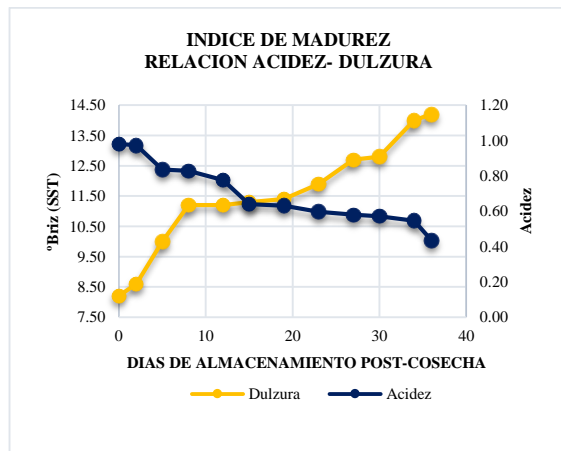


Figura 4. Índice de madurez (Relación acidez/dulzura) en mangos variedad Panades y Tommy Atkins, almacenados a 10°C.

La evolución de la relación acidez-dulzura que constituye el índice de madurez del mango para todos los tratamientos evaluados esta presentada en la figura N°5, se refleja que al inicio del experimento todos los mangos en los diferentes tratamientos presentaron un bajo índice de madurez (rango entre 4.86 y 9.84), característica de alta acidez y bajo contenido de azúcares.

Conforme, los mangos maduraron tuvieron un aumento en el índice de madurez debido a la hidrólisis de los carbohidratos y a la disminución de los ácidos orgánicos requeridos en el proceso de maduración del fruto. El menor índice de madurez, a través de un menor incremento de los sólidos solubles y un mantenimiento de la acidez total fue el del mango variedad Tommy Atkins y Panades recubierto mostrando un índice de madurez de

23.44 y 25.21 respectivamente. Presentando un menor índice de madurez a las 36 días de almacenamiento el mango Tommy recubierto.

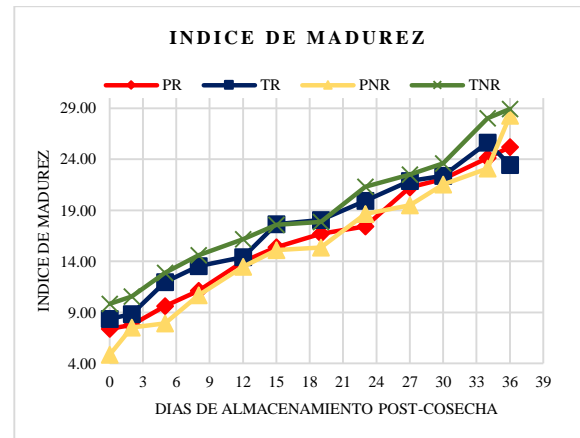


Figura 5. Índice de madurez (Relación acidez/dulzura) en mangos variedad Panades y Tommy Atkins, almacenados a 10°C.

Identificación de Hongos Fito patógenos.

Colletotrichum gloeosporioides y Penicillium spp: En los frutos recubiertos no hubo crecimiento de *Colletotrichum gloeosporioides* y *Penicillium spp*. Sin embargo en los mangos no recubiertos tanto Panades como Tommy Atkins, se observó el desarrollo de *Penicillium spp* en los días 0, 8, 23 y 36 de almacenamiento. Así mismo se logró aislar *Colletotrichum gloeosporioides* en mango Tommy Atkins, para el segundo día de almacenamiento post-cosecha.

La temperatura de almacenamiento ayudo en gran medida a inhibir el desarrollo de *Colletotrichum gloeosporioides*.

En la figura N°6 se puede observar la morfología macroscópica y microscópica de los hongos durante el tiempo de almacenamiento de los mangos a 10°C.

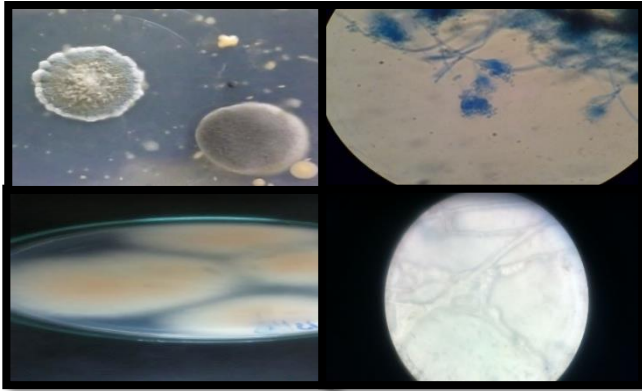


Figura N°6. Hongos aislados en mangos variedad Panades y Tommy Atkins. A) Colonia en agar papa dextrosa de *Penicillium spp*, B) Morfología microscópica de *Penicillium spp*, C) Colonia de *Colletotrichum gloeosporioides* en agar papa dextrosa y D) Morfología microscópica de *Colletotrichum gloeosporioides*.

CONCLUSIONES

- El recubrimiento a base de ceras aplicado a los mangos variedad Panades y Tommy Atkins, permite obtener menores pérdidas de peso en los frutos recubiertos (8.71% y 9.46%, respectivamente), en comparación con los frutos no recubiertos (21.52% Panades y 23.18% Tommy Atkins), por lo que se considera una alternativa post cosecha viable, que permite retrasar los procesos de transpiración y respiración del fruto.
- La temperatura de almacenamiento a 10°C en combinación con el recubrimiento en estudio, permitió obtener una mejor calidad

microbiológica en los mangos recubiertos de ambas variedades respecto a los mangos no recubiertos, ya que en estos últimos se logró aislar *Penicillium spp* y *Colletotrichum gloeosporioides*.

- La aplicación del recubrimiento en estudio, permitió obtener resultados más favorecedores en los frutos recubiertos de mango variedad Panades, respecto a la variedad Tommy Atkins, esto se debe a que la variedad Tommy presenta una mayor superficie expuesta por unidad de peso, lo que incrementa la velocidad de pérdida de agua y en consecuencia acelera la senescencia del fruto.
- El recubrimiento de cera es una tecnología postcosecha que permite prolongar la vida útil, mejorar la calidad y generar valor agregado al mango ya que se ha logrado extender la vida comercial del producto y mejorar su apariencia; debido a que esta tecnología actúa como una atmosfera modificada, que hace que los procesos metabólicos de la fruta se realicen de una manera gradual.

RECOMENDACIONES

- En futuras investigaciones alargar el periodo de almacenamiento de los mangos Panades y Tommy Atkins, para que los frutos alcancen los niveles óptimos de maduración.
- Para extender la vida de anaquel en los mangos, mantenerlos a una temperatura entre 10 - 15°C.
- Impulsar al sector productor el uso de recubrimientos en sus productos hortofrutícolas, que restituya la cera natural de la fruta que ha sido eliminada durante el lavado y eviten las pérdidas excesivas de peso y mejoren la apariencia externa del alimento.
- Teycer C es una alternativa post-cosecha económicamente viable debido al rendimiento del encerado por tonelada métrica de fruta.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Laboratorio Nacional de Referencia del Ministerio de Salud y a la empresa Acceso Oferta Local- Productos de El Salvador, por su apreciable aporte en el desarrollo experimental.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 24) Alvarez M. Formulación de un recubrimiento comestible para frutas cítricas, estudio de su impacto mediante aproximación metabólica y evaluación de la calidad postcosecha. Colombia, Universidad de Antioquia, Facultad de Química Farmacéutica. [Internet] 2012 [Consultado el 10 de Julio 2013] Disponible en: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/1618/1/TESIS%20DOCTORAL%20RAFAEL%20ALVAREZ.pdf>
- 25) AOAC Official Method 942.15. Acidity (Titrable) of Fruit Products. Official method of Analysis of AOAC International, ed. 18, 2005, Cap. 37, p.10.
- 26) AOAC Official Method 991.14., Manual de Escherichia coli /Coliformes por cuenta. 3M. 16th edition, 4th revision, 1998
- 27) CFR 319.56. Sub-parte de frutas y vegetales. [Internet] [Consultado el 19 de Abril de 2015]. Disponible en: <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/7/319.56-3>
- 28) Comité Técnico de Normalización Nacional de Productos Agrícolas y Pecuarios. Productos alimenticios no industrializados para consumo humado. Fruta fresca-Mango (Mangifera indica L.) Especificaciones. Escrita y editada por la Secretaria de Economía de Los Estados Unidos mexicanos. México. [Internet] [Consultado 16 de Junio de 2014]. Disponible en: <http://200.77.231.100/work/normas/nmx/2009/nmx-ff-060-scfi-2009.pdf>
- 29) Compendium of methods for the Microbiological Examination of foods. . American Public Health Association 2001 Fourth edition. 63-67; 159-163; 211-215.
- 30) El encerado de productos cítricos. [Internet] Consultado el 15 de Marzo de 2015, Disponible en: <http://www.tecnicoagricola.es/el-encerado-de-los-frutos-citricos/>
- 31) Hernández JA. Caracterización morfo agronómica de la variedad de mango Panadés (Mangifera indica L.) en finca la granja municipio de San Luis Talpa departamento de La Paz. El Salvador. Departamento de fitotecnia, Universidad de El Salvador. 2012 [Consultado el 01 de Julio de 2014].
- 32) Hernández JN. Caracterización físico-química y microbiológica del tomate margariteño (Lycopersicon esculentum var. España) y evaluación de la efectividad de tratamientos de pre-ensado para el incremento de su vida comercial a temperatura ambiente. Córdoba, Venezuela. Departamento de Bromatología y Tecnología de los Alimentos, Universidad de Córdoba. [Internet] 2013. [Consultado el 16 de marzo de 2015]. Disponible en: <http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/9925/2013000000724.pdf?sequence=1>
- 33) Juárez GP, Sosa ME, López A. Hongos Fitopatógenos de alta importancia económica: Descripción y métodos de control. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos. 2010; 14-23. Disponible en: <http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-2/TSIA-4%282%29-Juarez-Becerra-et-al-2010.pdf>
- 34) Kilcast D, Subramaniam P. The Stability and shelf-life of food. Estados Unidos. Primera Edición. 2000. Páginas: 249-262.
- 35) Liria MR. Guía para la evaluación sensorial de alimentos. Centro Internacional de Agricultura tropical. Lima 2007. En línea.

- 36) Madril María. Control biológico de la antracnosis en tomate de árbol, En el Ecotipo. Mediante hongos endófitos antagonistas. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Facultad de ciencias agropecuarias y ambientales. . [Internet] 2006 [Consultado el 10 de Marzo de 2015] Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3806/1/UPS-CT001974.pdf>
- 37) Navarro M. Efecto de la Composición de Recubrimientos Comestibles a base de Hidroxipropilmetilcelulosa y Cera de Abeja en la Calidad de Ciruelas, Naranjas y Mandarinas. Valencia, España. Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia. [Internet] 2007 [Consultado el 11 de Junio de 2013]. Disponible en: riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1923/tesisUPV2699.pdf
- 38) Norma del CODEX para el mango. CODEX STAN 184-1993.
- 39) Olivera R. Caracterización morfológica y cultural de aislados Colletotrichum spp. Causantes de la Antracnosis del olivo. . [Internet] 2006 [Consultado el 10 de marzo de 2015]. Disponible en: File:///C:/Users/Guevara/Desktop/tesis%20maestria%202015/articulos/pdf_plagas-BSVP-31-04-531-548.pdf
- 40) Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). Manual para el Control y Aseguramiento de la Calidad e Inocuidad de Frutas y Hortalizas frescas. El Salvador, 2001. Disponible en: <http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivo/s/BibliotecaVirtual/ManualfrutashortalizasfrescasESA.pdf>
- 41) Pérez MB, Ríos MA, Rojas C. Recubrimientos Comestibles en Frutas y Hortalizas. Valencia, España. [Internet] [Consultado el 30 de Junio de 2013]. Disponible en: <http://www.horticom.com/pd/imagenes/69/831/69831.pdf>
- 42) RTCA 67.04.50:08 Reglamento Técnico Centroamericano. Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos. Anexo de resolución n°243-2009.
- 43) Santos M. Patogenicidad, variabilidad morfológica y genética de Colletotrichum acutatum Simmonds de cítricos en México. México, Universidad de Colima, Facultad de Ciencias Biológicas y agropecuarias. [Internet] 2006 [Consultado el 10 de Marzo de 2015]. Disponible en: http://digeset.uco.mx/tesis_posgrado/Pdf/Mario_Orozco_Sanchez.pdf
- 44) SQM. Mejoramiento Productivo en Mango Cultivado en Alta Densidad sobre Arboles Pequeños. Europa. 2005
- 45) V Curso internacional tecnología post-cosecha y procesado mínimo. [Internet] Consultado el 15 de Marzo de 2015. Disponible en: http://www.deccopostharvest.com/pdf/newsletter/11_04_2011/recubrimientos_frutas_hortalizas.pdf
- 46) Vázquez D. Estudio de la aplicación de alternativas tecnológicas para incrementar la vida de anaquel de mango Manila (Mangifera indica L.) en estado fresco. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Química. [Internet] 2012 [Consultado el 17 de mayo de 2015]. Disponible en: <http://ri.uaq.mx/bitstream/123456789/400/1/RI00067.pdf>

ANEXO N° 11

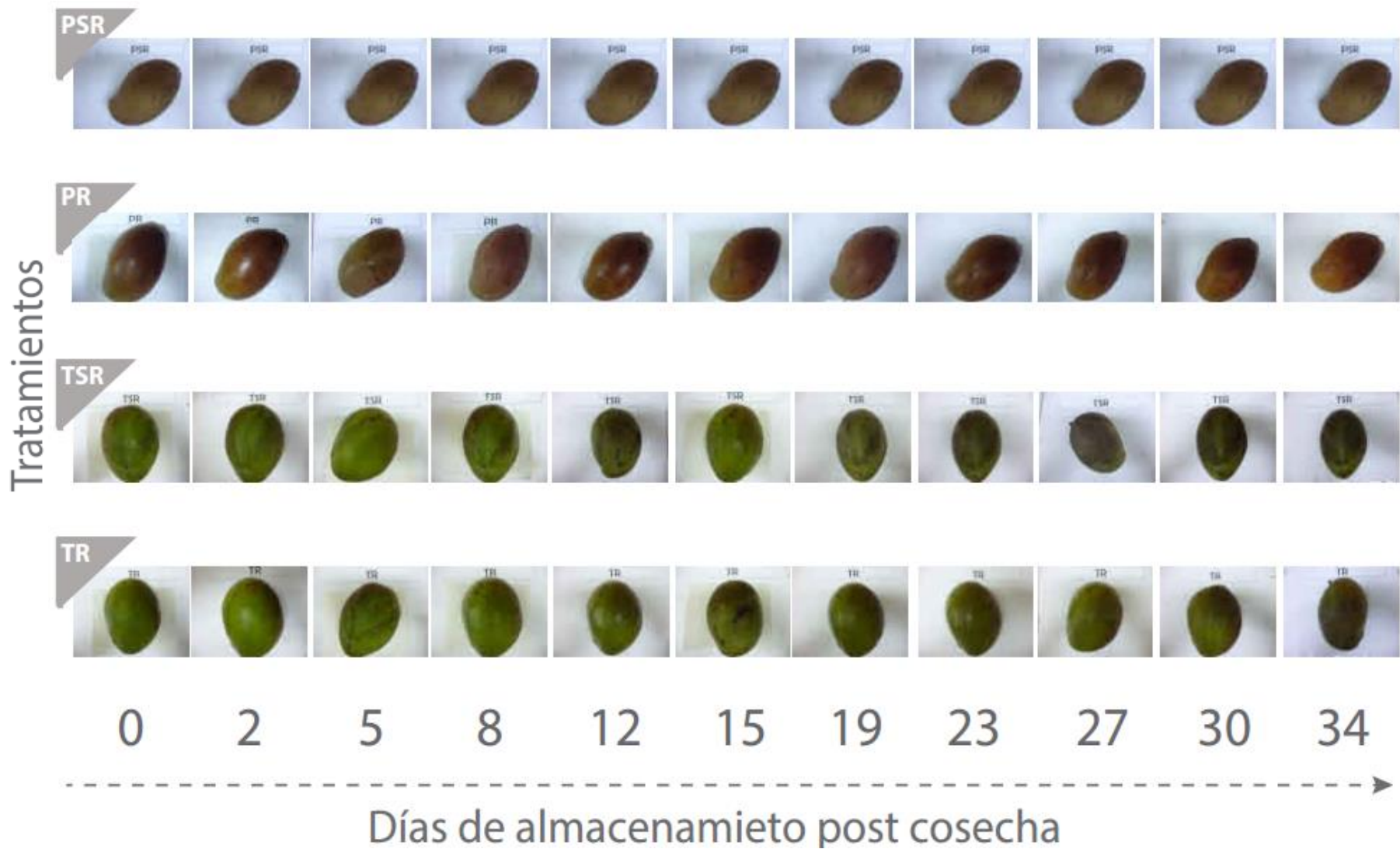
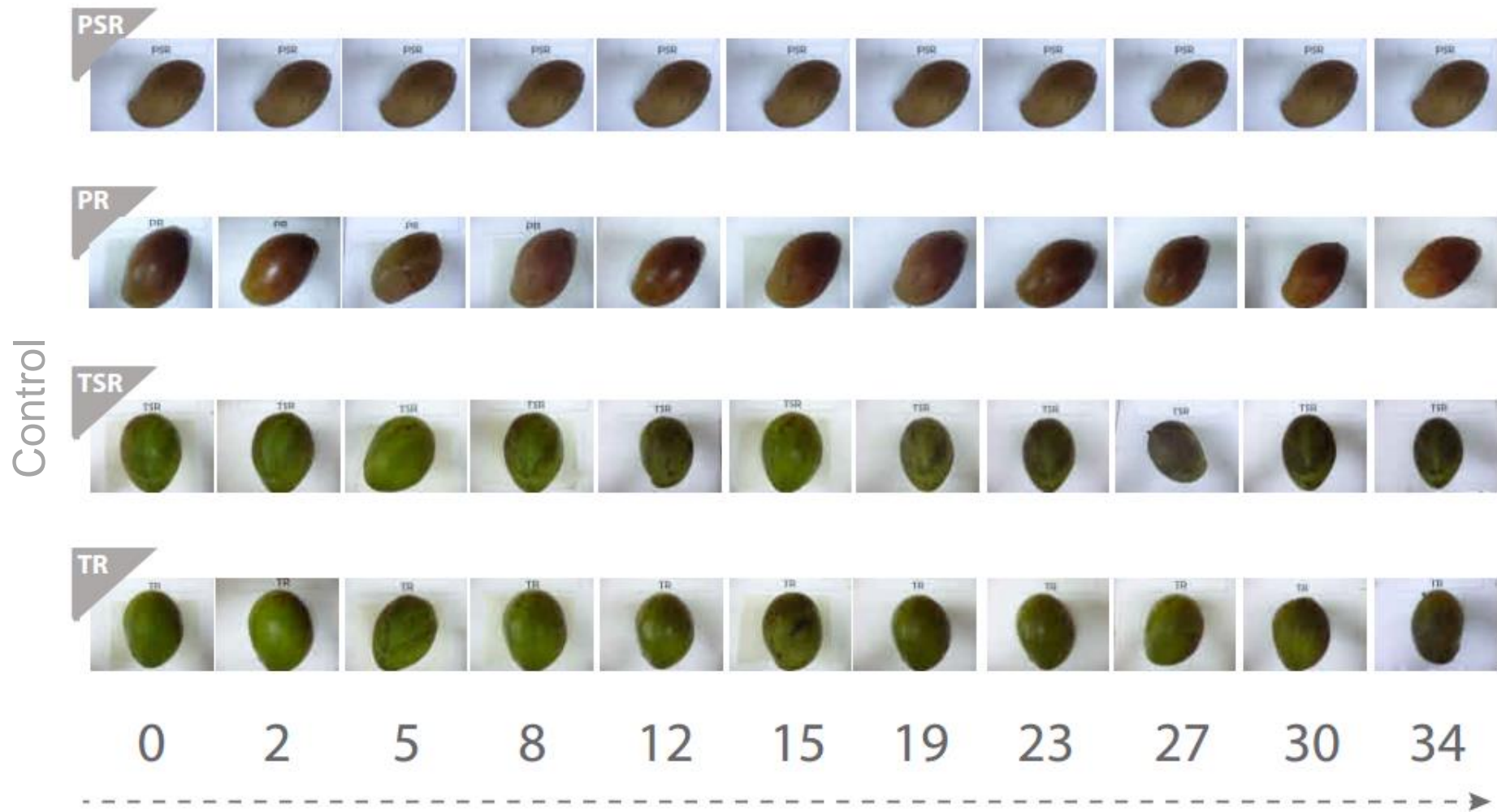


Figura N°20. Control de cada variedad de mango durante el almacenamiento post cosecha.



Días de almacenamiento post cosecha

Figura N°21. Frutos de mango recubierto y no recubierto, variedad Panades.

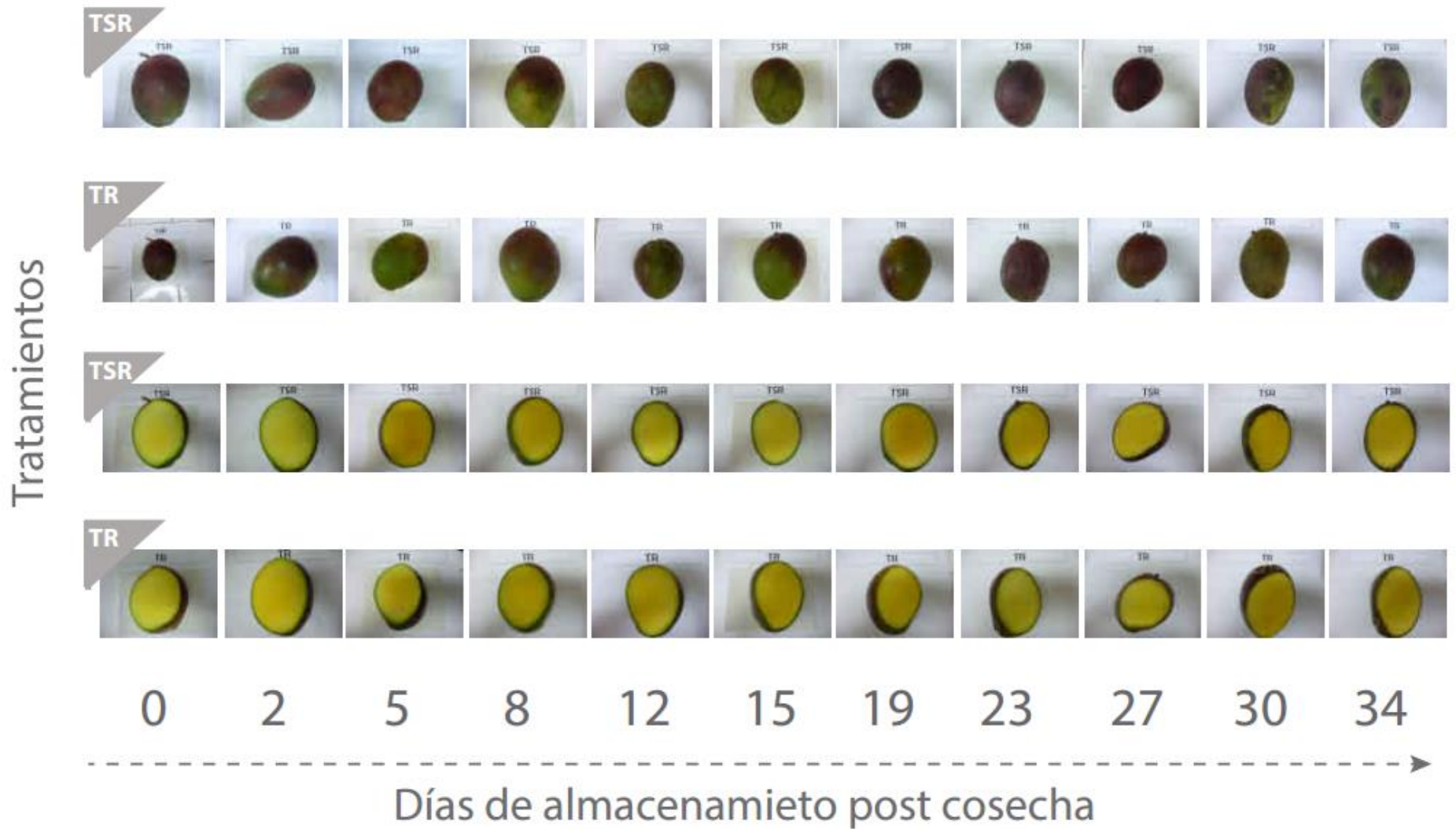


Figura N°22. Frutos de mango recubierto y no recubierto, variedad Tommy Atkins.