

EFFECTO DEL RECUBRIMIENTO A BASE DE ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta crantz*) MODIFICADO, SOBRE LA MADURACIÓN DEL TOMATE DE MESA (*Solanum lycopersicum*) BAJO CONDICIONES AMBIENTALES

**PAOLA LICETH BARCO HERNÁNDEZ
ANDREA CATALINA BURBANO DELGADO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
POPAYÁN
2011**

EFFECTO DEL RECUBRIMIENTO A BASE DE ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta crantz*) MODIFICADO, SOBRE LA DE MADURACIÓN DEL TOMATE DE MESA (*Solanum lycopersicum*) BAJO CONDICIONES AMBIENTALES

**PAOLA LICETH BARCO HERNÁNDEZ
ANDREA CATALINA BURBANO DELGADO**

Informe final trabajo de grado

**Mg. Silvio Andrés Mosquera Sánchez
Grupo de investigación en Ciencia y Tecnología de Biomoléculas de Interés
Agroindustrial, CYTBIA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
POPAYÁN
2011**

NOTA DE ACEPTACIÓN:

El director y los jurados han leído el presente trabajo, han escuchado la sustentación del mismo por sus autoras y lo encuentran satisfactorio.

Mg. Silvio Andrés Mosquera Sánchez
Director

Carmenza López Patiño
Presidente del jurado

Diana Paola Navia Porras
Jurado

Fecha: Martes, 8 de Marzo de 2011

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios que me ha regalado cada uno de estos días vividos dándome sabiduría, paciencia y constancia durante mi carrera y sobretodo en este trabajo de grado. A mis padres Ana Cecilia Hernández Estela y Diego María Barco Erazo, los cuales me acompañaron en este camino con amor y paciencia y su apoyo tanto económico como espiritual hizo posible alcanzar esta meta tan anhelada. A mis hermanos que me apoyaron incondicionalmente cuando mis padres no podían.

Paola Barco.

Al salir de mi hogar y con el fin de iniciar el camino académico, la luz, guía, compañía y sobre todo la sabiduría reflejada en este trabajo, tiene un fundamento, Dios; gracias a El por este producto y a mis padres por todo su apoyo y confianza depositada. La alegría y compañía de mis hermanos, mas el apoyo de mis familiares fueron indispensables para alcanzar esta meta. A ustedes muchas gracias pues esto, mas el desarrollo académico, experimental y científico junto con mi amiga y compañera Paola fueron los pilares de los objetivos alcanzados.

Catalina Burbano.

AGRADECIMIENTOS

Al Mg. Andrés Mosquera director de este trabajo de investigación quien nos encaminó y nos orientó con amor, paciencia, inteligencia y responsabilidad y que jamás nos dejó solas ni un solo instante.

A Rocío Bonilla y José Luis Hoyos (Grupo de investigación CYTBIA), los cuales nos facilitaron la materia prima para el recubrimiento.

A Juan Pablo Castañeda, Mario Enríquez y Diana Navia quienes nos brindaron tiempo valioso de sus vidas para lograr nuestro objetivo.

A la estudiante de Ingeniería Física de la Universidad del Cauca, Laura Daniela Ordieres Zúñiga por su compromiso y gran aporte en el seguimiento y análisis del color.

A la Universidad del Cauca y profesores de agroindustria que nos formaron tanto intelectual como personalmente.

A nuestros compañeros por su amistad, sinceridad, alegría y apoyo.

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	19
INTRODUCCIÓN	20
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	21
2. JUSTIFICACIÓN	22
3. OBJETIVOS	23
3.1 OBJETIVO GENERAL	23
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
4. MARCO REFERENCIAL	24
4.1 TOMATE	24
4.1.1 Clasificación taxonómica	24
4.1.2 Morfología	24
4.1.3 Propiedades nutritivas y composición química	25
4.1.4 Principales plagas y enfermedades	26
4.1.5 Recolección	26
4.1.6 Manejo poscosecha	27
4.1.6.1 Limpieza	27
4.1.6.2 Selección	27
4.1.6.3 Clasificación	27

	pág.
4.1.6.4 Encerado	28
4.1.6.5 Empaque	28
4.1.7 Factores de calidad	28
4.1.7.1 Procesos fisiológicos internos	28
4.1.7.2 Daños fisiológicos causados por agentes externos	29
4.1.7.3 Daños físicos	29
4.1.7.4 Daños patológicos	29
4.1.8 Generalidades del cultivo del tomate en Colombia y en el Departamento del Cauca.	29
4.2 RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES	30
4.2.1 Definición y propiedades funcionales	30
4.2.2 Clasificación de los recubrimientos	31
4.2.2.1 Hidrocoloides	31
4.2.2.2 Lípidos	31
4.2.2.3 Mezclas multicomponentes	32
4.2.3 Aplicaciones	32
4.3 ALMIDÓN DE YUCA	34
5. METODOLOGÍA	37
5.1 MATERIALES	37
5.1.1 Almidón de Yuca modificado	37
5.1.2 Fruto	37
5.1.3 Insumos	37
5.2 MÉTODOS	37

	pág.
5.2.1 Fruto	37
5.2.1.1 Selección y clasificación	38
5.2.1.2 Transporte	38
5.2.1.3 Limpieza y desinfección	38
5.2.2 Obtención del extracto de ajo	39
5.2.3 Preparación del recubrimiento	39
5.2.4 Aplicación de recubrimiento	40
5.2.5 Evaluación de variables	40
5.2.5.1 Pérdida de peso	40
5.2.5.2 Tasa de respiración	41
5.2.5.3 Fuerza ante la compresión	43
5.2.5.4 Grados Brix	43
5.2.5.5. Color de la cáscara	44
5.3 DISEÑO EXPERIMENTAL	45
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
6.1 ENSAYOS PRELIMINARES	46
6.1.1 Formulación, elaboración y aplicación	46
6.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS	47
6.2.1 Pérdida de peso	48
6.2.2 Tasa de respiración	49
6.2.3 Fuerza ante la compresión	52
6.2.4 Grados Brix	54

	pág.
6.2.5 Color	56
7. CONCLUSIONES	61
8. RECOMENDACIONES	62
BIBLIOGRAFÍA	63
ANEXOS	71

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Composición química del tomate	25
Cuadro 2. Principales plagas que afectan al tomate	26
Cuadro 3. Principales enfermedades que afectan al tomate	26
Cuadro 4. Variedades de tomate de mesa en el Cauca	30
Cuadro 5. Diseño experimental y variables de respuesta	45
Cuadro 6. Pérdida de peso (%) de los tratamientos	48
Cuadro 7. Tasa de respiración (mg CO ₂ /kgh) en los tratamientos	50
Cuadro 8. Fuerza ante la compresión (N) del tomate en los tratamientos	53
Cuadro 9. Grados Brix (°Brix) en los tratamientos	54
Cuadro 10. Valores de color en los tratamientos	56
Cuadro 11. Resultado del promedio del color del tomate durante el almacenamiento	60
Cuadro 12. Pérdida de peso (%) del tomate I	72
Cuadro 13. Resultados del análisis de varianza de la pérdida de peso del tomate I	73
Cuadro 14. Prueba de promedios para la pérdida de peso del tomate I	73
Cuadro 15. Tasa de respiración (mg CO ₂ /Kg.h) del tomate I	74
Cuadro 16. Resultados del análisis de varianza de la tasa de respiración del tomate I	74
Cuadro 17. Grados Brix del tomate I	75
Cuadro 18. Resultados del análisis de varianza de los Grados Brix del tomate I	75
Cuadro 19. Prueba de promedios para los Grados Brix del tomate I	76
Cuadro 20. Fuerza ante la compresión (N) del tomate en los tratamientos I	76
Cuadro 21. Resultados del análisis de varianza de la fuerza ante la compresión del tomate I	77

	pág.
Cuadro 22. Color de los tomates I	78
Cuadro 23. Resultados del análisis de varianza del color de los tomates I	78
Cuadro 24. Prueba de promedios para el color del tomate I	79
Cuadro 25. Pérdida de peso (%) del tomate II	80
Cuadro 26. Resultados del análisis de varianza de la pérdida de peso del tomate II	81
Cuadro 27. Prueba de promedios para la pérdida de peso del tomate II	81
Cuadro 28. Tasa de respiración (mg CO ₂ /Kgh) del tomate II	82
Cuadro 29. Resultados del análisis de varianza de la tasa de respiración del tomate II	82
Cuadro 30. Prueba de promedios para la tasa de respiración de los tomates II	83
Cuadro 31. Grados Brix del tomate II	83
Cuadro 32. Resultados del análisis de varianza de los Grados Brix del tomate II	84
Cuadro 33. Prueba de promedios para los Grados Brix del tomate II	85
Cuadro 34. Fuerza ante la compresión (N) del tomate en los tratamientos II	85
Cuadro 35. Resultados del análisis de varianza de la fuerza ante la compresión II	86
Cuadro 36. Prueba de promedios de la fuerza ante la compresión de los tomates II	87
Cuadro 37. Color de los tomates II	87
Cuadro 38. Resultados del análisis de varianza del color de los tomates II	88
Cuadro 39. Prueba de promedios del color del tomate II	88

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Tabla de color para el tomate	28
Figura 2. Estructura de la molécula de amilopectina	34
Figura 3. Estructura de la molécula de amilosa	34
Figura 4. Tomate seleccionado	38
Figura 5. Empaque del fruto para el transporte	38
Figura 6. Limpieza de los tomates	39
Figura 7. Obtención del extracto de ajo	39
Figura 8. Preparación del recubrimiento	40
Figura 9. Aplicación del recubrimiento	40
Figura 10. Balanza Analítica	41
Figura 11. Equipo Petenkoffer	42
Figura 12. Medición de la tasa de respiración	43
Figura 13. Medición de la firmeza	43
Figura 14. Medición de Grados Brix	44
Figura 15. Tomate con el tratamiento 1 (T1)	44
Figura 16. Equipos usados para el cuarto ensayo	47
Figura 17. Contaminación con hongos tratamiento 2 (T2)	47
Figura 18. Pérdida de peso vs Tiempo de valoración	49
Figura 19. Tasa de respiración vs Tiempo de valoración	51
Figura 20. Tasa de respiración vs Tiempo de valoración hasta el día 16	52
Figura 21. Fuerza ante la compresión (N) vs Tiempo de valoración	53

	pág.
Figura 22. Grados Brix (°Brix) vs Tiempo de valoración	55
Figura 23. Color vs Tiempo de valoración	57
Figura 24. Desarrollo del color de los tomates	59

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A. ANÁLISIS ESTADÍSTICO HASTA EL DÍA 16 PARA TODOS LOS TRATAMIENTOS.	72
1 PÉRDIDA DE PESO	72
1.1 Análisis de varianza para la pérdida de peso	72
1.1.1 Decisión del análisis de varianza para la pérdida de peso	73
1.2 Prueba de promedios (Duncan) para la pérdida de peso	73
2 TASA DE RESPIRACIÓN	73
2.1 Análisis de varianza para la tasa de respiración	74
2.1.1 Decisión del análisis de varianza para la tasa de respiración	74
3 GRADOS BRIX	75
3.1 Análisis de varianza para los grados brix	75
3.1.1 Decisión del análisis de varianza para los Grados Brix	76
3.2 Prueba de promedios (Duncan) para los Grados Brix	76
4. FUERZA ANTE LA COMPRESION	76
4.1 Análisis de varianza para la fuerza ante la compresión	77
4.1.1 Decisión del análisis de varianza para la fuerza ante la compresión	77
5. COLOR	77
5.1 Análisis de varianza para el color	78
5.1.1 Decisión del análisis de varianza para el color	78

	pág.
5.2 Prueba de promedios (Duncan) para el color	79
ANEXO B. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS HASTA EL DÍA 22 PARA LOS TRATAMIENTOS (T1, T3 Y T4).	80
1 PÉRDIDA DE PESO	80
1.1 Análisis de varianza para la pérdida de peso	80
1.1.1 Decisión del análisis de varianza para la pérdida de peso	81
1.2 Prueba de promedios (Duncan) para la pérdida de peso	81
2 TASA DE RESPIRACIÓN	81
2.1 Análisis de varianza para la tasa de respiración	82
2.1.1 Decisión del análisis de varianza para la tasa de respiración	83
2.2 Prueba de promedios (Duncan) para la tasa de respiración	83
3 GRADOS BRIX	83
3.1 Análisis de varianza para los Grados Brix	84
3.1.1 Decisión del análisis de varianza para los Grados Brix	84
3.2 Prueba de promedios (Duncan) para los Grados Brix	85
4. FUERZA ANTE LA COMPRESION	85
4.1 Análisis de varianza para la fuerza ante la compresión	86
4.1.1 Decisión del análisis de varianza para la fuerza ante la compresión	86
4.2 Prueba de promedios (Duncan) para la fuerza ante la compresión	86
5. COLOR	87

	pág.
5.1 Análisis de varianza para el color	88
5.1.1 Decisión del análisis de varianza para el color	88
5.2 Prueba de promedios (Duncan) para el color	88

GLOSARIO

ÁCIDO CÍTRICO: es un ácido orgánico tricarbóxico que está presente en la mayoría de las frutas, sobre todo en cítricos como el limón y la naranja. Su fórmula química es $C_6H_8O_7$. Es un buen conservante y antioxidante natural que se añade industrialmente como aditivo en el envasado de muchos alimentos como las conservas de vegetales enlatadas. En bioquímica aparece como una molécula intermediaria en el ciclo de los ácidos tricarbóxicos, proceso realizado por la mayoría de los seres vivos.

ÁCIDO OXÁLICO: ácido bicarbóxico, relativamente fuerte. Es tanto un agente reductor como un elemento de conexión en la química.

ALMIDÓN: es un polisacárido de reserva alimenticia predominante en las plantas, que proporciona el 70-80% de las calorías consumidas por los humanos.

ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA): es una técnica estadística que permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio experimental.

CLIMATÉRICO: corresponde a un período de aumento significativo de la actividad respiratoria asociada al final del proceso de maduración en los frutos. Este período de respiración climatérica es una fase de transición entre la maduración y la senescencia.

ETILENO: es un compuesto químico orgánico formado por dos átomos de carbono enlazados mediante un doble enlace. El etileno es un factor esencial en la regulación de la maduración de los frutos climatéricos. El control de la acción de etileno permitiría modular la respuesta de maduración y, por consiguiente, la vida en postcosecha de este tipo de frutos.

EXTRACTO: sustancia que en forma concentrada se extrae de otra, la cual conserva sus propiedades

FIRMEZA: es uno de los métodos físico-químicos que se relaciona de manera directa con la madurez de los frutos, esta se pierde cuando se da la conversión de almidones en azúcares simples de los frutos.

GELATINIZACIÓN: es un proceso de hidratación que confiere un estado gelatinoso típico de coloides coagulados (gel). Esta hidratación se consigue mediante tratamiento térmico, a veces acompañado por presión y humedad.

GLICERINA: líquido incoloro, espeso y dulce, que se encuentra en todos los cuerpos grasos como base de su composición. Es un alcohol con tres grupos hidroxilos (-OH).

HIDROFÓBICO: la propiedad que tiene una sustancia de repeler el agua.

HIDROLIZADO: sustancia sólida que ha sufrido una reacción ácido-base con el agua. Esta reacción es importante por el gran número de contextos en los que el agua actúa como disolvente, la cual en ocasiones rompe enlaces covalentes.

HIDRÓXIDO DE BARIO: es un sólido blanco e higroscópico, o sea que atrae agua en forma de vapor o de líquido de su ambiente.

HIDRÓXIDO DE POTASIO: es un compuesto descolorido, altamente higroscópico, compuesto cristalino sólido, teniendo densidad de cerca de 2.04 g/cm^3 , fácilmente soluble en agua (1 KOH de g disuelve en 0.5 aguas de g) y alcoholes más bajos (metanol, etanol, propanol y etanol), La disolución en agua es fuertemente exotérmico, produciendo cantidades substanciales de energía en forma de calor, conduciendo a la subida de la temperatura, a veces hasta punto que hierve.

HIPÓTESIS: es una proposición aceptable que ha sido formulada a través de la recolección de información y datos, aunque no está confirmada sirve para responder de forma tentativa a un problema con base científica.

HUMEDAD RELATIVA (HR): cantidad de vapor de agua presente en el aire.

INMERSIÓN: acción de introducir algo en un líquido.

MADURACIÓN: proceso biológico, por medio del cual los frutos llegan a su máximo estado de desarrollo

pH: es el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno. Es una escala numérica utilizada para medir la acidez y basicidad de una sustancia.

PLASTIFICANTES: son aditivos que suavizan los materiales (normalmente mezclas de plástico u hormigón) a los que se añaden. Aunque se usan los mismos compuestos para plásticos.

POSCOSECHA O POSRECOLECCION: el período comprendido entre la cosecha de la fruta u hortaliza y el momento en que ésta es consumida.

RECUBRIMIENTO: es un proceso que consiste en la aplicación de un producto en estado líquido o una formulación compuesta sobre un sustrato directamente o por transferencia a una o varias superficies con el fin de obtener ciertas cualidades en el material de propiedades específicas y funcionales.

SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (SST): la medida de una sustancia soluble seca en una líquida, lo que arroja un valor aproximado del contenido de azúcar, se expresa en °Brix. A través de esta medida se puede obtener indirectamente un valor objetivo del grado de madurez de la fruta.

SUSPENSIÓN: son mezclas heterogéneas formadas por un sólido en polvo (soluto) o pequeñas partículas no solubles (fase dispersa) que se dispersan en un medio líquido (dispersante o dispersora). Cuando uno de los componentes es agua y los otros son sólidos suspendidos en la mezcla, son conocidas como suspensiones mecánicas.

TASA DE RESPIRACIÓN: medida de la cantidad de CO_2 expulsada por un fruto en su proceso de respiración.

RESUMEN

El tomate, por ser un fruto climatérico y poseer gran cantidad de agua en su interior (94%), tiende a presentar procesos de maduración y degradación rápidos; este producto es de gran importancia económica para el Departamento del Cauca por su versatilidad y aporte nutritivo y es muy apetecido por los hogares caucanos. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de recubrimiento a base de almidón de yuca (*Manihot esculenta crantz*) hidrolizado por vía enzimática en tomates de mesa (*Solanum lycopersicum*) bajo condiciones ambientales, sobre características fisicoquímicas como pérdida de peso, tasa de respiración, firmeza, grados brix y cambio de color de la cáscara; para ello se tomaron muestras durante 22 días, cada 2 días, con base en un diseño experimental completamente al azar con 3 réplicas y 3 repeticiones. Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza por medio del método de DUNCAN y se determinó que las condiciones ambientales de la ciudad de Popayán (Altura de 1.737 msnm, 19°C y HR de 77,75%) y los tratamientos aplicados afectaron significativamente la maduración natural del tomate, con una probabilidad del 95%. Se desarrollaron 4 tratamientos en donde el Tratamiento 1 (T1) fue la muestra testigo; el Tratamiento 2 (T2), contenía el 2% de almidón; el Tratamiento 3 (T3), 3% de almidón y el Tratamiento 4 (T4), 4% de almidón. Se encontraron diferencias significativas en cada una de las variables que se analizaron, dando como resultado que el Tratamiento 4 fue considerado el más adecuado para su uso como recubrimiento.

INTRODUCCIÓN

La producción de tomate larga vida en el Departamento del Cauca es de gran importancia en casi todo el territorio, para ello se destinan desde pequeñas huertas hasta grandes cultivos, siendo los municipios más destacados Morales, Piendamó, Cajibío, El Tambo y Timbío, estimándose una producción aproximada de 660.000 toneladas anuales (Corporación Colombia Internacional, 2008). Este fruto presenta un importante aporte nutritivo en cuanto a minerales y vitamina A lo que incentiva su consumo permanente en los hogares y en la industria (Solano, 2009).

El tomate es un fruto climatérico susceptible a daños mecánicos, microbiológicos y fisicoquímicos, lo que trae como consecuencia la disminución de la vida útil, calidad y valor comercial, ya que existe un incremento en el proceso de maduración que genera la pérdida de firmeza y modificaciones organolépticas (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2010).

Dentro de las estrategias que han ido evolucionando para la protección y prolongación de la vida útil de las frutas y hortalizas se encuentran los recubrimientos comestibles que confieren brillo, mantenimiento de la textura, color y disminución del deterioro de la calidad fisicoquímica y organoléptica, además la reducción de la pérdida de peso por deshidratación y el intercambio de gases (Trejo, 2010). Estos recubrimientos en su elaboración, han utilizado diversos compuestos de origen orgánico como hidrocoloides (celulosa, pectinas, almidón, almidones químicamente modificados, alginatos, quitosano, carragenina y gomas vegetales), lípidos y mezclas multicomponentes (Bosquez, 2008).

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de recubrimiento comestible a base de almidón de yuca modificado (*Manihot esculenta crantz*) sobre la maduración del tomate mesa (*Solanum lycopersicum*) y las características fisicoquímicas como pérdida de peso, tasa de respiración, firmeza, grados brix, y cambio de color de la cáscara.

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El tomate de mesa larga vida (YOLA) es un fruto que tiene una vida útil máxima de 15 días después de llegar a un grado 3 de madurez (Arboleda, 2010), dependiendo no solo de las condiciones ambientales en las que se maneje el producto en su almacenamiento sino de la circunstancia de que, al ser un tejido vivo y un fruto climatérico, está sujeto a continuos cambios, puesto que después de ser cosechado su maduración es ascendente ya que continúa respirando, además, la tasa de respiración puede aumentar como consecuencia del incremento considerable en la producción de etileno, principal hormona vegetal que se presenta como un gas incoloro y muy volátil, el cual es responsable del proceso de maduración y envejecimiento del fruto (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2010). El gran contenido de agua en su interior (94%) hace que el tomate transpire, es decir que pierda agua en forma de vapor a través de los estomas y la cutícula, consecuencia de ello son las pérdidas importantes por deshidratación que buscan establecer una relación de equilibrio entre la presión de vapor de agua (la cual es mayor) y la del medio que lo rodea, causando pérdida de turgencia, flacidez y ablandamiento (Pérez, 2008). También es susceptible al ataque por *Botrytis cinerea* y *Penicillium expansum*, causantes del moho gris y del moho azul respectivamente (Liu, 2007), los cuales son de origen exógeno, es decir que no existen en el fruto en el momento de su cosecha, al menos en sus estructuras internas, si no que se suman posteriormente a partir de una inadecuada manipulación poscosecha y de las condiciones ambientales, siendo un medio óptimo para el crecimiento una temperatura entre 20 y 30 °C y humedad relativa entre 80 y 95%, afectando la apariencia y provocando muchas veces intoxicaciones en el consumidor (Mushworld, 2005).

En la cadena productiva del tomate, las etapas de poscosecha y comercialización representan puntos críticos en los cuales el producto es más susceptible y propenso a sufrir daños mecánicos, físicos, químicos y microbiológicos, haciendo que se disminuya la calidad y vida útil del mismo llevando a pérdidas que oscilan entre 30 y 40% (Muñoz, 2010) disminuyendo la economía tanto para el productor como para el comercializador, con menor producto disponible en el mercado.

2. JUSTIFICACIÓN

El tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*) es un producto muy versátil, debido a que se lo puede usar en estado fresco, cocido o transformado por la industria (Centro Budista de Valencia, 2009); se caracteriza por su buen sabor y propiedades nutricionales por el gran contenido de vitaminas como C, A y las del grupo B que desarrollan funciones antioxidantes. De igual forma en el tomate se halla, aunque en menor medida, el glutatión que es un tripéptido compuesto de glicina, cisteína y ácido glutámico que además de conferirle un poder antioxidante, favorece la depuración de productos tóxicos e impide la acumulación de metales pesados (Solano, 2009) y contiene licopeno que es un carotenoide presente en el pigmento que le da al tomate su color rojo.

La aplicación de recubrimientos comestibles en el sector hortofrutícola es una alternativa económicamente viable y ambientalmente amigable que mejora la apariencia, la calidad fisicoquímica, organoléptica y biológica de los frutos, ya que forma una película en torno a ellos siendo capaz de producir una atmósfera modificada, aislándola del medio ambiente, pues actúa como una barrera al oxígeno y al dióxido de carbono, además les confiere brillo, conserva por mayor tiempo su textura, disminuye la pérdida de peso por deshidratación, retardando el proceso de maduración y senescencia de una forma similar a la de una atmósfera controlada (Kader, 1995), convirtiéndose en un aporte importante para los agricultores, supermercados, intermediarios e industrias que se dedican a esta actividad, con el fin de disminuir las pérdidas y mejorar la calidad del producto.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la aplicación del recubrimiento comestible a base de almidón de yuca modificado (*Manihot esculenta crantz*) sobre la maduración del tomate mesa (*Solanum lycopersicum*).

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Medir el efecto de la aplicación del recubrimiento sobre las características fisicoquímicas como pérdida de peso, tasa de respiración, fuerza ante la compresión, grados brix del tomate.

Medir el efecto del recubrimiento sobre el cambio de color de la cáscara del tomate.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 TOMATE

El tomate pertenece a la familia de las Solanáceas, del género *Solanum* y de especie *S. lycopersicum*. Se le conoce con el nombre científico (*Solanum lycopersicum*) (Brouwer, 2006) y es considerada como una de las hortalizas de mayor importancia en muchos países del mundo, por su consumo, producción, divisas y por el sinnúmero de subproductos que se obtienen de él (Ramirez, 2009).

4.1.1 Clasificación taxonómica. A continuación se presenta la clasificación taxonómica del tomate (Hernán, 2009):

Reino: plantae

Subreino: traqueobionta (plantas vasculares)

Superdivisión: spermatophyta (plantas con semillas)

División: magnoliophyta (plantas con flor)

Clase: magnoliopsida (dicotiledóneas)

Subclase: asteridae

Orden: solanales

Nombre científico: *Solanum lycopersicum*

Nombre común: tomate de mesa

4.1.2 Morfología. Como planta tiene características específicas y partes esenciales (Hernán, 2009):

Hábito y forma de vida: hierba delicada, generalmente de vida corta, con pelos glandulares algo pegajosos.

Tamaño: hasta de 1 m de altura, aunque a veces más alta.

Tallo: erecto y áspero al tacto.

Hojas: alternas, de hasta 25 cm de largo, divididas en varias hojillas de diferentes tamaños que a su vez pueden estar divididas principalmente en la base, de ápice puntiagudo y con el margen aserrado a ligeramente hendido.

Inflorescencia: las flores están dispuestas en racimos cortos o alargados, a veces ramificados, ubicados generalmente en las bifurcaciones de los tallos o bien en los nudos.

Flores: el cáliz de 5 sépalos angostamente triangulares, puntiagudos; la corola amarilla, en forma de estrella de 5 puntas (hasta 9 principalmente en plantas cultivadas); estambres 5 (hasta 9 principalmente en plantas cultivadas), las anteras con sus ápices delgados están unidas entre sí rodeando al estilo.

El fruto del tomate está compuesto de las siguientes partes (Haeff, 2004):

Óvulo o pared: lugar donde se desarrollan las semillas.

Pericarpio: consiste en una carnosidad externa conocida como piel o cáscara la cual puede ser rosada, roja o amarilla, dependiendo del estado de madurez en que se encuentre el fruto y de la variedad del mismo.

Mesocarpio: es la parte intermedia y es también conocida como pulpa.

La placenta: es la parte central o interna del fruto donde las semillas son fijadas.

Los lóculos o celdas: son los compartimientos o cavidades que contienen la semilla.

La semilla: la forma de la semilla es plana y ovalada, mide entre 1 y 5 mm según la variedad y grado de desecado, es aromática al estrujarse con el típico olor a tomate y está rodeada por una capa mucilaginosa.

4.1.3 Propiedades nutritivas y composición química. El tomate tiene minerales como el potasio que ayuda en la regulación de líquidos corporales y en la presión arterial, interviene en el transporte del impulso nervioso a los músculos y el corazón, así mismo contiene calcio y fósforo, que participan en la formación de los huesos y se encuentran relacionados con otras funciones metabólicas de diversos órganos y en una cantidad más pequeña que los otros minerales se encuentra el hierro (Solano, 2009).

El licopeno es un carotenoide que confiere el color rojo a los alimentos como el tomate y la sandía, también es un pigmento fundamental en la sangre y en los tejidos humanos. El contenido de licopeno en el tomate es variable y depende de la variedad, del suelo donde se cultive y de la luz, entre otros factores: al parecer, los tomates de invernadero contienen menos licopeno (Solano, 2009). En términos generales, la composición química del tomate se observa en el Cuadro 1:

Cuadro 1. Composición química del tomate

Composición química por 100 g de tomate		
Componente	Proporción (%)	Contenido (mg)
Valor energético		23 cal
Agua	94	
Proteínas	1	
Lípidos	0,3	
Carbohidratos	3	
Calcio		10
Fósforo		24
Potasio		258
Sodio		3
Hierro		0,6

Fuente. Tomate, tomatara, jitomate, 2010

Cuadro 1. (Continuación)

Vitamina B1		0,06
Riboflavina		0,04
Niacina		0,028
Acido Ascórbico		26
Vitamina A		207

Fuente. Tomate, tomatara, jitomate, 2010

4.1.4 Principales plagas y enfermedades. El tomate puede verse afectado por un buen grupo de plagas, enfermedades (Cuadro 2 y 3) y otras alteraciones que ocasionan la pérdida de calidad, valor nutricional y por tanto pérdidas económicas tanto para el productor como para comercializador.

Cuadro 2. Principales plagas que afectan al tomate

Principales plagas que afectan al tomate			
	Insectos	Acaros	Nemátodos
Chupadores	Afidos/Pulgones Mosca blanca Paratrioza Trips	Acaro blanco Araña roja	Heteroderas Tylenchus Meloïdogynes
Masticadores	Orugas Gusano verde		
Minadores	Minador de la hoja		

Fuente. Plagas y enfermedades, 2006

Cuadro 3. Principales enfermedades que afectan al tomate

Principales enfermedades que afectan al tomate		
Bacterias	Fungosa	Virales
Cáncer bacteriano Mancha bacteriana Mancha negra del tomate Marchitez bacteriana	Antracnosis Cáncer del tallo/ Alternariosis Cenicilla Fusarium Mancha gris de la hoja Moho gris, blanco y azul Tizón temprano Tizón tardío Verticillium	V. del mosaico del tabaco V. del mosaico del tomate V. del bronceado del tomate V. del rizado amarillo del tomate

Fuente. Plagas y enfermedades, 2006

4.1.5 Recolección. Es la primera actividad que se realiza y en la cual se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

Cosechar el producto en las horas más frescas del día y decidir sobre el momento oportuno de recolección.

No recoger frutos del suelo.

No cosechar y frutos verdes-biches ni frutos sobremaduros.

Trasladar los frutos a la sombra lo más pronto posible.

Utilizar el número adecuado de operarios.

Puede cosecharse junto con el cáliz y la base del pedúnculo, pero comúnmente se cosecha el fruto dejando el cáliz en la planta, lo que ocasiona una leve herida que seca rápidamente, con lo que se evita que los pedúnculos dañen a otros frutos en el empaque.

La recolección se puede realizar tanto manual como mecánicamente: la cosecha manual es indispensable para cumplir con las exigencias de calidad para tomate de consumo fresco y la cosecha mecánica se usa en tomates destinados para la industria, la cual cuenta con equipos que clasifican por tamaño y separan los tomates.

4.1.6 Manejo poscosecha. La poscosecha es el período comprendido entre la cosecha y el momento en que es consumida la fruta u hortaliza, y es en esta etapa donde los productos son más propensos a sufrir daños físicos, mecánicos, fisiológicos y biológicos (Pólit, 2010). Para obtener productos de excelente calidad, competitivos y económicamente viables se debe tener un buen manejo poscosecha, sobre todo en las siguientes actividades (Haeff, 2004).

4.1.6.1 Limpieza. Con esta operación se inicia el acondicionamiento de la fruta y su función primordial es la eliminación de todo tipo de material extraño o disímil del producto, que mezclado o adherido desmejora la presentación o altera el peso y volumen real del producto.

4.1.6.2 Selección. Consiste en separar los frutos aptos para el consumo de aquellos que no lo son por presentar magulladuras, heridas, pudriciones, etc.

4.1.6.3 Clasificación. De acuerdo con la norma ICONTEC 1103, la clasificación tiene como finalidad ordenar por categorías establecidas la calidad de un producto de acuerdo con una o varias características, así:

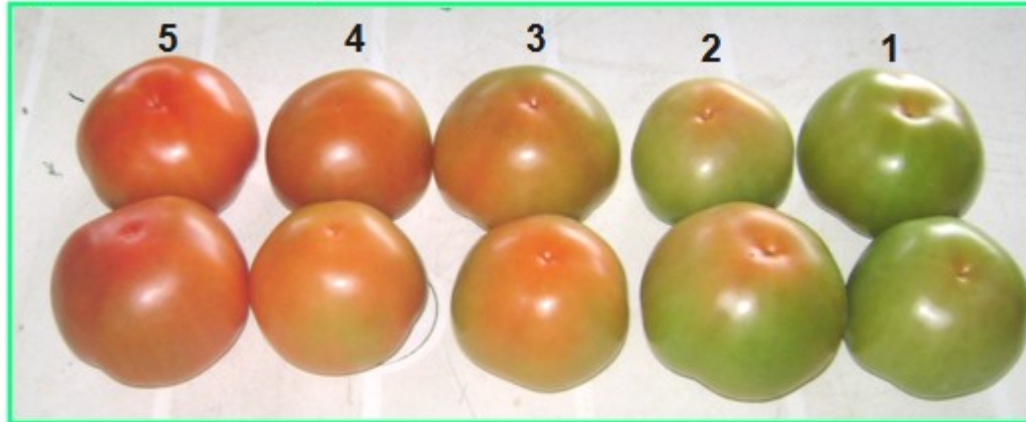
Según el diámetro (mm) máximo del fruto: pequeño hasta 47; mediano 48 a 58; grande 59 a 69 y extra mayor de 69.

Por calidad: para cada variedad y tamaño se establecen las calidades 1ª, 2ª, y 3ª, de acuerdo con los requisitos establecidos.

El tomate también se puede clasificar según su firmeza, como muy firme con 0,5 a 1 mm de compresión, hasta muy suave con más de 3 mm de compresión, por la forma de los tomates.

Según su etapa de maduración, la cual se determina por medio de tablas de color en las cuales se muestra que el grado 5 es el máximo grado de maduración y el 1 es el mínimo. En la Figura 1 se utiliza el color verde para indicar el menor grado de maduración y el rojo homogéneo para el grado máximo.

Figura 1. Tabla de color para el tomate



Fuente. Arboleda, 2010

4.1.6.4 Encerado. Se realiza con el fin de restablecer la cera natural de la corteza que se pierde durante las operaciones de lavado, desinfección y secado, proporcionándole una mayor protección al producto, sellándolo y dándole apariencia brillante y atractiva.

4.1.6.5 Empaque. Puede reducir las pérdidas de humedad y así impedir la deshidratación que afecta el aspecto, la textura y la comercialización; previene el marchitamiento rápido en las hortalizas, minimizando la transpiración y la respiración.

Los tomates que van a ser exportados se empaican en cajas de cartón o cajones livianos y se disponen dentro de estas en forma de hileras separadas por una placa de papel o de cartón preformado. Para el mercado de consumo fresco se emplean empaques de madera como el huacal y las cajas que se pueden utilizar más de una vez (Torres, 1998)

4.1.7 Factores de calidad. Los productos hortofrutícolas como el tomate, aún después de cosechados, siguen vivos y están sujetos a cambios y deterioro. Es importante entender los factores internos y externos que promueven el deterioro y por tanto la pérdida de calidad (Pólit, 2010):

4.1.7.1 Procesos fisiológicos internos. Los productos vivos respiran, es decir que consumen sus reservas de carbohidratos, quemándolas para producir CO₂, agua y la energía necesaria para mantener los procesos vitales. Parte de esta energía se pierde al ambiente y puede producir el calentamiento (calor vital) que conlleva a la pérdida de peso,

cambios de sabor y envejecimiento. Otro importante proceso es la transpiración, es decir, la pérdida de agua por los poros; su velocidad depende del producto, de la temperatura y de la humedad ambiental, este factor causa pérdida de peso, de textura y marchitamiento.

Los productos generan etileno interno y/o externo que puede tener efecto a concentraciones muy bajas (0,1 ppm) y es un factor importante a considerar cuando se efectúan cargas y almacenamiento mixtos porque hay productos que son generadores de etileno y otros que son muy sensibles al mismo.

Los procesos de maduración y envejecimiento causan modificaciones internas y externas en el sabor, cuando los almidones se transforman en azúcares; en el color, por la degradación de la clorofila que hace aparecer colores como el amarillo y el rojo; y en el cambio de la textura y el aroma.

4.1.7.2 Daños fisiológicos causados por agentes externos. La congelación causa el colapso de los tejidos y el deterioro total de los productos frescos. En ciertos casos, sobre todo en frutas tropicales, el frío, aún por encima del punto de congelación, produce alteraciones fisiológicas que disminuyen la calidad como pasa por ejemplo con el banano, la piña y el mango.

4.1.7.3 Daños físicos. Son daños superficiales o profundos causados por impacto, abrasión, corte y vibración; causan deterioro de los tejidos internos produciéndose decoloraciones, pérdida de textura, incremento de la transpiración y de la respiración y, en consecuencia, deterioro general de la calidad y disminución de la vida útil.

4.1.7.4 Daños patológicos. Los patógenos como hongos y bacterias atacan los tejidos afectados por daños mecánicos o fisiológicos. Su ataque es favorecido por altas temperaturas y humedades relativas y su acción destructiva puede ser muy rápida y puede pasar de productos enfermos a productos sanos, por contacto superficial.

4.1.8 Generalidades del cultivo del tomate en Colombia y en el Departamento del Cauca. El cultivo del tomate bajo condiciones protegidas ofrece innumerables ventajas como aumento de la calidad de los frutos, aumento del rendimiento (se consiguen cosechas hasta 5 veces mayores en comparación con los cultivos sin condiciones protegidas), ahorro de agua y fertilizantes y mejora del control de insectos y enfermedades, esto desde el punto de vista del desarrollo agronómico y económico y se ha convertido en una alternativa rentable y sostenible para los pequeños productores (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2010). La producción en Colombia cuenta con 1.255 hectáreas que se distribuyen así: Norte de Santander (22,68%), Cundinamarca (15,20%), Valle del Cauca (9,95%) y Antioquia (9,77%), de las cuales se exportan aproximadamente el 67% a las Antillas Holandesas, Martinica, Panamá, Francia, Guadalupe y Cuba (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2006). En el Departamento del Cauca la producción

registrada para el 2009 fue de 660.000 Tn/año (Muñoz, 2010), lo que permitió obtener más de mil millones de pesos en ventas, beneficiando económicamente cerca de 125 familias caucanas y también al departamento ya que generó aproximadamente 250 empleos directos con 1,5 salarios mínimos y 100 empleos indirectos con 0,75 del salarios mínimos mensuales vigentes (Corporación Colombia Internacional, 2008).

La producción de tomate en Colombia es común en casi todo el territorio, para ello se destinan desde pequeñas huertas hasta grandes cultivos (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2006).

La producción del tomate larga vida bajo cubierta se viene desarrollando bajo un proyecto que cuenta con la asesoría permanente de la Corporación Colombia Internacional (CCI) que es una entidad autónoma de participación mixta, sin ánimo de lucro, con 16 años de experiencia en el campo de los negocios de agro exportación que promueve, incuba y dinamiza el avance del sector agrícola y la industria alimenticia en Colombia, mediante la ejecución de un proyecto que se desarrolla en 12,5 hectáreas (Corporación Colombia Internacional, 2008) en las cuales se obtienen tomates de diversas variedades como las que se observan en el Cuadro 4:

Cuadro 4. Variedades de tomate de mesa en el Cauca

Variedades de tomate de mesa en el Departamento del Cauca	
Superdaniela	Indavia
Miramar	Cazandra
Sofía	Agrale
Victoria	Astona
Campeon	Aurora
Granitio	Indavia

Fuente. Arboleda, 2010.

4.2 RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

Muchos investigadores de países como Brasil, México, EE.UU, entre otros, trabajan en el desarrollo y caracterización de películas y recubrimientos comestibles para prolongar la conservación de alimentos y reducir el impacto en la contaminación ambiental que se ha producido con el incremento de desechos generados por el uso de envases y plásticos de origen sintético no biodegradables para el empaqueo y distribución de alimentos (Bosquez, 2008), sin embargo, en Colombia la tecnología de empaques comestibles es novedosa tanto en los procesos de obtención como en los diferentes tipos de recubrimientos que existen y en sus características (Valencia, 2010).

4.2.1 Definición y propiedades funcionales. Los recubrimientos comestibles son definidos como productos comestibles que envuelven el producto, creando una barrera semipermeable a los gases (O₂ y CO₂) y vapor de agua. Estos mejoran las propiedades mecánicas ayudando a mantener la integridad estructural del producto, a retener

compuestos volátiles, ya que también pueden llevar aditivos alimentarios (agentes antimicrobianos, antioxidantes, etc.). Cuando los frutos son cubiertos con películas comestibles, se crea una atmósfera modificada en el interior del fruto que reduce la velocidad de respiración y retrasa la senescencia del producto, además, se forma una barrera contra la transferencia al vapor de agua retrasando el deterioro del producto hortofrutícola por deshidratación. Los recubrimientos comestibles pueden aplicarse en forma de finas capas de material alrededor (y en algunos casos “dentro”) de los alimentos mediante inmersión, pulverización o envolturas (Pérez, 2003).

Osés (2010), afirmó que las películas comestibles serán los envases del futuro: "*Aunque la explotación comercial de este método está todavía por llegar, se trata de un campo con grandes posibilidades, por un lado, van a prolongar la vida útil de los alimentos de forma saludable y, por otro, serán muy beneficiosos para el medio ambiente, ya que reducirán el uso de plásticos*".

4.2.2 Clasificación de los recubrimientos. Comercialmente o a nivel experimental, los recubrimientos comestibles pueden agruparse en tres categorías: hidrocoloides, lípidos y mezcla multicomponentes:

4.2.2.1 Hidrocoloides. Los biopolímeros de alto peso molecular y solubles en agua son denominados comúnmente hidrocoloides. Las películas o recubrimientos formulados con hidrocoloides son excelentes como barrera ante los gases (O₂, CO₂, etileno). La mayoría de estas películas también tienen propiedades mecánicas y estructurales deseables que las hacen útiles para mejorar la integridad estructural de productos frágiles (Bosquez, 2008).

Dentro de los hidrocoloides se encuentran: los polisacáridos como la celulosa, pectinas, almidón, almidones químicamente modificados, alginatos, quitosano, carragenina y gomas vegetales, que ofrecen buena barrera a los gases y se adhieren bien a las superficies cortadas de frutas y hortalizas, sin embargo, su funcionalidad como barrera contra la pérdida de humedad es pobre debido a su naturaleza hidrofílica (Bosquez, 2008).

A si mismo las proteínas como la caseína, gelatina, proteína de soya, zeína, albúmina de huevo, colágenos, entre otras, son buenas formadoras de películas y se adhieren a las superficies hidrofílicas pero en la mayoría de los casos no resisten la difusión al vapor de agua. Los recubrimientos a base de proteínas para productos vegetales no han tenido mucho éxito, por esta razón se desarrollan cubiertas compuestas en las que se combinan proteínas con materiales hidrofóbicos (Bosquez, 2008).

4.2.2.2 Lípidos. Son los recubrimientos que mejores resultados han dado en poscosecha. Mediante su utilización se reducen la respiración y la deshidratación por su barrera contra el paso de la humedad, además mejoran el brillo de los frutos. Los recubrimientos formados por solo lípidos son muy frágiles, por lo que se han de aplicar en combinación

con una matriz de soporte no lipídica como la cera de carnauba, candelilla y de abeja, parafina o salvado de arroz (Pérez, 2003).

3.2.2.3. Mezclas multicomponentes. Con la intención de aprovechar las ventajas de los diferentes componentes, las formulaciones se elaboran combinando los materiales ya mencionados en diferentes proporciones. En estas cubiertas compuestas, el uso de 2 ó más materiales simplemente combinados o laminados permiten mejorar las propiedades de intercambio gaseoso, adherencia y permeabilidad al vapor de agua (Bosquez, 2008).

4.2.3 Aplicaciones. Actualmente, las películas comestibles se elaboran a partir de la gran variedad de polisacáridos, nombrados anteriormente, estos se utilizan únicos o combinados y han sido objeto de estudio en cuanto al efecto sobre la maduración y demás factores que influyen en la vida útil de los diferentes productos a los cuales se les han aplicado (Bosquez, 2008).

Canto, *et al.*, (2006), Reis, *et al.*, (2006), Scanavaca, *et al.*, (2007) y Ojeda, *et al.*, (2009), evaluaron el efecto de recubrimientos a base de almidón de yuca sobre la maduración de los frutos de papaya Formosa "Tainung 1" a temperatura ambiente, en la calidad y la vida útil del pepino (*Cucumis sativus L.*), la vida poscosecha de mango 'Sorpresa' y sobre el color superficial y la actividad de las enzimas PPO y POD en batatas mínimamente procesadas, respectivamente. Se analizó la pérdida de peso, color, firmeza, sólidos solubles (SS), acidez titulable (AT), la relación SS/AT y pH, encontrando un retraso significativo en la maduración, en la pérdida de peso, los cambios de color de la piel, la firmeza, los sólidos solubles y acidez titulable.

Al ser el almidón de yuca un componente que presenta buenos resultados, ha sido empleado en combinación con otras sustancias como por ejemplo con glicerol para evaluar el efecto sobre la vida útil de los aguacates (*Persea americana* Mill c.v. Hass), donde se obtuvo el retraso del proceso de maduración por una mejor firmeza de la pulpa, retención del color de la piel y menor pérdida de peso (Aguilar, *et al.*, 2008).

Por su parte, el quitosano se ha evaluado como agente antimicrobiano en películas en dulce de piña y melón cortado para observar sus efectos sobre el control microbiano encontrándose que la calidad de la fruta durante el almacenamiento a 10 °C (Sangsuwan, *et al.*, 2008), presentó efecto inhibitorio sobre *Escherichia coli*, redujo el número de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, aumentó la intensidad del color amarillo de la piña y mantuvo la humedad de las frutas mejor que otros tratamientos. Otro estudio sobre la mezcla de quitosano y sucroéster de ácidos grasos arrojó como resultados la reducción en la pérdida fisiológica de peso, la tasa de respiración y la producción de etileno, además de contribuir a mantener la firmeza de la pulpa, las características organolépticas y la presentación de los frutos (Márquez, 2009).

La combinación de calcio con cera comestible realizada por Jiménez, *et al.*, (2004), en mangos “Kent”, demostró que reduce la tasa respiratoria, la pérdida de peso y mejora la apariencia externa sin afectar los parámetros de calidad de los frutos durante el almacenamiento.

Olivas, *et al.*, (2006), observaron que la aplicación de alginato en manzanas mínimamente procesadas que retrasaba la pérdida de peso, la pérdida de firmeza y el inicio del pardeamiento, prolongando la vida útil sin causar respiración anaeróbica, además permitiendo que el sabor característico se concentrara, lo cual se tradujo en el retraso de la pérdida de la calidad.

En cuanto al empleo de recubrimientos en tomate se han empleado diversas sustancias y componentes como lo son la zeína, la cual disminuyó significativamente la tasa de respiración y etileno al igual que la firmeza, color y peso de los mismos (Zapata, 2007); el almidón nativo de yuca y cera comercial (Amaya, *et al.*, 2006), registraron mayor firmeza y menor índice de respiración mientras que los frutos cubiertos con solución de almidón presentaron pérdida de la firmeza e índice de respiración menor debido a la sensibilidad del recubrimiento como barrera protectora; por otra parte, la aplicación de *quitosan* se hizo para retrasar el desarrollo de *R. stolonifer*; controlar el moho gris y moho azul, inhibir la germinación de esporas, el alargamiento del tubo germinal y el crecimiento del micelio de *B. cinerea* y *P. expansum* in vitro, (Liu, 2007); el quitosano con tween y zeolita se empleó para menguar la pérdida de peso, la evolución de los sólidos solubles, la acidez titulable, el pH y la firmeza (Roblejo, 2009); *el suero de leche y el monoestereato de glicerol acetilado*, usados por Galietta, *et al.*, (2004), durante 4 semanas de almacenamiento buscaron reducir la pérdida de peso, controlar el menor desarrollo de color rojo y el contenido de licopeno, lograr menor pérdida de firmeza y un cambio en la evolución de los ácidos málico y succínico, aunque no hubo diferencias en la evolución de los sólidos solubles, pH y acidez titulable; Carballo, *et al.*, (2004), evaluaron la acción del 1- metilciclopropeno (1-MCP) sobre la de maduración del tomate, midiendo también la firmeza de la pulpa, sólidos solubles totales (SST) y color de piel; el tratamiento fue efectivo tanto en la aplicación a los pintones como a los rosados dando como resultado mejor firmeza y mantenimiento del color verde por más tiempo. En el Centro de Investigaciones del Estado para la Producción Experimental Agroindustrial de Venezuela, (CIEPE, 2010), concluyeron que el empleo de proteínas de lactosuero retienen la pérdida de peso, el desarrollo de color, los grados brix, el pH y la acidez titulable.

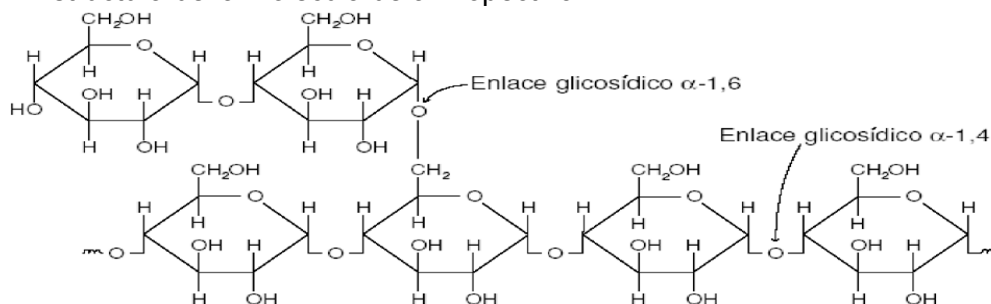
De otra parte, el uso de la cera de carnauba en guayabas (Gonçalves, *et al.*, 2004) ha reducido la pérdida de peso y la degradación de la clorofila y ha impedido la aparición de enfermedades ocasionadas por patógenos y el aumento de los azúcares.

Sothornvit, *et al.*, (2007), investigaron el comportamiento de una película a base de mango sobre mangos mínimamente procesados, la cual proporcionó una buena barrera contra el oxígeno, redujo la pérdida de peso y amplió el período de maduración extendiendo la vida útil en 5 y 6 días más de lo normal.

4.3 ALMIDÓN DE YUCA

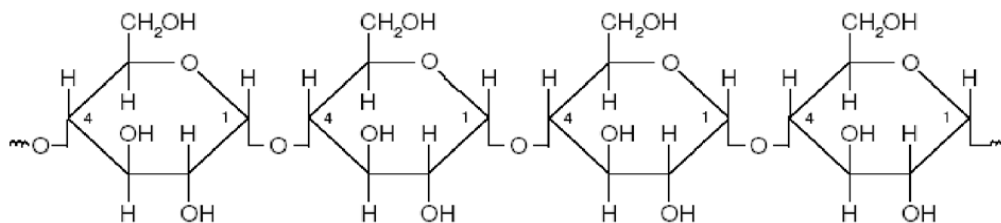
La yuca (*Manihot esculenta* crantz) es una planta originaria de América del Sur, usada principalmente para el consumo tanto humano como animal, y en un pequeño porcentaje para la obtención de almidón y otros usos industriales. El uso de esta planta se caracteriza por el consumo de su raíz, en la que se acumulan gran cantidad de componentes como el almidón cuya estructura química formada por gran cantidad de moléculas de glucosa que se repiten, organizadas en capas externas de amilopectina (Figura 2) que es un polisacárido ramificado y presenta enlaces alfa D-1,4 y alfa D-1,6 y capas internas de amilosa (Figura 3) el cual un polisacárido lineal con enlaces alfa-D-1,4, cuya proporción es variable dependiendo de la fuente del almidón. En el caso del almidón de yuca el contenido de amilosa es del 17% (Meneses, 2007).

Figura 2. Estructura de la molécula de amilopectina



Fuente. Meneses, 2007

Figura 3. Estructura de la molécula de amilosa



Fuente. Meneses, 2007

El almidón de yuca puede clasificarse como agrio y nativo (dulce): el almidón nativo que es sometido a un proceso de fermentación se le conoce como almidón agrio, mientras que el almidón nativo o dulce no sufre ningún proceso de fermentación y es el que se usa generalmente en la industria ya que regula y estabiliza la textura por sus propiedades espesantes y gelificantes (Montes, 2008).

Modificación del almidón. El almidón constituye una excelente materia prima para modificar la textura y consistencia de los alimentos y su funcionalidad depende del peso molecular promedio de la amilosa y la amilopectina, así como de la organización molecular de estos glucanos dentro del gránulo (Montes, 2008).

Los métodos más usados para la modificación del almidón son químicos, físicos y/o enzimáticos los cuales le confieren propiedades deseables para el uso industrial como la optimización en la retención de agua, aumentar la estabilidad, mejorar el brillo, gelificación y para dispersar o conferir opacidad, entre otros (Montes, 2008).

La modificación química del almidón está directamente relacionada con las reacciones de los grupos hidroxilo del polímero de almidón, reacciones vía éter, formación de ésteres, oxidación e hidrólisis (Cala, 2008).

Santayanon (2003) realizó una modificación por medio de la acilación, en donde el anhídrido propiónico se empleó como agente de esterificación en presencia de piridina como catalizador y concluyó que el contenido propionílico en el éster no es linealmente dependiente con las variables de reacción. Kapusniak (2004) y Fang, *et al.*, (2004) sintetizaron ésteres de gran peso molecular (C8-C18) de almidón de papa sin utilizar solventes orgánicos, lo que consiste en la gelatinización del almidón por ácido fórmico, seguido por tratamiento con grupos de acilo clorados.

El almidón modificado fue caracterizado por Henrique, *et al.*, (2007), en películas de almidón modificado de yuca, en relación con el color, transparencia y espectro infra-rojo, con la expectativa de permitir la evaluación de su utilización en el sector hortofrutícola, para elaborar películas con suspensiones de almidón gelatinosas naturales modificadas. Estas películas obtenidas fueron comparadas por los métodos de espectrofotometría de color, transparencia e infrarrojo con las películas de cloruro de polivinilo (PVC) de baja densidad. Todas las películas mostraron luminosidad y transparencia semejante a la película de PVC.

Una de las técnicas usadas en la modificación química del almidón es el entrecruzamiento, en el cual se usan como materias primas reactivos bi o polifuncionales que pueden reaccionar con uno o más grupos hidroxilos. Entre los productos químicos aprobados y usados para el entrecruzamiento del almidón se encuentran: el oxiclورو de fósforo, el trimetafosfato de sodio y las mezclas de anhídrido adípico y anhídrido acético (Thomas, 2008). Cabe resaltar por otra parte que la obtención del almidón a partir de ácidos orgánicos como material biodegradable tiene gran interés debido a que conlleva a la generación de nuevos materiales con propiedades físicas y químicas que podrán utilizarse ampliamente en las industrias de la química fina, cosmética y alimentos, debido a su biodegradabilidad, así mismo, el almidón modificado, al poseer carácter biodegradable ayudaría a la disminución de contaminantes de residuos sólidos.

Peñaranda, *et al.*, (2008), presentaron aplicaciones en los sectores de la industria química:

Cuando se tienen bajos grados de sustitución, los almidones modificados se utilizan como espesantes para mejorar la estabilidad y claridad de las pastas a bajas temperaturas para proteger las fibras con respecto a la abrasión y el desgaste del hilado y así mejorar la

impresión, porosidad y resistencia a la abrasión en la industria del papel, mientras que altos grados de sustitución los almidones modificados se pueden emplear en recubrimientos, producción de películas y adhesivos.

Los almidones modificados con ácidos dicarboxílicos originan la reacción anhídrido maleico, la cual actúa como adhesivo hermético en la formulación de papeles adhesivos y es aplicado como agente suavizante del pan e inhibidor de la gelatinización del almidón.

Cuando la modificación del almidón es realizada con donadores de acilo de mayor cadena como el ácido succínico, el polímero ofrece numerosas propiedades, como la formación de películas, agentes de espesamiento en la industria de sopas, conservantes, pasabocas, y en productos de alimentos congelados, como desintegrantes de las tabletas.

Con formulaciones apropiadas entre ésteres de almidón con plastificantes y otros aditivos se llega a formar composiciones de resinas que pueden ser utilizadas en el moldeo por inyección de productos y para laminación en papel Kraft.

Por otra parte los almidones modificados han sido usados por años para impartir propiedades funcionales a los alimentos, ya que ellos ayudan a mejorar la textura, impartir viscosidad, ligar agua, proveer cohesión, y mantener la tolerancia al proceso necesaria y requerida para la manufactura.

Además, los almidones alimenticios modificados son usados para proveer la calidad que el consumidor demanda con la vida útil necesaria para llevar el alimento al mercado. Quiroga, et al., 2009, aplicaron almidón modificado en jamón, carnes de aves y productos cárnicos bajos en grasa, con el fin de retener el agua y reducir la purga que ocurre durante el almacenamiento obteniendo resultados positivos.

5. METODOLOGÍA

5.1 MATERIALES

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron los siguientes materiales:

5.1.1 Almidón de yuca modificado. Se empleó almidón de yuca variedad *SM 1495-5* modificado enzimáticamente con una alfa amilasa de *Bacillus amyloiquefaciens* de marca Ban 240 L (Sigma Aldrich), con un grado de modificación de 10% D.E (Dextrosa Equivalente).

5.1.2 Fruto. Se utilizaron tomates larga vida YOLA de la cosecha del mes de junio, producidos en el Municipio de El Tambo (Cauca), y distribuidos en la Galería del Barrio Bolívar de la ciudad de Popayán.

Los tomates se cosecharon de forma manual en grado 1 de madurez (verde) (Figura 1), sanos y sin daños superficiales o patológicos.

5.1.3 Insumos. Para la elaboración del recubrimiento se emplearon los siguientes insumos:

Acido Cítrico: en estado sólido granular de marca *FRUTAROMA*®, que actuó como regulador de la acidez, incrementando la capacidad gelificante y disminuyendo el pardeamiento enzimático en los frutos (Food-Info, 2010).

Glicerina: sustancia aceitosa y líquida de marca *DISAN*®, con una pureza del 99,9%, usada como agente plastificante (Amaya, 2006).

Extracto acuoso de ajo: sustancia líquida, obtenida directamente del ajo por medio de un baño maría, que actuó como agente antifúngico.

Esencia de canela: componente líquido que proporcionó un aroma agradable y propiedades antimicrobianas.

Sal: marca *REFISAL*®, en estado sólido granular, usada como sustancia conservadora.

5.2 MÉTODOS

Para llevar a cabo la parte experimental del proyecto, se siguieron los siguientes procedimientos:

5.2.1 Fruto. Para la aplicación exitosa del recubrimiento los frutos se sometieron a las siguientes operaciones:

5.2.1.1 Selección y clasificación. Se acudió a un proveedor de tomate larga vida ubicado en la plaza de mercado del “Barrio Bolívar” de la ciudad de Popayán. Se seleccionaron y clasificaron manualmente 80 tomates por replica de acuerdo con el grado de madurez (1), tamaño, forma y condiciones físicas óptimas para el desarrollo de la investigación (sin lesiones, golpes, magulladuras, ni enfermedades) (Figura 4).

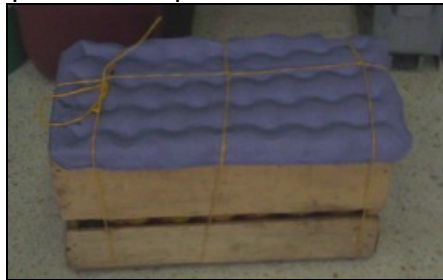
Figura 4. Tomate seleccionado



Fuente. Autor

5.2.1.2 Transporte. Los tomates se empacaron en cajas de madera (Figura 5) y se trasladaron desde el lugar de origen (Barrio Bolívar) hasta las Plantas Piloto de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca ubicada en la Vereda de Las Guacas, Municipio de Popayán, con una altura de 1.737 metros sobre el nivel del mar, 19°C y HR del 77,75%. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2010).

Figura 5. Empaque del fruto para el transporte



Fuente. Autor

5.2.1.3 Limpieza y desinfección. Los tomates se lavaron con agua potable (Figura 6) para eliminar todo tipo de impurezas; posteriormente se sumergieron en una solución de Hipoclorito de Sodio a una concentración de 5 ppm durante 15 min para su desinfección (Amaya, 2006), por último se secaron con toallas absorbentes.

Figura 6. Limpieza de los tomates



Fuente. Autor

Una vez secos, se eligió un tomate al azar y se le tomó el peso, la tasa de respiración, la firmeza, los grados Brix y el color; los tomates restante se dividieron en cuatro grupos para cada una de las tres réplicas cada una con 80 unidades y se dispusieron en bandejas de mallas de acero inoxidable para su posterior recubrimiento.

5.2.2 Obtención del extracto de ajo. Se pelaron y maceraron 10 gr de diente de ajo, los cuales se mezclaron con 40 ml de agua destilada en un beaker de 50 ml; la mezcla se sometió a un tratamiento térmico (baño maría) durante 10 min a 60 °C con agitación constante (Figura 7) (Gil, 2004).

Figura 7. Obtención del extracto de ajo



Fuente. Autor

5.2.3 Preparación del recubrimiento. Se mezclaron uno a uno los componentes iniciando con el almidón, cuya concentración varió en cada tratamiento evaluado así: tratamiento 1 = 0%, tratamiento 2 = 2%, tratamiento 3 = 3% y tratamiento 4 = 4%; luego se adicionó el 5% (p/v) de ácido Cítrico, el 2% (v/v) de glicerina, el 2% (v/v) de extracto de ajo, el 2% (v/v) de esencia de canela y por ultimo 1% (v/v) de sal. La mezcla se aforó hasta 500 ml. con agua destilada y se llevó a baño María a $67.5 \pm 2.5^{\circ}\text{C}$, temperatura que se mantuvo durante 15 minutos con agitación constante y se dejó enfriar hasta temperatura ambiente (Figura 8).

Figura 8. Preparación del recubrimiento



Fuente. Autor

5.2.4 Aplicación de recubrimiento. Cada tomate fue sumergido en la suspensión durante 10 seg con intervalos de tiempo de 1 min con el fin de lograr total homogenización; esta operación se repitió 3 veces para cada tomate. Una vez recubiertos, los tomates se dejaron secar al ambiente sobre las bandejas de mallas de acero inoxidable del secador durante 1 h; seguidamente, se ubicaron sobre bandejas de acero inoxidable previamente lavadas y desinfectadas con una solución de Tego al 1%, aplicada directamente sobre ellas (Figura 9).

Figura 9. Aplicación del recubrimiento



Fuente. Autor

5.2.5 Evaluación de variables. Durante 22 días, cada 2 días a las 7:00 am; se tomó un tomate de cada tratamiento para la medición de las variables:

5.2.5.1 Pérdida de precisión de peso. Se registró el peso en una balanza analítica RADWAG®, (serie XA 110/X), con $\pm 0,05$ mg que permitió determinar las variaciones de peso con el transcurrir el tiempo (Figura 10).

Figura 10. Balanza Analítica



Fuente. Autor

La pérdida de peso se determinó mediante la Ecuación 1:

$$Pp = \frac{Pi - Pf}{Pi} * 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

Pp = Peso promedio

Pi = Peso inicial

Pf = Peso final

5.2.5.2 Tasa de respiración. Se empleó el equipo Petenkoffer (Figura 11), ubicado en el laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca, el cual captura el CO_2 liberado por el fruto y expresa la intensidad de respiración en $\text{mg CO}_2/\text{kg h}$, aplicando la siguiente Ecuación 2:

$$I. R = \frac{(Vb - Vm) * N * 22 * 60}{W * t} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

Vm = Volumen de ácido oxálico para titular la muestra (ml)

Vb = Volumen de ácido oxálico para titular el blanco (ml)

N = Normalidad del ácido oxálico (meq/l)

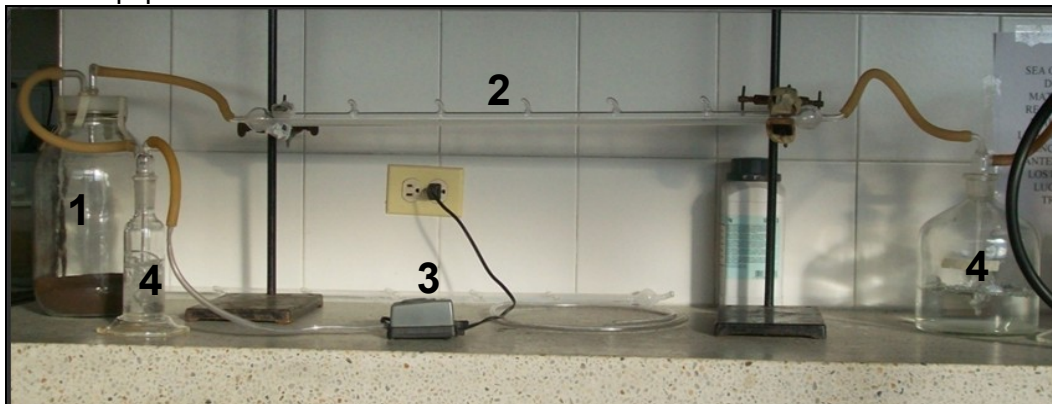
22 = Peso miliequivalente del CO_2 (g/meq)

60 = Factor de conversión para el tiempo (min/h)

t = Tiempo de barrido (min)

W = Peso de la muestra (Kg)

Figura 11. Equipo Petenkoffer



Fuente. Laboratorio de Biotecnología - Universidad del Cauca, 2009

El equipo consta de las siguientes unidades:

1. Erlenmeyer o frasco para almacenamiento del fruto
2. Tubo de petenkoffer
3. Bomba tipo acuario de inyección de aire
4. Trampas de Hidróxido de Potasio (KOH)

Además el montaje requiere las siguientes soluciones:

Solución de hidróxido de potasio: se preparó pesando 9 g de hidróxido de potasio y disolviéndolos en 100ml de agua destilada con agitación constante hasta su total disolución.

Solución hidróxido de bario: se preparó pesando 0,32 g de hidróxido de bario en 20 ml de agua destilada con leve agitación constante hasta su total disolución.

Solución ácido oxálico: se preparó pesando 0,63 g de ácido oxálico en 100 ml de agua destilada con agitación constante hasta su total disolución.

La solución de hidróxido de potasio se vertió en cantidades iguales en cada trampa, luego se reguló el flujo de aire de la bomba y durante 10 min se efectuó un barrido en las cámaras; posteriormente, se introdujo cada tomate en el frasco de almacenamiento (Figura 12-a) y se adicionó la solución de hidróxido de bario en el tubo de petenkoffer, luego se encendió la bomba de O_2 , seguida de la bomba de vacío durante 15 minutos para cada toma; transcurrido este tiempo se detuvo el funcionamiento del equipo y la solución de hidróxido de bario contenido en el tubo se depositó en un beaker, al que se adicionaron 3 gotas de fenolftaleína para realizar una titulación con la solución de ácido oxálico, hasta obtener un cambio de color de rosado a blanco (Figura 12-b).

Figura 12. Medición de la tasa de respiración



a) Medición de la tasa de respiración

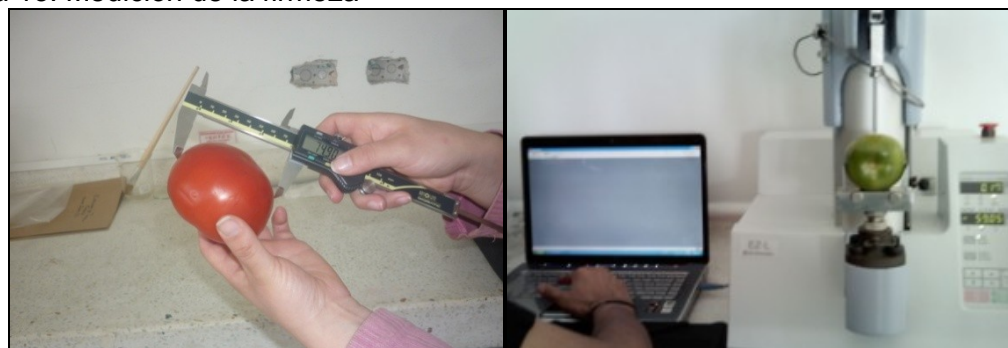
b) Titulación

Fuente. Autor

Después de cada una de las tomas se lavó el tubo con una solución de ácido clorhídrico para eliminar residuos de las tomas anteriores y así garantizar la obtención de datos confiables.

5.2.5.3 Fuerza ante la compresión. Se determinó con el equipo universal de ensayos *SHIMADZU*®, (EZ-L), usando la celda de 500 N de carga y una vez calibrado el equipo se midió el diámetro del fruto con un pie de rey digital sobre la zona ecuatorial (Figura 13-a). Posteriormente el fruto se ubicó en la base del equipo y se realizó la compresión a una velocidad de 20 mm/min, usando un penetrómetro hasta perforar 12 mm el fruto (Figura 13-b). Es procedimiento se repitió en tres zonas distintas por cada tomate.

Figura 13. Medición de la firmeza



a) Medición del diámetro del tomate

b) Medición de la firmeza del tomate

Fuente. Autor

5.2.5.4 Grados Brix. Para la determinación de los grados Brix, los tomates se pelaron y maceraron en un mortero para obtener jugo. La medición se realizó con un refractómetro *Atago* con escala 0-32 grados previamente calibrado con agua destilada, el cual mide la concentración de los sólidos solubles presente en los frutos por refracción y la incidencia de luz al líquido, midiendo el cambio de dirección de la luz, conocido como el ángulo de

refracción (Material para laboratorios químicos y clínicos en México, 2010). Se depositó una gota de jugo en el refractómetro y se procedió a hacer la lectura en la escala (Figura 14).

Figura 14. Medición de Grados Brix



Fuente. Autor

5.2.5.5. Color de la cáscara. Para la determinación del color de los tomates, se tomaron 2 fotografías con una cámara digital Olympus por cada tomate de cada tratamiento, utilizando un fondo negro, con el fin de contrastar el color el fruto (Figura 15). Las fotos de cada tratamiento se muestran en la figura 24.

Figura 15. Tomate con el tratamiento 1 (T1)



Fuente. Autor

Se procedió a utilizar el programa de MATLAB®, que es un software matemático que ofrece un Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio (lenguaje M), provisto de una herramienta denominada procesamiento digital de imágenes, de la siguiente manera:

Las imágenes obtenidas por la cámara se encuentran en un espacio de color RGB (Red, Green, Blue) pero para determinar los valores de color de la cascara de los tomates de cada tratamiento debe cambiar el plano de color a un HSV (Hue Saturation Value) y así

obtener los valores de color del plano (H) que son los que el programa arroja después de seleccionar una porción de la imagen cambiada al plano HSV, estos datos se deben normalizar dividiéndolos por un valor de 360 que son los que se encuentran en el cuadro 10.

Para encontrar a que valor corresponde cada dato arrojado por el programa se debe usar Microsoft Paint ®, así:

Se abre Paint ® y se busca la paleta de colores.

Aparece una ventana que contiene modificar colores y en ella se definen colores personalizados.

En el cuadro de texto se digita el valor a buscar y aparece el color que tiene esa referencia.

5.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental que se llevó a cabo fue completamente al azar, asignando los tratamientos en forma completamente aleatoria a las unidades experimentales (SAS, 2007); se utilizaron 4 tratamientos, en donde la variación se estableció en la concentración del almidón hidrolizado adicionado, así:

Cuadro 5. Diseño experimental y variables de respuesta

Factor	Niveles	Variables de respuesta
Concentración de almidón en el recubrimiento.	0% (T1)	Pérdida de peso Tasa de respiración Fuerza ante la compresión Grados brix Cambio de color de la cáscara.
	2% (T2)	
	3% (T3)	
	4% (T4)	

Fuente. Autor

Los tratamientos T2, T3 y T4 contenían 5% (p/v) de ácido Cítrico, 2% (v/v) de glicerina, 2% (v/v) de extracto de ajo, 2% (v/v) de esencia de canela y 1% (v/v) de sal. La evaluación de los frutos se realizó por triplicado y con tres repeticiones para su posterior análisis estadístico.

Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza usando el software de Excel ® para determinar si hay diferencias significativas entre los tratamientos. Para el caso de existir dichas diferencias se realizó una prueba de promedios por el método de DUNCAN, considerando como causas influyentes en la maduración natural del tomate y el tratamiento aplicado para cada una de las variables, con una probabilidad del 95%.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 ENSAYOS PRELIMINARES

Para establecer la formulación y el procedimiento para la de elaboración del recubrimiento se realizaron los siguientes ensayos preliminares:

6.1.1 Formulación, elaboración y aplicación. Se elaboró el recubrimiento con la formulación, almidón de yuca, ácido cítrico, glicerina, ácido acético glacial, sal e incluyendo además aceite de girasol como agente bactericida. En el momento de mezclar los componentes, el aceite impidió una mezcla homogénea debido a que este compuesto no es soluble en agua. Por esta razón, se tomaron correctivos y se realizó un segundo ensayo con la con la misma formulación, cambiando el aceite de girasol por esencia de canela y se obtuvo un recubrimiento con buenas características físicas, sin embargo al aplicarlo, no se adhirió a los frutos debido a que el ácido acético se encontraba en una proporción alta que ocasionó la precipitación del almidón, por lo cual se disminuyó su proporción de 3% a 2%, pero el problema persistió.

Debido a la dificultad del recubrimiento para adherirse, se decidió realizar un tercer ensayo usando aire caliente con un secador manual, combinándolo con inmersión, pero la piel del producto se maltrató. Después de cuatro días de seguimiento, los tomates mostraron un alto grado de deshidratación que se manifestó físicamente por arrugamiento a pesar de que se mantuvo su color en comparación a los tomates no recubiertos.

Debido al daño que ocasionó el aire caliente se decidió hacer un cuarto ensayo con aire frío manteniendo las características del recubrimiento anterior. Después de aplicar el recubrimiento, los tomates se secaron con aire frío (Figura 16-a) pero se formaron grietas en la piel y la película no se secó totalmente. El producto ya recubierto se almacenó en condiciones ambientales, en la Cámara *Biotronete Mark*®, ubicada en el Laboratorio de Biotecnología (Figura 16-b) y luego de 3 días de seguimiento, presentó una elevada contaminación por hongos, debido a la humedad, las aberturas de la piel, la gran cantidad de ácido, el lugar de almacenamiento y la concurrencia de personas. A pesar de estas circunstancias, el color y los grados Brix se mantuvieron en los tratamientos 3 y 4.

El empleo de las 2 fuentes de aire (frío y caliente) no tuvo efectos favorables, ya que ambos ocasionaron daños en la calidad del producto, por esta razón se decidió realizar el proceso de secado al ambiente en un lugar limpio y desinfectado.

Tomando como base los anteriores ensayos y sus respectivas dificultades, se realizó un quinto ensayo que se concentró en buscar una alternativa anti fúngica natural con el ajo y la canela cuyos componentes les otorgan esta propiedad. Con esta información y los resultados anteriormente expuestos, se desarrolló una formulación, en la que se sustituyó el ácido acético por extracto de ajo: (T1=0%, T2=2%, T3=3% y T4=4% de almidón, 5%)

(p/v) de ácido Cítrico, 2% (v/v) de glicerina y 2% (v/v) de extracto de ajo, 2% (v/v) de esencia de canela y 1% (v/v) de Sal; el recubrimiento presento buenas características y un buen comportamiento, ya que se adhirió fácilmente a los tomates y se secó al ambiente.

Figura 16. Equipos usados para el cuarto ensayo



a) Secador de aire frio

b) Cámara Biotronete Mark

Fuente. Autor

6.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para analizar el efecto y los beneficios del recubrimiento sobre la retención del proceso natural de maduración en los tomates, se realizó un seguimiento durante 22 días, sin embargo, para el día 16 el tratamiento 2 (T2) se tuvo que eliminar debido a una masiva contaminación ocasionada posiblemente por la pudrición blanda del tomate causada por *Rhizopus stolonifer* (Figura 17), los cuales se pueden desarrollar en diferentes alimentos con diferentes características, como temperaturas altas o bajas, actividad acuosa alta o baja, pH alto o bajo, medios dulces o salados y en ambientes o superficies sin desinfectar (Elergromista, 2010).

Figura 17. Contaminación con hongos tratamiento 2 (T2)



Fuente. Autor

Debido a que todos los tratamientos y sus replicas se mantuvieron bajo las mismas condiciones ambientales, la contaminación se dio muy probablemente a que al tener este recubrimiento (T2) una contextura mas acuosa, por su poco contenido de almidón (2%) el extracto de ajo se disolvió más que en los otros, inhibiendo así el poder antifúngico.

6.2.1 Pérdida de peso. La pérdida de peso de los tomates aumentó con el tiempo de almacenamiento en todos los tratamientos (Cuadro 6) como consecuencia principal de la transpiración; no obstante, otros factores que incidieron fueron la temperatura del ambiente y los cambios en la atmósfera, factores que varían por si solos impidiendo una evolución cinética en la pérdida de peso del producto. Los tomates con el almidón modificado (T2, T3 y T4) presentaron menor pérdida de peso que la muestra testigo (T1) (Cuadro 6); siendo el tratamiento 4 el más efectivo, en razón a que perdió 3,51% de peso hasta el día 16 y 4,64 % hasta el día 22. En el tratamiento 3 el promedio de pérdida de peso fue 4,87% hasta el día 16 y 6,13% hasta el día 22; por su parte el tratamiento 2 mostró una pérdida de 5,69% hasta el día 16 y finalmente la muestra testigo (T1) presentó una pérdida de 6,88 % hasta el día 16 y de 8,44% hasta el día 22.

Cuadro 6. Pérdida de peso (%) de los tratamientos

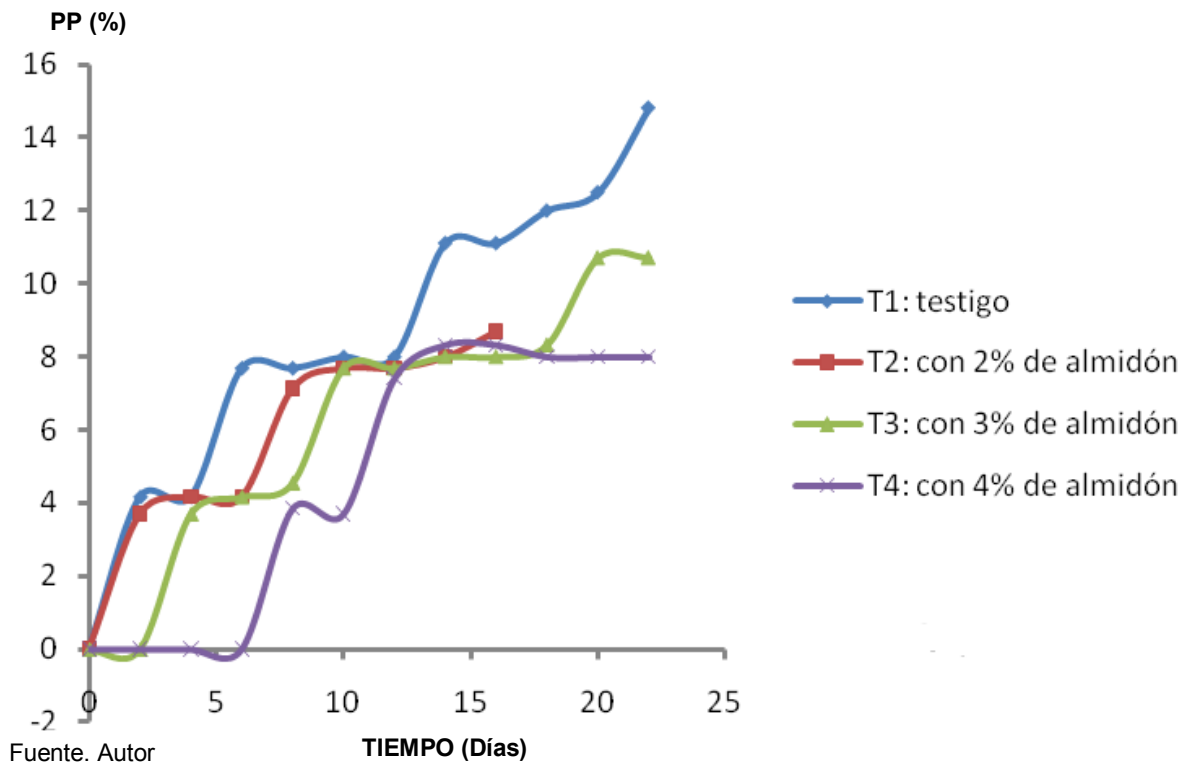
Día de seguimiento	T1 Testigo	T2 2% almidón	T3 3% almidón	T4 4% almidón
0	0,00	0,00	0,00	0,00
2	4,17	3,70	0,00	0,00
4	4,17	4,17	3,70	0,00
6	7,69	4,17	4,17	0,00
8	7,69	7,14	4,55	3,85
10	8,00	7,69	7,69	3,70
12	8,00	7,69	7,69	7,41
14	11,11	8,00	8,00	8,33
16	11,11	8,70	8,00	8,33
18	12,00	-	8,33	8,00
20	12,50	-	10,71	8,00
22	14,81	-	10,71	8,00
Total	101,25	51,26	74,21	54,96
Promedio	8,44	5,69	6,13	4,64

Fuente. Autor

Investigaciones han arrojado resultados similares en cuanto a la medición de esta variable, por ejemplo, Canto, *et al.*, (2006), encontraron una menor pérdida de peso a una mayor concentración de la suspensión de almidón; 4,4% para 0% de almidón; 4,26%, para 1% de almidón; 3,93% para 2% de almidón y 3,88% para 3% de almidón; Scanavaca, *et al.*, (2007), concluyeron que la pérdida de peso de los frutos es inversamente proporcional a la concentración del almidón, ya que la muestra testigo (0%) presentó una pérdida de peso de 16%, los frutos con el 1% almidón perdieron 15% en su peso, con el 2% 13,5% y con el 3% 9,5 %. Aguilar, *et al.*, (2008), encontraron que la pérdida de peso aumentó en función del tiempo de almacenamiento, sin embargo, fue siempre superior en las muestras control mostrando un porcentaje de 10%, mientras que

en las frutas recubiertas fue de 6,9%; Sothornvit, *et al.*, (2007), encontraron una reducción significativa de la pérdida de peso en los tomates recubiertos (5%) en comparación con la muestra testigo (10%); Zapata, *et al.*, (2007), encontraron aumento en la vida útil durante el almacenamiento para todos los frutos, aunque se obtuvieron diferencias significativas entre los frutos control con una pérdida de peso de 6,54% y de 4,3% para los tratados; y Márquez, *et al.*, (2009) hallaron que la pérdida de peso de los frutos aumentó en todos los tratamientos, siendo menor en los frutos recubiertos que en el control, y siendo el recubrimiento de quitosano (0,6%), el más efectivo, perdiendo 2,01% y 4,47%, mientras que los frutos tratados con el recubrimiento sucroéster (1,0%) tuvieron mermas de 2,33% y 5,01% con respecto al control, que registró reducciones de peso de 2,61% y 5,79%, para los días 8 y 16 respectivamente.

Figura 18. Pérdida de peso vs Tiempo de valoración



Tomando como base los resultados obtenidos en esta investigación, se puede asegurar que el recubrimiento aplicado a los tomates presentó una buena barrera ante el proceso de transpiración; por cuanto hizo que los frutos presentaran mayor resistencia ante el intercambio de vapor de agua con el ambiente que los rodea (Wang, 2005).

6.2.2 Tasa de respiración. En el Cuadro 7 se muestra los resultados obtenidos de la tasa de respiración del tomate (promedio de réplicas por tratamiento).

Cuadro 7. Tasa de respiración (mg CO₂/kgh) en los tratamientos

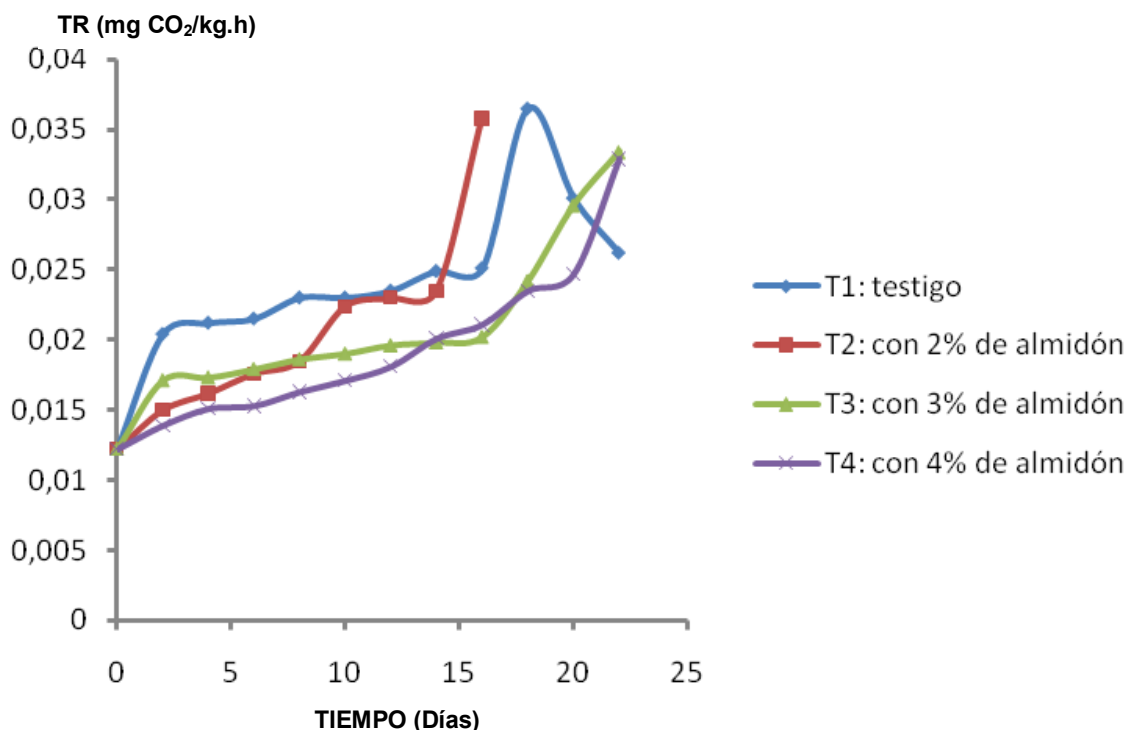
Día de seguimiento	T1 Testigo	T2 2% almidón	T3 3% almidón	T4 4% almidón
0	0,0122	0,0122	0,0122	0,0122
2	0,0204	0,0150	0,0171	0,0139
4	0,0212	0,0162	0,0173	0,0151
6	0,0215	0,0176	0,0179	0,0153
8	0,0230	0,0185	0,0186	0,0163
10	0,0230	0,0224	0,0190	0,0171
12	0,0235	0,0230	0,0196	0,0181
14	0,0249	0,0235	0,0198	0,0201
16	0,0251	0,0358	0,0202	0,0211
18	0,0365	-	0,0242	0,0235
20	0,0301	-	0,0296	0,0247
22	0,0262	-	0,0334	0,0329
Total	0,2876	0,1842	0,2489	0,2303
Promedio	0,0240	0,0205	0,0207	0,0192

Fuente. Autor

Con el paso del tiempo la tasa de respiración aumentó en todos los tratamientos debido a que los tomates siguieron su proceso de crecimiento y división celular, sin embargo, los tomates (T1) presentaron una tasa de respiración más elevada en comparación con los recubiertos (T2, T3 y T4). Resultados similares se reportan en mango (Jiménez, *et al.*, 2004), tomate (Amaya, *et al.*, 2006 y Zapata, 2007) y níspero japonés (Márquez, 2009), donde frutos tratados con distintos recubrimientos presentaron menor tasa de respiración que las muestras testigo, ya que actúan como una barrera física ante el oxígeno. (Márquez, 2009).

En la Figura 19 se observa que los tomates sin recubrir (T1) alcanzaron el pico climatérico a los 18 días con una disminución progresiva en los días siguientes, debido a que inició la fase de senescencia con la muerte celular y decadencia del consumo de O₂; los tomates recubiertos con T2, presentaron contaminación fúngica el día 16 por lo que las muestras fueron desechadas y muy probablemente el aumento de la tasa de respiración que se observa en la figura 19 para este día se debió a la activación de la acción enzimática de defensa y curación; los tomates con T3 y T4 mostraron un aumento considerable en la tasa de respiración a partir del día 18, sin embargo, las muestras se desecharon luego de 6 días por contaminación fúngica en algunos de ellos, por tal motivo no fue posible observar la aparición del pico climatérico. En dos estudios en tomate se encontró que frutos recubiertos alcanzaron el pico climatérico a los 9 días (Amaya, *et al.*, 2006) y al día 3 para frutos recubiertos con zeína (Zapata, 2007).

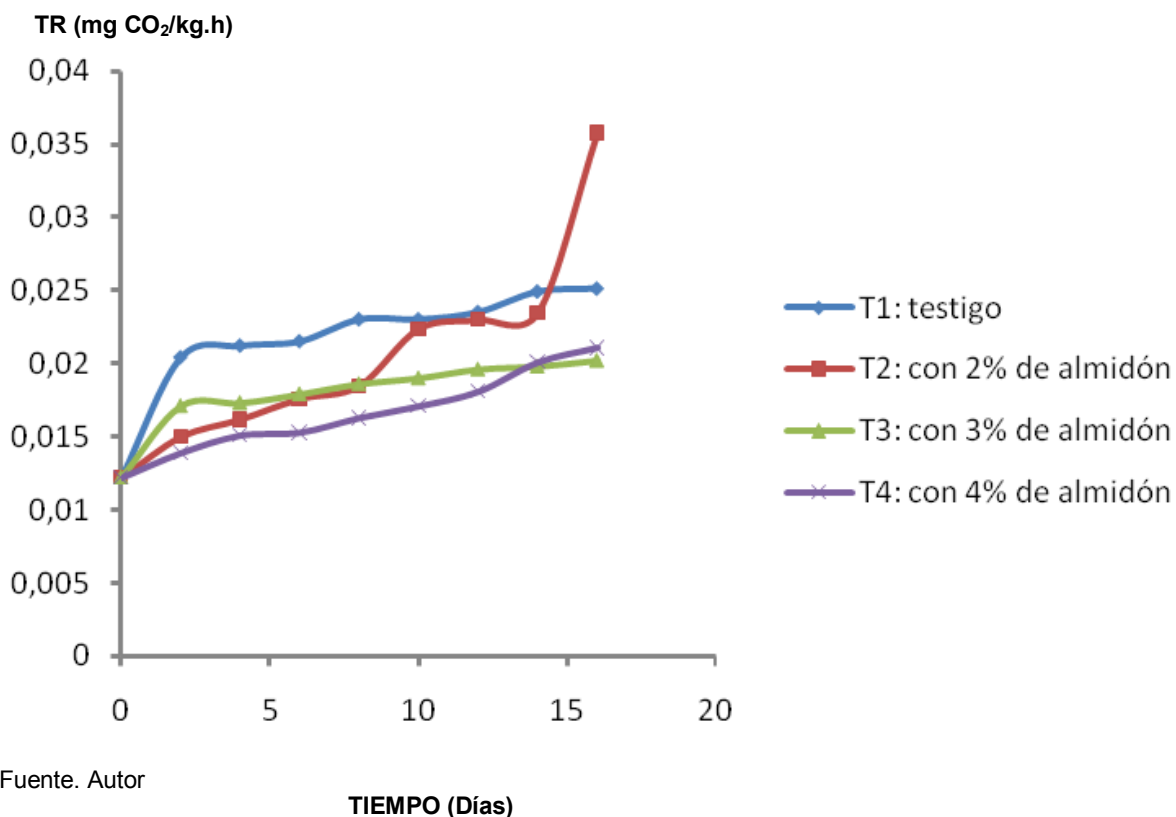
Figura 19. Tasa de respiración vs Tiempo de valoración



Fuente. Autor

Según el diseño experimental completamente al azar para la tasa de respiración de los tomates del día 0 al día 16 (Anexo A y cuadro 16), no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, debido a que las curvas de la tasa de respiración de los 4 tratamientos mostraron tendencias similares (Figura 20), sin embargo se encontraron diferencias significativas en el diseño experimental entre T1, T3 y T4 del día 0 al día 22 (Anexo B y cuadro 30), donde el tratamiento más apropiado fue el T4 debido a que tuvo una menor tendencia para alcanzar el pico climatérico con un valor de 0,0329 mgCO₂/kgh a los 22 días (cuadro 7) en comparación con el tratamiento T3 con un valor mayor de 0,0334 mgCO₂/kgh (cuadro 7), seguido del T1 que lo alcanzó a los 18 días con un valor de 0,0365 mgCO₂/kgh (cuadro 7). Resultados similares se presentan en níspero japonés (Márquez, 2009), donde el recubrimiento de quitosano fue el más efectivo para reducir la tasa de respiración, sin embargo, en un estudio de tomate no se encontraron diferencias significativas para esta variable entre los tres tratamientos (Amaya, *et al.*, 2006).

Figura 20. Tasa de respiración vs Tiempo de valoración hasta el día 16



Fuente. Autor

6.2.3 Fuerza ante la compresión. Es la resistencia de un material a la deformación o penetración, y la medición de esta es el mejor indicador a nivel práctico para determinar el grado de madurez, por eso, a mayor madurez menor firmeza y menor resistencia a la penetración (Ciro, 2008).

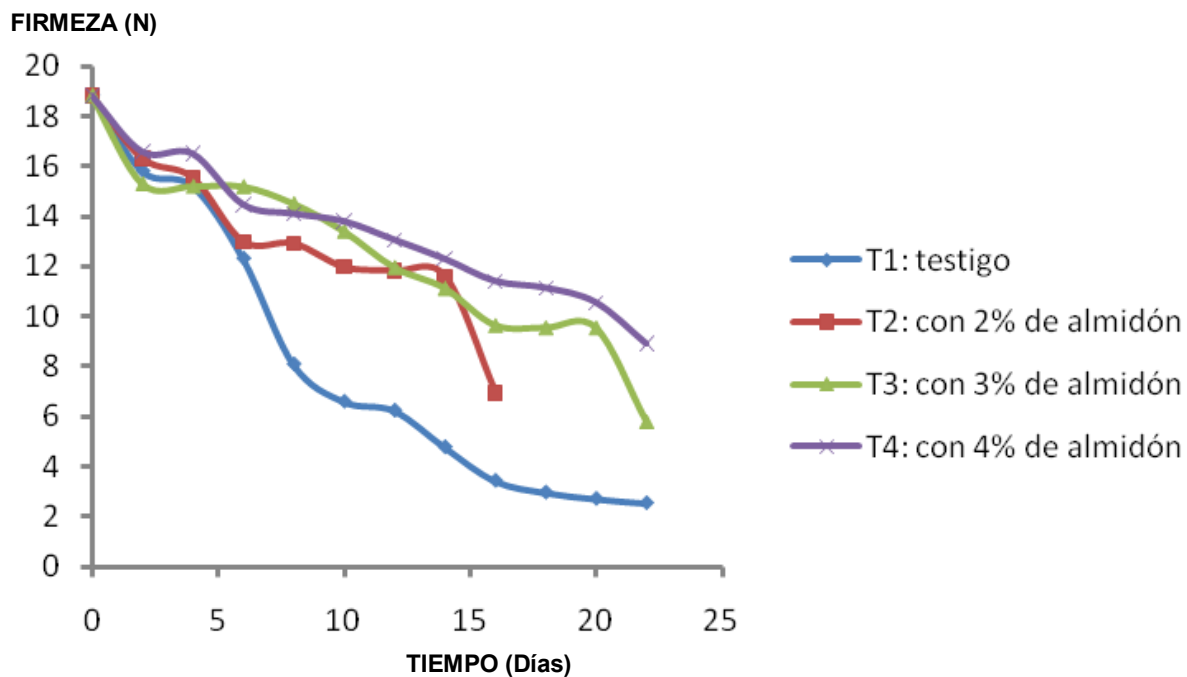
El Cuadro 8 y la figura 21 muestra los resultados obtenidos de la fuerza medida en Newtons (N) que ejercen los tomates ante la compresión (promedio de replicas por cada tratamiento), la cual inició con 18,81 N en todos los tratamientos y finalizó con un promedio entre 2,54 N y 8,91 N, indicando la disminución de la firmeza de los frutos con el paso del tiempo, debido a los cambios internos que sufren los tomates a raíz de la maduración, donde las paredes celulares se degradan por hidrólisis y se produce un ablandamiento del fruto (Aldana, 2001). Este resultado concuerda con los obtenidos en mango (Canto, et al., 2006 y Jiménez, et al., 2004), tomate (Roblejo, 2009 y Zapata, 2007) y aguacate (Aguilar, et al., 2008), donde todos los tratamientos perdieron firmeza al pasar el tiempo.

Cuadro 8. Fuerza ante la compresión (N) del tomate en los tratamientos

Día de seguimiento	T1 Testigo	T2 2% almidón	T3 3% almidón	T4 4% almidón
0	18,81	18,81	18,81	18,81
2	15,79	16,31	15,29	16,57
4	15,20	15,54	15,18	16,50
6	12,30	12,99	15,17	14,47
8	8,08	12,92	14,49	14,10
10	6,59	11,97	13,39	13,80
12	6,23	11,83	11,94	13,06
14	4,77	11,60	11,11	12,30
16	3,43	6,94	9,63	11,41
18	2,96	-	9,54	11,14
20	2,71	-	9,53	10,56
22	2,54	-	5,79	8,91
Total	99,41	118,91	149,87	161,63
Promedio	8,28	13,21	12,49	13,47

Fuente. Autor

Figura 21. Fuerza ante la compresión (N) vs Tiempo de valoración



Fuente. Autor

Al observar los datos del Cuadro 8, T1 fue el que presentó menor promedio de fuerza ante la compresión (8,28 N) comparado con los demás tratamientos, mostrando un cambio pronunciado a partir del día 6, mientras que en tomate (Zapata, 2007) se dio este cambio a los 5 días de almacenamiento para las muestras testigo y en mango (Jiménez, *et al.*, 2004) a los 3 días en todos los tratamientos. La retención de la firmeza en los frutos recubiertos se debe a que el almidón actúa como barrera ante el oxígeno y hace que disminuya la actividad de ciertas enzimas que degradan la pared celular ocasionando un ablandamiento de los frutos (Zapata, 2007).

Los resultados arrojados por el diseño experimental para la fuerza ante la compresión de los tomates con todos los tratamientos del día 0 hasta el día 16 (Anexo A y cuadro 21) demostraron que no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, o sea que la cantidad de almidón no influyó sobre la fuerza ante la compresión de los tomates, sin embargo si se encontraron diferencias significativas en el diseño experimental con T1, T3 y T4 del día 0 al día 22 (Anexo B y cuadro 36), dando como resultado que el tratamiento T4 fue el más adecuado para evitar la disminución de la firmeza de los frutos, seguido del tratamiento T3, mientras que T1 no mostró efectos favorables.

6.2.4 Grados Brix. Durante el seguimiento, el contenido de Sólidos Solubles Totales (SST) tuvo un incremento sostenido (Cuadro 9), siendo menor en los frutos tratados que en el control, como se observa en la Figura 22. El tratamiento con mejores resultados fue el 4, ya que en promedio hasta el día 16, ascendió 0,50 y hasta el día 22, 0,69 Grados Brix, seguido del tratamiento 3 que hasta el día 16 aumentó en promedio 0,64 y 0,98 hasta el día 22, respectivamente; por su parte el tratamiento 2 aumentó 0,98 Grados Brix hasta su último día (día 16); por el contrario, las muestras control (T1) sin barrera, aumentaron de forma paulatina su contenido en azúcares, siendo para el día 16 de 1,56 y para el día 22 de 1,72 °Brix respectivamente.

Cuadro 9. Grados Brix (°Brix) en los tratamientos

Día de seguimiento	T1 Testigo	T2 2% almidón	T3 3% almidón	T4 4% almidón
0	3,0	3,0	3,0	3,0
2	4,3	3,7	3,1	3,0
4	4,5	4,0	3,2	3,1
6	4,4	3,6	3,4	3,4
8	4,9	3,9	3,7	3,6
10	4,9	4,0	4,0	3,8
12	5,0	4,4	4,0	3,8
14	5,0	4,6	4,2	3,8
16	5,1	4,6	4,2	4,0

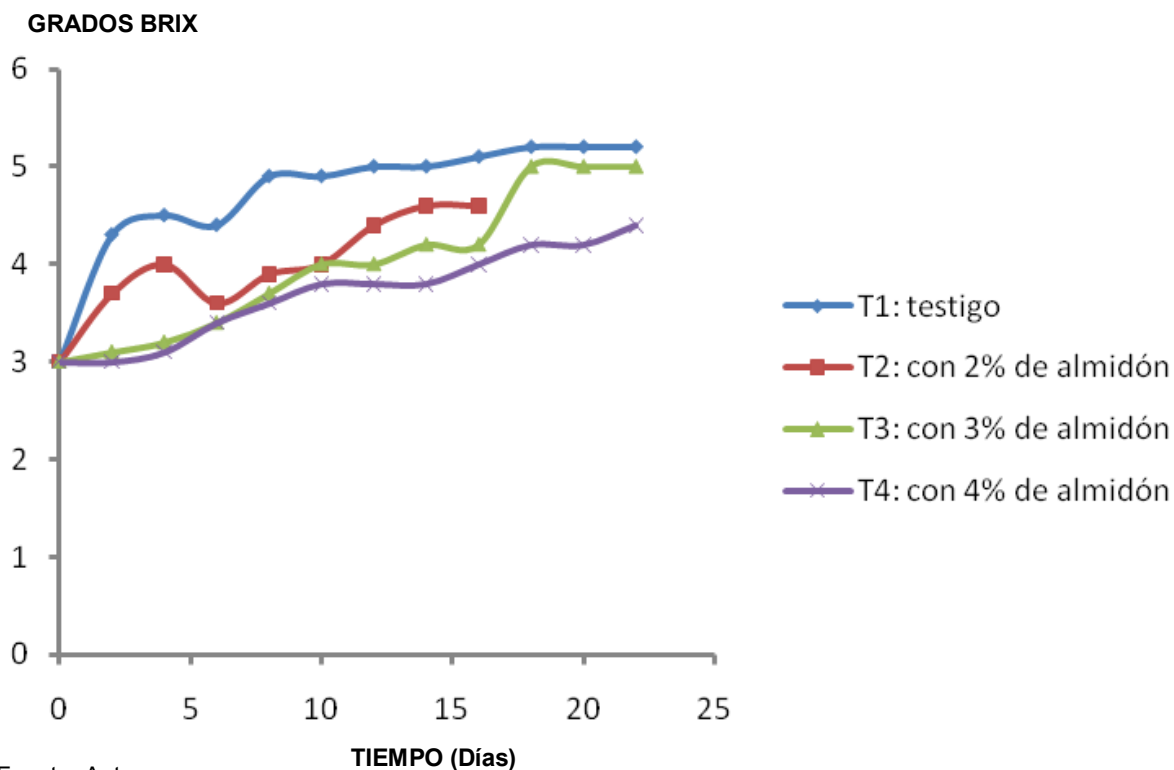
Fuente. Autor

Cuadro 9. (Continuación)

18	5,2	-	5,0	4,2
20	5,2	-	5,0	4,2
22	5,2	-	5,0	4,4
Total	56,70	35,80	47,80	44,30
Promedio	4,73	2,98	3,98	3,69

Fuente. Autor

Figura 22. Grados Brix (°Brix) vs Tiempo de valoración



Fuente. Autor

Estos resultados concuerdan con otros encontrados al aplicar películas comestibles en banano (Barco, *et al.*, 2009) en donde los bananos recubiertos mostraron un retraso en el aumento de SST frente a la muestra testigo, con un aumento de 25,61 Grados Brix en promedio, mientras que el X2 (2% almidón) 23,98 y el X3 (Cerabrix) 23,57, siendo la cera comercial la mejor; en mango “Kent” (Jiménez *et al.*, 2004) los SST presentaron una tendencia normal esperada con la maduración, pero en aquellos recubiertos el valor fue 16,84 en comparación con los del control 18,48; en guayabas (Gonçalves, *et al.*, 2004), la cera de carnauba mostró un efecto retenedor en el aumento de los SST, el tratamiento M1 y la muestra testigo presentaron un ascenso de 13,3 Grados Brix, M2 (1% cera carnauba) de 10,9 y M3 (2% cera carnauba) de 10,3; en tomate la aplicación del quitosano retuvo el

aumento de los sólidos solubles en los frutos recubiertos, los frutos sin recubrir mostraron un aumento de 9,5 Grados Brix, mientras que los frutos recubiertos 6,8 (Liu, *et al.*, 2007) al igual el almidón de yuca, produjo una retención en el aumento de los sólidos solubles de los tomates dando como resultado 4,31 Grados Brix para los tomates recubiertos y de 4,33 Grados Brix para la muestra testigo (Amaya, *et al.*, 2006). Este hecho estaría relacionado con el papel protector que ejercen los recubrimientos frente al intercambio gaseoso con el ambiente, relentizando el metabolismo y los procesos de síntesis de compuestos azucarados (Pastor, 2006).

6.2.5 Color. El color de las frutas se encuentra localizado como un pigmento en los plastos, vacuolas y el líquido citoplasmático de las células, muchas veces limitado solo a células epidérmicas, además es un factor importante de calidad, así como uno de los indicadores más usados para determinar el momento oportuno de cosecha y un atractivo físico para el consumidor (Escobar, 2001).

El cambio de color es una de las variables más perceptibles de las frutas en el proceso de maduración y se debe a que el color verde se degrada por acción de la hormona clorofilasa a medida que la fruta madura, dejando ver el color de fondo de la fruta. Al degradarse la clorofila se forman compuestos químicos incoloros, mientras tanto otros pigmentos enmascarados en el fruto, como carotenos y antocianinas se manifiestan (Aldana, 2001). Lo anterior se puede observar en las imágenes que se tomaron de los tomates que no tenían ningún recubrimiento (T1) (Figura 24.1) y en los valores (Cuadro 10) que disminuyeron a medida que pasó el tiempo, de 64,87 (color verde) a un valor final de 22,72 (color rojo); el cambio de color se presentó a partir del día 2 y para el día 6 todos los tomates del T1 se encontraban rojos, debido a la degradación de la clorofila y el incremento del licopeno propio de estos frutos. Esto mismo encontró (Zapata, 2007), donde los frutos control disminuyeron bruscamente los valores de color en los 5 primeros días de almacenamiento frente a los frutos recubiertos.

Cuadro 10. Valores de color en los tratamientos

Día de seguimiento	T1 Testigo	T2 2% almidón	T3 3% almidón	T4 4% almidón
0	64,87	64,87	64,87	64,87
2	63,00	63,18	64,55	64,87
4	54,04	63,04	64,40	64,87
6	39,24	61,02	62,71	64,87
8	30,60	60,95	61,78	64,84
10	25,38	60,84	61,67	64,84
12	23,40	59,15	61,42	64,76
14	23,11	54,14	61,38	64,76
16	23,29	53,57	61,13	64,76

Fuente. Autor

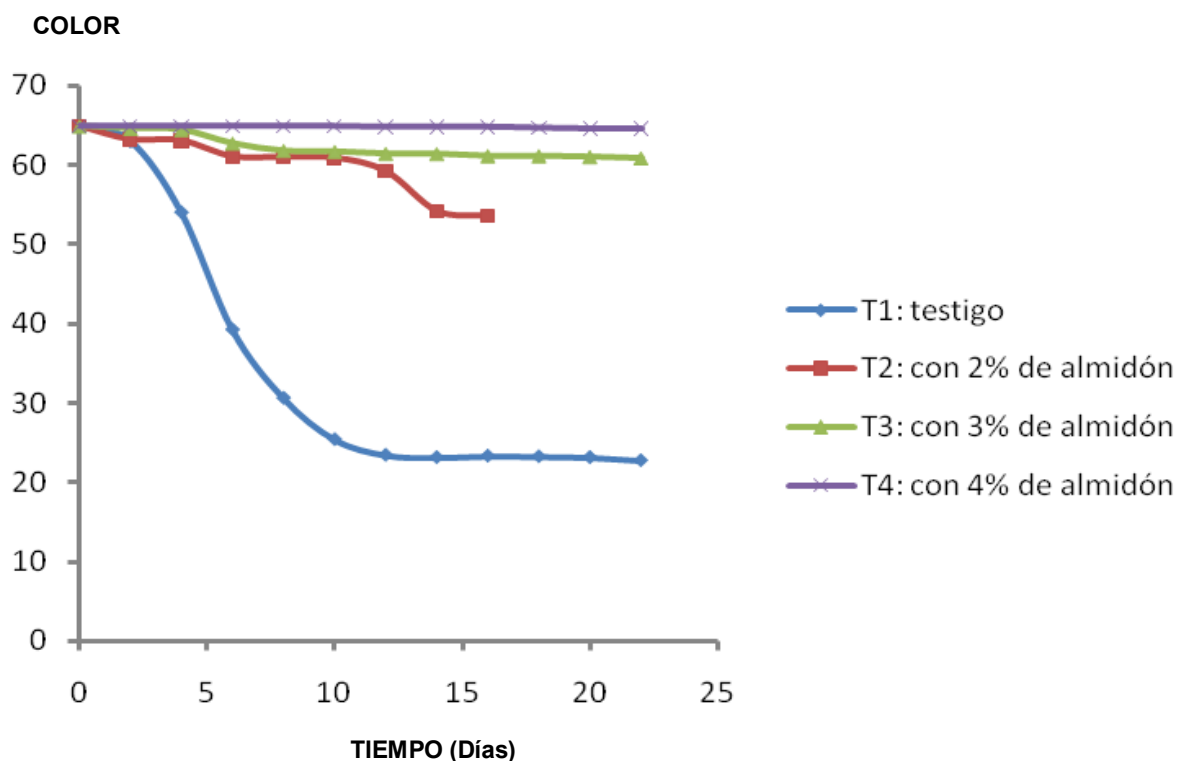
Cuadro 10. (Continuación)

18	23,22	-	61,13	64,66
20	23,11	-	61,02	64,58
22	22,72	-	60,84	64,55
Total	415,98	540,76	746,89	777,24
Promedio	34,67	45,06	62,24	64,77

Fuente. Autor

T2 presentó una variación de color menor a la muestra testigo (T1) a partir del día 12 (Figura 24.2), pasando de un valor de 60,84 para el día 10 a un 59,15 para el día 12 (Cuadro 10). El tratamiento T3 mantuvo el color verde hasta el día 14 (Figura 24.3) con una pequeña variación y T4 fue el que menor variación del color presentó (Figura 24.4) dando como resultado un comportamiento constante que se observa en la (Figura 23), lo que no ocurrió con los tratamientos (T1, T2 y T3), esto se debe a la inhibición de la degradación de la clorofila en ambientes de relativo bajo O_2 que lo proporciona el recubrimiento empleado; otras investigaciones en tomate (Zapata, 2007, Roblejo, 2009 y Galiotta, *et al.*, 2004), mostraron que los frutos recubiertos no presentaban variación de color si no después del día 6, para el día 37 y después de la tercera semana respectivamente. La variación del color de un tratamiento a otro para el día 14 también es evidente en el interior de los frutos tal como lo muestra la figura 24.5.





Figura 23. Color vs Tiempo de valoración



Fuente. Autor

El cuadro 11, muestra los colores asociados a los datos del promedio del color de los tomates del cuadro 10, para T1 el valor del promedio del color de los tomates es de 34,67 y al digitar este número en la paleta de colores personalizados de Paint ®, este valor da un color naranja, y esto se puede hacer con cualquier dato del cuadro 10.

Cuadro 11. Resultado del promedio del color del tomate durante el almacenamiento

Tratamientos	T1	T2	T3	T4
Color				
Nombre	Verde claro	Verde claro	Lima	Verde lima

Fuente. Mouthon, 2010

Figura 24. Desarrollo del color de los tomates

Figura 24.1. Tomates del tratamiento (T1)

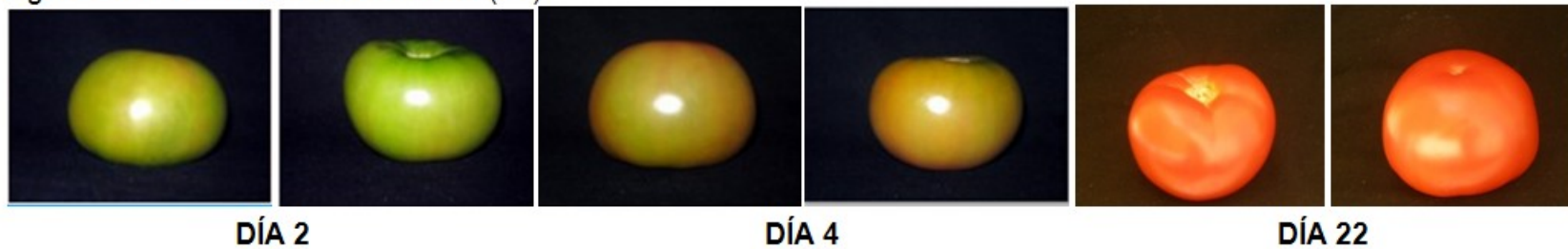


Figura 24.2. Tomates del tratamiento (T2)



Figura 24.3. Tomates del tratamiento (T3)

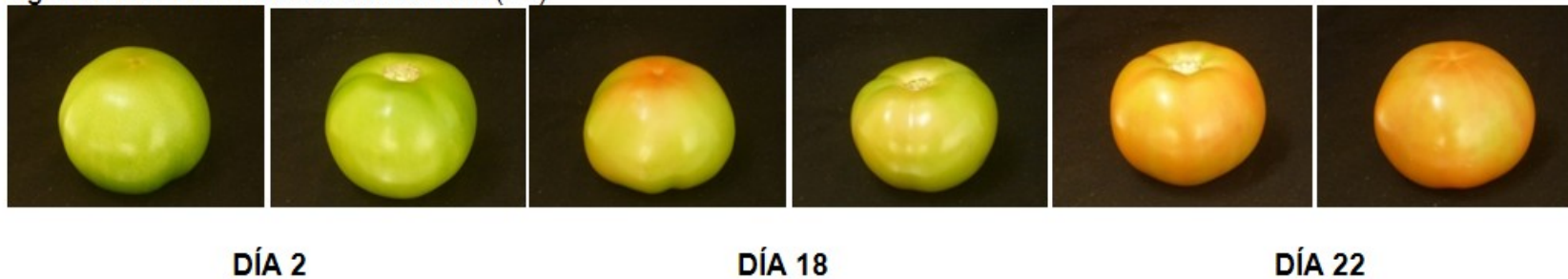


Figura 24.4. Fotos de los tomates del tratamiento (T4)



Figura 24.5. Color interno de los tomates luego de 14 días de seguimiento



7. CONCLUSIONES

Los recubrimientos empleados con 2%, 3% y 4% de almidón modificado de yuca aplicados sobre los tomates Larga Vida "Yola" incrementan la vida útil del fruto y mantienen características de calidad como, firmeza, brillo, tasa de respiración, grados brix y cambio de color de la cáscara.

El empleo del recubrimiento comestible a base de almidón modificado de yuca al 4% (T4), retardo eficientemente la pérdida de peso, la tasa de respiración, la firmeza, grados brix y la degradación del color de los tomates.

La concentración de almidón del recubrimiento afectó de una forma significativa la disminución del cambio de color de la cáscara y la pérdida de peso y en menor significancia el aumento de la tasa de respiración, la disminución de la firmeza y el aumento de los grados brix.

La aplicación del recubrimiento a base de almidón de yuca modificado en concentraciones de 3% y 4%, incrementó la vida útil del tomate en 4 días, para un total de 22 días de duración del fruto fresco recubierto, frente a 18 días de vida útil comercial.

8. RECOMENDACIONES

Es indispensable la implementación y uso de las Buenas Prácticas de Manufactura, en los productos, lugares y equipos durante todo el proceso y seguimiento.

Se hace necesario adicionar un mejor compuesto antifúngico natural como los aceites esenciales de cítricos, el orégano, entre otros, que permita que el producto no se contamine y pueda durar mucho más tiempo a condiciones ambientales predominantes.

Para próximos estudios es adecuado analizar el color con un colorímetro que permita tener datos más confiables y precisos.

Se sabe que la combinación de carbohidratos como el de yuca o papa con lípidos y proteínas hace que los recubrimientos comestibles adquieran mayores propiedades mecánicas, de barrera y nutricionales brindando mejores resultados, por esta razón se debe tener en cuenta en las próximas investigaciones el uso de estos compuestos.

Experimentar las condiciones reológicas del recubrimiento, análisis de color, transparencia e infrarrojo, así como la retrogradación del mismo con el fin de conocer su efecto, condiciones de almacenamiento y formas de aplicación.

Realizar pruebas donde se exponga el recubrimiento a diferentes condiciones ambientales como refrigeración, atmósferas controladas o la combinación de estas.

Realizar el estudio de costos correspondiente a la elaboración del recubrimiento, para definir la viabilidad económica en la aplicación del mismo.

Extender y difundir los resultados y los beneficios arrojados tras la aplicación del recubrimiento por medio de ponencias y medios de comunicación en diferentes organizaciones, a productores y a comercializadores hortofrutícolas con el fin de dar a conocer los beneficios del recubrimiento, pensando en su futura comercialización.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, M.A.; SAN MARTÍN-MARTÍNEZ, E.; TOMÁS, S.; CRUZ-OREA, A. and JAIME FONSECA, M. Gelatine–starch films: Physicochemical properties and their application in extending the post-harvest shelf life of avocado (*Persea americana*). En: Journal of the Science of Food and Agriculture. 2008. vol. 88, no. 2, p. 185-193.

ALDANA, H.M. Ingeniería y agroindustria. 2 ed. Bogotá D.C.: Terranova, 2001. p. 152-153. ISBN 958-9271-62-8.

AMAYA, P.; PEÑA, L. y MOSQUERA, A. Efecto de recubrimiento de almidón nativo de yuca sobre la firmeza y tasa de respiración del tomate (*Lycopersicon esculentum mill*). En: Dyna. 2010 vol. 77, no. 162, p. 67-73.

ARBOLEDA, D. Horticauca, producción de tomate de mesa en el Cauca. Popayán, Colombia. Observación inédita, enero, 2010.

BARCO, P.; BURABANO, A.; MEDINA, M.; MOSQUERA, S.y VILLADA H. Efecto de recubrimiento natural y cera comercial sobre la maduración del banano (*Musa sapientum*). En: Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 2009. vol. 7, no. 2. p. 70-76.

BAUTISTA, S. y BRAVO, L. Evaluación del quitosano en el desarrollo de la pudrición blanda del tomate durante el almacenamiento. Hermosillo, México. En: Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha. 2004. vol. 6, no. 001, p. 63-67.

BOSQUEZ, E. Desarrollo de recubrimientos comestibles formulados con goma de mezquite y cera de candelilla para la conservación de frutas. [On line]. Ago. 2008. [Citada 28 Enero 2010]. Disponible en Internet: <http://www.alimentariaonline.com/apadmin/img/upload/MA025_RECUBRIMIENTOS.pdf>

CALA, A. Y MARTINEZ, J.S. Modificación hidrolítica de almidón de yuca nativo con enzima α -amilasa bacteriana aislada de *bacillus subtilis* para elaboración de salsas. Bogotá. [On line]. 2008. [Citada 28 Enero 2010]. Disponible en Internet: <<http://tegra.lasalle.edu.co/dspace/handle/10185/1581>>.

CALLE, M.L. Laboratorio de ensayos mecánicos, Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá. [On line]. Ene. 2010. [Citada 28 Enero 2010]. Disponible en Internet:

<<http://74.125.47.132/search?q=cache:XV1XYS5963EJ:www.ceif.unal.edu.co/lif/laboratorio-ensayosMecanicos.htm+Maquina+universal+de+ensayos+SHIMADZU&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co>>.

CANTO, M.E.; SANTANA DA SILVA, A.; SIMÕES DA ROCHA BISPO, A. e BARBOSA DOS SANTOS, D. Amadurecimento de mamão, formosa com revestimento comestível à base de fécula de mandioca. En: Ciênc. Agrotec. 2006. vol. 30, no.6, p. 1116-1119.

CARBALLO, S.; FEIPPE, A. y CHIESA, N. Efecto de la aplicación poscosecha de 1-Methylcyclopropene (1- MCP) sobre la calidad y vida útil del tomate. En: INIA Serie Actividades de Difusión. 2004. vol. 12, no. 366, p. 38-42.

CASIERRA, F. y AGUILAR, Ó.E. Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. En: Revista Agronómica Colombiana. 2009. vol.26, no.2, p. 300-307

CENTRO BUDISTA DE VALENCIA. El tomate. [On line]. 2009. [Citada 26 Ene 2010]. Disponible en Internet: <<http://74.125.113.132/search?q=cache:uIXpaKKFhpcJ:www.budismo-valencia.com/cafe/tomate+versatilidad+del+tomate+de+mesa&cd=7&hl=es&ct=clnk&gl=c>>

CENTRO DE INVESTIGACIONES DEL ESTADO PARA LA PRODUCCION EXPERIMENTAL AGROINDUSTRIAL DE VENEZUELA (CIEPE). Evaluación del tiempo de conservación postcosecha de tomates y pimentones en presencia de un recubrimiento comestible de proteínas de lactosuero. [On line]. 2010. [Citada 26 Feb 2010]. Disponible en Internet: http://www.ciepe.gob.ve/index.php?option=com_content&view=article&id=168:evaluacion-del-tiempo-de-conservacion-postcosecha-de-tomates-y-pimentones-en-presencia-de-un-recubrimiento-comestible-de-proteinas-de-lactosuero&catid=48:locti&Itemid=100.

CHILLO, S.; FLORES, S.; MASTROMATTEO, M.; CONTE, A., GERSCHENSON L. y DEL NOBILE, M.A. Influencia de glicerol y de quitosano en almidón de yuca basado en las propiedades de película comestible. En: Journal of Food Quality. 2008. vol. 30, no. 5, p. 823 – 836.

CIRO, H.S.; OSORIO, J.A. avance experimental de la ingeniería de postcosecha de frutas colombianas: resistencia mecánica para frutos de uchuva (*physalis peruviana* l). En: Dyna. 2008 vol. 75, no. 154, p. 39-46.

CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL (CCI).Tomate de mesa con gran demanda internacional. [On line]. Jun. 2008. [Citada 25 Febrero 2011]. Disponible en

Internet:

<<http://www.cci.org.co/ccinew/pdf/SEMBREMOS/JUNIO%202008%20REVISTA%205/05%20Oportunidades.pdf>>

ELERGROMISTA. Contaminación por hongos de los alimentos. [On line]. Ago. 2010. [Citada 22 Agosto 2010]. Disponible en Internet: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:AX9q_X0MGP8J:www.elergromista.com/alimentos/contami02.html+que+causa+hongos+en+los+alimentos&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=co>.

ESCOBAR, L. Guia de laboratorio para el manejo poscosecha de frutas y hortalizas. 2001. p. 29.

FANG FOWLER, P.A. and SAYERS, C., WILLIAMS, P.A. The chemical modification of a range of starches under aqueous reaction conditions. En: Carbohydrate Polymers. 2004. vol. 55, no. 3, p. 283–289.

FOOD-INFO. E330 Acido cítrico. [On line]. Feb. 2010. [Citada 12 Marzo 2010]. Disponible en Internet: <<http://74.125.113.132/search?q=cache:eTJvLdN20YQJ:www.food-info.net/es/e/e330.htm+funcion+del+acido+citrico+en+recubrimientos&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=co>>.

GALIETTA, G.; HARTE, F.; MOLINARI, D.; CAPDEVILLE, R. y DIANO, W., Aumento de la vida útil poscosecha de tomate usando una película de proteína de suero de leche. En: Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha. 2004. vol. 6, no. 002, p. 117-123.

GIL, M. Efecto de diferentes extractos de ajo sobre la oxidación de lipoproteínas de baja densidad en suero humano. [On line]. Ene. 2004. [Citada 25 Mayo 2010]. Disponible en Internet: <http://www.pncta.com.mx/pages/pncta_investigaciones_04h.asp?page=04e5>.

GONÇALVES, V.R.; SIMÃO, J.; FREITAS, F.; XIMENES, P.P. e PEREIRA, C.P. Armazenamento de goiabas sob refrigeracao e em condicao ambiente coms sem tratamento com cera de carnauba. En: Revista Brasileira Fruticultura. 2004. vol. 27, no. 2, p. 203-206.

HAEFF, J.N.M. Manuales para educación agropecuaria: Tomates. México. Editorial Trillas. 2004.

BROUWER, C.; ELLIOTT, M. El tomate, sus datos e historia. [On line]. Mar. 2006. [Citada 22 Febrero 2010]. Disponible en Internet: <<http://harris-tx.tamu.edu/hort/pubs/pubs/eltomate.pdf>>.

HENRIQUE, C.M.; CEREDA, M. P. y DUPUY, N. Análisis del color, transparencia e infrarojo de las películas del almidón modificada de yuca. En: Agronomía Tropical. 2007. vol. 57, no. 1, p. 25-30.

HERNAN, A.M. y PICHARDO, J. *Lycopersicon esculentum* P. Mill. [On line]. Jul. 2009. [Citada 26 Enero 2010]. Disponible en Internet: <<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/solanaceae/lycopersicon-esculentum/fichas/ficha.htm>>.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Tabla climatológica de Popayán. [On line]. Ene. 2010. [Citada 28 Enero 2010]. Disponible en Internet: <<http://bart.ideam.gov.co/cliciu/popa/tabla.htm>>.

JIMÉNEZ, D.P.; BRINGAS-TADDEI, E.; MERCADO-RUIZ, J.; GARCÍA-ROBLES, J.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G.; TRONCOSO-ROJAS, R. y BÁEZ-SAÑUDO, R. Efecto del calcio y cera comestible en la calidad de mangos 'kent' durante el almacenamiento. En: Revista Facultad Agroindustria. 2004. vol. 21, no. 1, p. 351-358.

JOSAFAD, S.; MENDOZA, M. y BORREGO, F. Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. En: Agronomía Mesoamericana. 1998. vol. 9, no. 1, p. 59-65.

KADER, A. Regulations of fruit physiology by controlled y modified atmospheres. [On line]. 1995. [Citada 28 Enero 2010]. Disponible en Internet: <<http://postharvest.ucdavis.edu/datastorefiles/234-273.pdf>>.

KAPUSNIAK, J. Thermal reations of starch with long chain unsaturated Fatty acids - The way for the synthesis of producs with new funtional properties, Stärke/Starch. En: Ingeniería e Investigación. 2004. vol. 28, no. 3, p. 47-52.

LLANOS, M. Efecto de la composición de recubrimientos comestibles a base de hidroxipropilmetilcelulosa y cera de abeja en la calidad de ciruelas, naranjas y mandarinas. Tesis doctoral. España: Universitat Politècnica de València. 2007.p. 223

LIU, J.; TIAN, S.; MENG. Y XU, Y. Effects of chitosan on control of postharvest diseases and physiological responses of tomato fruit. En: Postharvest Biology and Technology. 2007. vol. 44, p. 300-306.

MÁRQUEZ, C.; CARTAGENA, R. y PÉREZ, B. Efecto de recubrimientos comestibles sobre la calidad en poscosecha del níspero japonés (*Eriobotrya japonica* T.). En: Revista Vitae. 2009. vol. 16, no. 3, p. 304-310.

MATERIAL PARA LABORATORIOS QUÍMICOS Y CLÍNICOS EN MÉXICO. [On line]. Feb. 2010. [Citada 8 Marzo 2010]. Disponible en Internet: <<http://74.125.47.132/search?q=cache:NeKAKUsqxuwJ:www.maquimsa.com/html/tecnica/refractometros.html+principio+del+refractometro&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=co>>.

MENESES, J.; CORRALES, C. y VALENCIA, M. Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. En: Revista EIA. 2007. vol. 17, no. 8, p 57-67.

MONTES, M.; SALCEDO, M.; ZAPATA, J.; CARMONA, J. y PATERNINA, S. Evaluación de las propiedades modificadas por vía enzimática del almidón de ñame (*d. trifida*) utilizando α -amilasa (terminal® 120 I, tipo I). En: Revista Vitae. 2008. vol.15, no. 1, p. 51-60.

MONTGOMERY, D.C. Desing and Analysis of experiments. 5 ed. United States of America. Acquisitions, 2001. p. 658, 669. ISBN 0-471-31649-0.

MOUTHON, C. Nombres de colores RGB. [On line]. 2010. [Citada 22 Noviembre 2010]. Disponible en Internet: <<http://crismattweb.tripod.com/guiahtml/colores.html>>.

MUÑOZ, W. CCI. Cultivo de Tomate de mesa en el Departamento del Cauca. Popayán, Colombia. 2010.

MUSHWORLD. Cultivo de hongo Ostra. [On line]. 2005. [Citada 1 Febrero 2010]. Disponible en Internet: < http://www.girgolas.unlugar.com/chapter01-01_p.1.pdf>.

OJEDA, G.A. y SGROPPO, S.C. Aplicación de un film comestible en batatas trozadas. Trabajo de grado Tecnología Química. Argentina: Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Ciencia Exactas, Naturales y de Agrimensura. 2009.

OLIVAS, G.I.; MATTINSON, D.S.; BARBOSA-C. Y ANOVAS G.V. Alginate coatings for preservation of minimally processed 'Gala' apples. En: Postharvest Biology and Technology. 2006. vol. 45, no. 10, p. 89-96.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). Las frutas y hortalizas frescas como productos perecibles. [On

line]. Ene. 2010. [Citada 1 Febrero 2010]. Disponible en Internet: <<http://74.125.47.132/search?q=cache:yPIH9tuTMJ:www.fao.org/docrep/x5055S/x5055S02.htm+que+es+fruto+climaterico&cd=4&hl=es&ct=clnk&gl=co>>.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). Implementación de Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Tomate para Pequeños Productores del Departamento de Antioquia. [On line]. 2006. [Citada 27 Enero 2010]. Disponible en Internet: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/bpa/tomate.htm#_ftnref1>.

OSÉS, J. Los recubrimientos comestibles se convertirán en los envases del futuro. [On line]. Ene. 2010. [Citada 2 Febrero 2010]. Disponible en Internet: <<http://74.125.47.132/search?q=cache:zoLRcDFQiUJ:www.solociencia.com/ingenieria/06080403.htm+Los+recubrimientos+comestibles+se+convertir%C3%A1n+en+los+envases+del+futuro.&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=c>>.

PASTOR, C. y ORTOLÁ, M. Aplicación de films comestibles en fresas (*Fragaria spp*) de la variedad Ventana. En: Departamento de Tecnología de Alimentos – Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo, Universidad Politécnica de Valencia. 2006. vol. 12, no. 5, p. 127 de 364.

PEÑARANDA O.; PERILLA J. y ALGECIRA A. Revisión de la modificación química del almidón con ácidos orgánicos. En: Revista Ingeniería e Investigación vol. 28, no. 3, p. 47-52.

PÉREZ, M.B.; DEL RÍO, M.A. y ROJAS, C. Recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. En: Horticom. 2008. vol.11, no. 207, p. 54-57.

PÓLIT, P. Manejo poscosecha de productos hortifrutícolas en fresco. [On line]. Ene. 2010. [Citada 4 Febrero 2010]. Disponible en Internet: <http://www.sica.gov.ec/agronegocios/sistema%20valor/poscosecha_hortifuticolas.htm>.

QUIROGA, G. y LÓPEZ, J. Aditivos de uso en procesamiento de carnes. [On line]. Dic. 2009. [Citada 2 Febrero 2010]. Disponible en Internet: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2001819/lecciones/cap03/cap03_10.html>

RADWAG. Balanza analítica RADWAG, serie XA 110/X. [On line]. Ene. 2010. [Citada 28 Enero 2010]. Disponible en Internet: <http://www.radwag.com/spanish/1a_xax.htm>.

RAMIREZ, L.D. Cultivo del tomate. [On line]. Agosto. 2009. [Citada 19 Febrero 2011]. Disponible en Internet: <http://cultivosdetomate.blogspot.com/2009_08_01_archive.html>.

REIS, K.C.; DE SIQUEIRA, E.; HELOISA, H.; DE OLIVEIRA, L.C.; SILVA, J.D. e PEREIRA, J. Pepino japonês (*cucumis sativus* L.) submetido ao tratamento com fécula de mandioca. En: Ciênc Agrotec. 2006. vol. 30, no. 3, p. 487-493.

ROBLEJO, L. Evaluación de la aplicación de coberturas de quitosana en la conservación de tomates. Trabajo de grado Ingeniería de Alimentos. La Habana: Universidad de La Habana. En: Instituto de Farmacia y Alimentos. Departamento de Alimentos. 2009. p. 41-69.

PLAGAS Y enfermedades del tomate [Anónimo]. [On line]. 2006. [Citada 2 Febrero 2010]. Disponible en Internet: <http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/NewsArticles/Tomato_Spanish.pdf>.

SANTAYANON, R. and WOOTHKANOKKHAN, J. Modification of cassava starch by using propionic anhydride and properties of the starch-blended polyester polyurethane. En: Carbohydrate Polymers. 2003. vol. 51, p. 17-24.

SANGSUWAN, J.; RATTANAPANONEB, N. and RACHTANAPUNC, P. Effect of chitosan/methyl cellulose films on microbial and quality characteristics of fresh-cut cantaloupe and pineapple. En: Postharvest Biology and Technology. 2008. vol. 49, p. 403-410.

SAS. Análisis de diseños experimentales básicos. [On line]. Ene. 2008. [Citada 19 Febrero 2010]. Disponible en Internet: < <http://www.galeon.com/colposfes/est501/dca/dca.htm>>.

SCANAVACA, L.; FONSECA, N. e CANTO, M.E. Uso de fécula de mandioca na pós-colheita de manga 'Surpresa'. En: Revista Brasileira Fruticultura. 2007. vol. 29, no. 1, p. 67-71

SOLANO, F. El tomate. [On line]. Mar. 2009. [Citada 26 Enero 2010]. Disponible en Internet: <<http://frutasfranciscosalado.com/?tag=composicion-nutricional-tomate>>.

SOTHORNVIT, R. and RODSAMRAN, P. Effect of a mango film on quality of whole and minimally processed mangoes. En: Postharvest Biology and Technology. 2007. vol. 47, p. 407-415.

THOMAS, D.J. and ATWELL, W.A. En Starches Minnesota: Egan Press. Food Research International. 2008. vol. 28, no. 3, p. 47-52.

TOMATE, TOMATERA, jitomate [Anónimo]. [On line]. Ene. 2010. [Citada 26 Enero 2010]. Disponible en Internet: <<http://fichas.infojardin.com/hortalizas-verduras/tomate-tomatera-jitomate.htm>>.

TORRES, J.C. y PEÑA, J. Manejo postcosecha y evaluación de la calidad de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) que se comercializa en la ciudad Neiva. Neiva (Huila) 1998. 27 p.

TREJO, M.A. Aplicación de recubrimientos comestibles. [On line]. Feb. 2010. [Citada 22 Feb 2011]. Disponible en Internet: <<http://www.slideshare.net/postcosecha/recubrimientos-comestibles>>.

VALENCIA, M. Empaques y películas biodegradables y/o comestibles para alimentos. Grupo de materiales de la escuela de ingeniería de Antioquia. [On line]. Ene. 2010. [Citada 15 Febrero 2010]. Disponible en Internet: <<http://materiales.eia.edu.co/ciencia%20de%20los%20materiales/articulo-materiales%20biodegradables.htm>>.

WANG, Q. and PADUA, G. Properties of zein films coated with drying oils. En: Agr. Food Chem. 2005. vol. 53, no. 9, p. 3444-3448.

ZAMUDIO, P.B.; BELLO-PÉREZ, L.A.; VARGAS-TORRES, A.; HERNÁNDEZ-URIBE, J.P. y ROMERO-BASTIDA, C.A. Caracterización parcial de películas preparadas con almidón oxidado de plátano. En: Agrociencia. 2007. vol. 41, p. 837-844.

ZAPATA, P., VALERO, D., GUILLÉN, F., MARTÍNEZ, D., SERRANO, M. Mantenimiento de la calidad de tomates mediante recubrimiento de zeína. En: Tecnología Poscosecha y Agroexportaciones. 2007. vol. 9, no. 9, p. 1384-1393.

ANEXOS

ANEXO A. ANÁLISIS ESTADÍSTICO HASTA EL DÍA 16 PARA TODOS LOS TRATAMIENTOS.

Se usó un f tabulado (Ft) ₍₃₂₎ = 2,904 que se obtuvo tabulando valores de los grados de libertad del error entre 30 y 40 (Montgomery, 2001) porque para un Ft de 32 no hay un valor directo.

1. PÉRDIDA DE PESO

El siguiente cuadro muestra los datos promedios de la pérdida de peso de los tomates para cada tratamiento:

Cuadro 12. Pérdida de peso (%) del tomate I

Día de seguimiento	T1	T2	T3	T4	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	
2	4,17	3,70	0,00	0,00	
4	4,17	4,17	3,70	0,00	
6	7,69	4,17	4,17	0,00	
8	7,69	7,14	4,55	3,85	
10	8,00	7,69	7,69	3,70	
12	8,00	7,69	7,69	7,41	
14	11,11	8,00	8,00	8,33	
16	11,11	8,70	8,00	8,33	
Total	61,94	51,26	43,80	31,62	GT=188,62
Promedio	6,88	5,70	4,87	3,51	

Fuente. Autor

1.1 Análisis de varianza para la pérdida de peso.

Hipótesis:

Nula: “La concentración de almidón en el recubrimiento aplicado no incide en la retención del peso de los tomates”.

Alternante: “La concentración de almidón en el recubrimiento aplicado incide en la retención del peso de los tomates”.

El Cuadro 13, muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza de la pérdida de peso del tomate:

Cuadro 13. Resultados del análisis de varianza de la pérdida de peso del tomate I

	Sc	CM	Fc	Ft
Total	417,32	-		
Tratamiento	54,23	18,08	10,70	2,904
Error	363,09	1,69		

Fuente. Autor

1.1.1 Decisión del análisis de varianza para la pérdida de peso. Como se tiene un $f_c = 10,70 > f_t = 2,904$, se acepta la hipótesis alterna, que indica que la concentración de almidón en el recubrimiento aplicado incidió sobre la retención del peso de los tomates, por esta razón, es necesario aplicar la prueba de promedios para saber si hay diferencia entre los tratamientos.

1.2 Prueba de promedios (Duncan) para la pérdida de peso.

El Cuadro 14, muestra las diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos y cuál de ellos tiene mayor incidencia sobre la variable analizada:

Cuadro 14. Prueba de promedios para la pérdida de peso del tomate I

	T4	T3	T2	T1	
Promedio	3,51	4,87	5,7	6,88	
6,88	3,37	2,01	1,18	0	
DMS	0,44	0,42	0,40	d	T1= d
5,7	2,19	0,83	0		T2= c
DMS	0,42	0,40	c		T3= b
4,87	1,36	0			T4= a
DMS	0,40	b			
3,51	0				
	a				

Fuente. Autor

Conclusión: se encontró diferencias significativas entre cada tratamiento dando como resultado que T4 fue el que más influyó en la retención del peso de los tomates, seguido de T3 y luego de T2, mientras que T1 no presentó efecto favorable.

2. TASA DE RESPIRACIÓN

El siguiente cuadro muestra los datos promedios de la tasa de respiración de los tomates para cada tratamiento:

Cuadro 15. Tasa de respiración (mg CO₂/Kgh) del tomate I

Día de seguimiento	T1	T2	T3	T4	
0	0,0122	0,0122	0,0122	0,0122	
2	0,0204	0,0150	0,0171	0,0139	
4	0,0212	0,0162	0,0173	0,0151	
6	0,0215	0,0176	0,0179	0,0153	
8	0,0230	0,0185	0,0186	0,0163	
10	0,0230	0,0224	0,0190	0,0171	
12	0,0235	0,0230	0,0196	0,0181	
14	0,0249	0,0235	0,0198	0,0201	
16	0,0251	0,0358	0,0202	0,0211	
Total	0,1948	0,1842	0,1616	0,1492	GT= 0,6898
Promedio	0,0216	0,0205	0,0180	0,0166	

Fuente. Autor

2.1 Análisis de varianza para la tasa de respiración.

Hipótesis:

Nula: “La concentración de almidón en el recubrimiento aplicado no interviene en la tasa de respiración del tomate”.

Alternante: “La concentración de almidón en el recubrimiento aplicado interviene en la tasa de respiración del tomate”.

El Cuadro 16, muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza de la tasa de respiración del tomate:

Cuadro 16. Resultados del análisis de varianza de la tasa de respiración del tomate I

	Sc	CM	Fc	Ft
Total	$8 * 10^{-4}$	-		
Tratamiento	$1,67 * 10^{-4}$	$5,56 * 10^{-5}$	2,81	2,904
Error	$6,33 * 10^{-4}$	$1,98 * 10^{-5}$		

Fuente. Autor

2.1.1 Decisión del análisis de varianza para la tasa de respiración. Al tener un $f_c = 2,81 < f_t = 2,904$, se acepta la hipótesis nula, que indica que la concentración de almidón en el recubrimiento aplicado no interviene en la tasa de respiración del tomate, por esta razón, no es necesario aplicar la prueba de promedios.

3. GRADOS BRIX

El siguiente cuadro muestra los datos promedios de los grados Brix de los tomates para cada tratamiento:

Cuadro 17. Grados Brix del tomate I

Día de seguimiento	T1	T2	T3	T4	
0	3,0	3,0	3,0	3,0	
2	4,3	3,7	3,1	3,0	
4	4,5	4,0	3,2	3,1	
6	4,4	3,6	3,4	3,4	
8	4,9	3,9	3,7	3,6	
10	4,9	4,0	4,0	3,8	
12	5,0	4,4	4,0	3,8	
14	5,0	4,6	4,2	3,8	
16	5,1	4,6	4,2	4,0	
Total	41,06	35,83	32,80	31,50	GT= 141,19
Promedio	4,56	3,98	3,64	3,50	

Fuente. Autor

3.1 Análisis de varianza para los Grados Brix.

Hipótesis:

Nula: “La concentración de almidón en el recubrimiento aplicado no interviene en el retraso del incremento de los grados Brix de los tomates”.

Alternativa: “La concentración de almidón en el recubrimiento aplicado interviene en el retraso del incremento de los grados Brix de los tomates”.

El Cuadro 18, muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza de los Grados Brix del tomate:

Cuadro 18. Resultados del análisis de varianza de los Grados Brix del tomate I

	Sc	CM	Fc	Ft
Total	14,62	-		
Tratamiento	6,002	2,001	7,41	2,904
Error	8,62	0,27		

Fuente. Autor

3.1.1 Decisión del análisis de varianza para los Grados Brix. Al tener un $f_c = 7,41 > f_t = 2,904$, se acepta la hipótesis alterna, que indica que la concentración de almidón en el recubrimiento aplicado interviene en el retraso del incremento de los grados Brix de los tomates, por esta razón, es necesario aplicar la prueba de promedios para saber si hay diferencia entre los tratamientos.

3.2 Prueba de promedios (Duncan) para los Grados Brix

El Cuadro 19, muestra las diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos y cuál de ellos tiene mayor incidencia sobre la variable analizada:

Cuadro 19. Prueba de promedios para los Grados Brix del tomate I

	T4	T3	T2	T1
Promedio	3,5	3,64	3,98	4,56
4,56	1,06	0,92	0,58	0
DMS	0,181	0,176	0,167	d
3,98	0,48	0,34	0	
DMS	0,176	0,167	c	
3,64	0,14	0		
DMS	0,167	b		
3,5	a			

T1= d
T2= c
T3= b
T4= a

Fuente. Autor

Conclusión: se encontró diferencias significativas entre cada tratamiento dando como resultado que T4 fue el que más influyó en el retraso del incremento de los °Brix de los tomates, seguido de T3, luego T2, mientras que T1 no presentó efecto favorable.

4. FUERZA ANTE LA COMPRESION

El siguiente cuadro muestra los datos promedios de la fuerza ejercida por los tomates ante la compresión para cada tratamiento:

Cuadro 20. Fuerza ante la compresión (N) del tomate en los tratamientos I

Día de seguimiento	T1	T2	T3	T4
0	18,81	18,81	18,81	18,81
2	15,79	16,31	15,29	16,57
4	15,20	15,54	15,18	16,50
6	12,30	12,99	15,17	14,47

Fuente. Autor

Cuadro 20. (Continuación)

8	8,08	12,92	14,49	14,10	
10	6,59	11,97	13,39	13,80	
12	6,23	11,83	11,94	13,06	
14	4,77	11,60	11,11	12,30	
16	3,43	6,94	9,63	11,41	
Total	91,21	118,90	125,02	131,01	GT= 466,14
Promedio	10,13	13,21	13,89	14,56	

Fuente. Autor

4.1 Análisis de varianza de la fuerza ante la compresión

Hipótesis:

Nula: “La concentración de almidón en el recubrimiento aplicado no interviene en la fuerza ante la compresión de los tomates”.

Alternativa: “La concentración de almidón en el recubrimiento aplicado interviene en la fuerza ante la compresión de los tomates”.

El cuadro 21, muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza la fuerza ante la compresión del tomate:

Cuadro 21. Resultados del análisis de varianza de la fuerza ante la compresión del tomate I

	Sc	CM	Fc	Ft
Total	542,3	-		
Tratamiento	103,27	34,42	2,51	2,904
Error	439,03	13,72		

Fuente. Autor

4.1.1 Decisión del análisis de varianza para la fuerza ante la compresión. Al tener un $f_c = 2,51 < f_t = 2,904$, se acepta la hipótesis nula, que indica que la concentración de almidón en el recubrimiento aplicado no interviene en la fuerza ante la compresión de los tomates, por esta razón, no es necesario aplicar la prueba de promedios.

5. COLOR

El siguiente cuadro muestra los datos promedios del color de los tomates para cada tratamiento:

Cuadro 22. Color de los tomates I

Día de seguimiento	T1	T2	T3	T4	
0	64,87	64,87	64,87	64,87	
2	63,00	63,18	64,55	64,87	
4	54,04	63,04	64,40	64,87	
6	39,24	61,02	62,71	64,87	
8	30,60	60,95	61,78	64,84	
10	25,38	60,84	61,67	64,84	
12	23,40	59,15	61,42	64,76	
14	23,11	54,14	61,38	64,76	
16	23,29	53,57	61,13	64,76	
Total	346,93	540,76	563,91	583,44	GT=2035,04
Promedio	38,55	60,08	62,66	64,83	

Fuente. Autor

5.1 Análisis de varianza para el color

Hipótesis:

Ho: “La concentración de almidón en el recubrimiento aplicado no interviene en el color de los tomates”.

Ha: “La concentración de almidón en el recubrimiento aplicado interviene en el color de los tomates”.

El Cuadro 23, muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza del color de la cascara de los tomates:

Cuadro 23. Resultados del análisis de varianza del color de los tomates I

	Sc	CM	Fc	Ft
Total	6590,52	-		
Tratamiento	3981,28	1327,09	16,28	2,904
Error	2609,23	81,54		

Fuente. Autor

5.1.1 Decisión del análisis de varianza para el color. Al tener un $f_c = 16,28 > f_t = 2,904$, se acepta la hipótesis alterna, que indica que la concentración de almidón en el recubrimiento aplicado interviene en el color de los tomates, por esta razón, es necesario aplicar la prueba de promedios para saber si hay diferencia entre los tratamientos.

5.2 Prueba de promedios (Duncan) para el color

El Cuadro 24, muestra las diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos y cuál de ellos tiene mayor incidencia sobre la variable analizada:

Cuadro 24. Prueba de promedios para el color del tomate I

	T4	T3	T2	T1
Promedio	64,83	62,66	60,08	38,55
38,55	26,28	24,11	21,53	0
DMS	3,116	3,034	2,884	c
60,08	4,75	2,58	0	
DMS	3,034	2,884	b	
62,66	2,17	0		
DMS	2,884	b		
64,83	0			

Fuente. Autor

T1= c
T2= b
T3= b
T4= a

a

CONCLUSIÓN: se encontró diferencias significativas entre los tratamientos T4 y T1, sin embargo T2 y T3 no presentaron diferencias significativas entre si, por tanto el recubrimiento T4 fue el que más influyó sobre la retención del color de los tomates, seguido de T3 y T2, mientras que (T1) no presento un efecto favorable.

ANEXO B. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS HASTA EL DÍA 22 PARA LOS TRATAMIENTOS (T1, T3 Y T4).

Para el análisis estadístico hasta el día 22 de los tres tratamientos (T1, T3 y T4), se usó un Ftabulado (Ft) $(_{33}) = 2,896$ que se obtuvo tabulando valores de los grados de libertad del error entre 30 y 40 (Montgomery, 2001).

1. PÉRDIDA DE PESO

El siguiente cuadro muestra los datos promedios de la pérdida de peso de los tomates para cada tratamiento:

Cuadro 25. Pérdida de peso (%) del tomate II

Día de seguimiento	T1	T3	T4	
0	0,00	0,00	0,00	
2	4,17	0,00	0,00	
4	4,17	3,70	0,00	
6	7,69	4,17	0,00	
8	7,69	4,55	3,85	
10	8,00	7,69	3,70	
12	8,00	7,69	7,41	
14	11,11	8,33	8,00	
16	11,11	8,33	8,00	
18	12,00	8,33	8,00	
20	12,50	10,71	8,00	
22	14,81	10,71	8,00	
Total	101,25	73,55	55,62	GT= 230,42
Promedio	8,44	6,18	4,58	

Fuente. Autor

1.1 Análisis de varianza para la pérdida de peso.

Hipótesis:

Nula: “La concentración de almidón en el recubrimiento aplicado no interviene en la retención del peso de los tomates”.

Alternante: “La concentración de almidón en el recubrimiento aplicado interviene en la retención del peso de los tomates”.

El Cuadro 26, muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza de la pérdida de peso del tomate:

Cuadro 26. Resultados del análisis de varianza de la pérdida de peso del tomate II

	Sc	CM	Fc	Ft
Total	578,34	-		
Tratamiento	88,08	44,04	13,42	2,896
Error	108,56	3,28		

Fuente. Autor

1.1.1 Decisión del análisis de varianza para la pérdida de peso. Como se tiene un $f_c = 13,42 > f_t = 2,896$, se acepta la hipótesis alterna, que indica que la concentración de almidón en el recubrimiento aplicado incidió sobre la retención del peso de los tomates, por esta razón, es necesario aplicar la prueba de promedios para saber si hay diferencia entre los tratamientos.

1.2 Prueba de promedios (Duncan) para la pérdida de peso.

El Cuadro 27, muestra las diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos y cuál de ellos tiene mayor incidencia sobre la variable analizada:

Cuadro 27. Prueba de promedios para la pérdida de peso del tomate II

	T4	T3	T1	
Promedio	4,58	6,18	8,44	
8,44	3,86	2,26	0	T1= c T3= b T4= a
DMS	0,45	0,43	c	
6,18	1,6	0		
DMS	0,43	b		
4,58	0			

Fuente. Autor

Conclusión: se encontró diferencias significativas entre cada tratamiento dando como resultado que T4 fue el que más influyó en la retención del peso de los tomates, seguido del recubrimiento T3, mientras que T1 no presentó efecto favorable.

2. TASA DE RESPIRACIÓN

El siguiente cuadro muestra los datos promedios de la tasa de respiración de los tomates para cada tratamiento:

Cuadro 28. Tasa de respiración (mg CO₂/Kgh) del tomate II

Día de seguimiento	T1	T3	T4	
0	0,0122	0,0122	0,0122	
2	0,0204	0,0171	0,0139	
4	0,0212	0,0173	0,0151	
6	0,0215	0,0179	0,0153	
8	0,0230	0,0186	0,0163	
10	0,0230	0,0190	0,0171	
12	0,0235	0,0196	0,0181	
14	0,0249	0,0198	0,0201	
16	0,0251	0,0202	0,0211	
18	0,0262	0,0242	0,0235	
20	0,0301	0,0296	0,0247	
22	0,0365	0,0334	0,0329	
Total	0,2876	0,2488	0,2303	GT= 0,7668
Promedio	0,0240	0,0207	0,0192	

Fuente. Autor

2.1 Análisis de varianza para la tasa de respiración.

Hipótesis:

Nula: “La concentración de almidón en el recubrimiento aplicado no interviene en la tasa de respiración del tomate”.

Alternante: “La concentración de almidón en el recubrimiento aplicado interviene en la tasa de respiración del tomate”.

El Cuadro 29, muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza de la tasa de respiración del tomate:

Cuadro 29. Resultados del análisis de varianza de la tasa de respiración del tomate II

	Sc	CM	Fc	Ft
Total	$1,6 * 10^{-3}$	-		
Tratamiento	$4,75 * 10^{-4}$	$2,375 * 10^{-4}$	6,96	2,896
Error	$1,125 * 10^{-3}$	$3,41 * 10^{-5}$		

Fuente. Autor

2.1.1 Decisión del análisis de varianza para la tasa de respiración. Al tener un $f_c = 6,96 > f_t = 2,904$, se acepta la hipótesis alterna que indica que la concentración de almidón en el recubrimiento aplicado interviene en la tasa de respiración del tomate, por esta razón, es necesario aplicar la prueba de promedios para saber si hay diferencia entre los tratamientos.

2.2 Prueba de promedios (Duncan)

El Cuadro 30, muestra las diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos y cuál de ellos tiene mayor incidencia sobre la variable analizada:

Cuadro 30. Prueba de promedios para la tasa de respiración de los tomates II

	T4	T3	T1	
Promedio	0,0192	0,0207	0,024	
0,024	0,0048	0,0033	0	
DMS	0,00148	0,001403	c	T1= c
0,0207	0,0015	0		T3= b
DMS	0,001403	b		T4= a
0,0192	0			

Fuente. Autor

a

Conclusión: se encontró diferencias significativas entre los tratamientos dando como resultado que T4 fue el que más influyó sobre la retención de la tasa de respiración de los tomates, seguido de T3, mientras que T1 no presentó efecto favorable.

3. GRADOS BRUX

El siguiente cuadro muestra los datos promedios de los grados Brix de los tomates para cada tratamiento:

Cuadro 31. Grados Brix del tomate II

Día de seguimiento	T1	T3	T4
0	3	3,0	3,0
2	4,3	3,1	3,0
4	4,5	3,2	3,1
6	4,4	3,4	3,4
8	4,9	3,7	3,6

Fuente. Autor

Cuadro 31. (Continuación)

10	4,9	4,0	3,8	
12	5,0	4,0	3,8	
14	5,0	4,2	3,8	
16	5,1	4,2	4,0	
18	5,2	5,0	4,2	
20	5,2	5,0	4,2	
22	5,2	5,0	4,4	
Total	56,66	47,80	44,30	GT=148,76
Promedio	4,72	3,98	3,69	

Fuente. Autor

3.1 Análisis de varianza para los Grados Brix.

Hipótesis:

Nula: “La concentración de almidón en el recubrimiento aplicado no interviene en el retraso del incremento de los grados Brix de los tomates”.

Alternativa: “La concentración de almidón en el recubrimiento aplicado interviene en el retraso del incremento de los grados Brix de los tomates”.

El Cuadro 32, muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza de los Grados Brix del tomate:

Cuadro 32. Resultados del análisis de varianza de los Grados Brix del tomate II

	Sc	CM	Fc	Ft
Total	31,8	-		
Tratamiento	6,72	3,36	4,42	2,896
Error	25,08	0,76		

Fuente. Autor

3.1.1 Decisión del análisis de varianza para los Grados Brix. Al tener un $f_c = 4,42 > f_t = 2,89$, se acepta la hipótesis alternativa, que indica que la concentración de almidón en el recubrimiento aplicado interviene en el retraso del incremento de los grados Brix de los tomates, por esta razón, es necesario aplicar la prueba de promedios para saber si hay diferencia entre los tratamientos.

3.2 Prueba de promedios (Duncan) para los Grados Brix

El Cuadro 33, muestra las diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos y cuál de ellos tiene mayor incidencia sobre la variable analizada:

Cuadro 33. Prueba de promedios para los Grados Brix del tomate II

	T4	T3	T1	
Promedio	3,69	3,98	4,72	
4,72	1,03	0,74	0	T1= c T3= b T4= a
DMS	0,22	0,21	c	
3,98	0,29	0		
DMS	0,21	b		
3,69	0			

Fuente. Autor

a

Conclusión: se encontró diferencias significativas entre cada tratamiento dando como resultado que T4 fue el que más influyó en el retraso del incremento de los °Brix de los tomates, seguido de T3, mientras que T1 no presentó efecto favorable.

4. FUERZA ANTE LA COMPRESION

El siguiente cuadro muestra los datos promedios de la fuerza ejercida por los tomates ante la compresión para cada tratamiento:

Cuadro 34. Fuerza ante la compresión (N) del tomate en los tratamientos II

Día de seguimiento	T1	T3	T4
0	18,813	18,813	18,813
2	15,790	15,290	16,567
4	15,197	15,183	16,497
6	12,300	15,173	14,473
8	8,080	14,490	14,097
10	6,593	13,390	13,797
12	6,233	11,940	13,057
14	4,770	11,110	12,297
16	3,430	9,633	11,413
18	2,960	9,537	11,143
20	2,710	9,533	10,557

Fuente. Autor

Cuadro 34. (Continuación)

22	2,537	5,793	8,910	
Total	99,41	149,89	161,62	GT= 410,92
Promedio	8,28	12,49	13,47	

Fuente. Autor

4.1 Análisis de varianza de la fuerza ante la compresión

Hipótesis:

Nula: “La concentración de almidón en el recubrimiento aplicado no interviene en la fuerza ante la compresión de los tomates”.

Alternativa: “La concentración de almidón en el recubrimiento aplicado interviene interviene en la fuerza ante la compresión de los tomates”.

El cuadro 35, muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza la fuerza ante la compresión del tomate:

Cuadro 35. Resultados del análisis de varianza de la fuerza ante la compresión del tomate II

Total	679,25	-		
Tratamiento	182,08	91,04	6,05	2,896
Error	497,17	15,06		

Fuente. Autor

4.1.1 Decisión del análisis de varianza para la fuerza ante la compresión. Al tener un $f_c = 6,05 > f_t = 2,904$, se acepta la hipótesis alternativa que indica que la concentración de almidón en el recubrimiento aplicado interviene en la fuerza ante la compresión de los tomates, por esta razón, es necesario aplicar la prueba de promedios para saber si hay diferencia entre los tratamientos.

4.2 Prueba de promedios (Duncan) para la fuerza ante la compresión

El Cuadro 36, muestra las diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos y cuál de ellos tiene mayor incidencia sobre la variable analizada:

Cuadro 36. Prueba de promedios de la fuerza ante la compresión de los tomates II

	T4	T3	T1	
Promedio	13,47	12,49	8,28	
8,28	5,19	4,21	0	T1= c T3= b T4= a
DMS	0,97	0,92	c	
12,49	0,98	0		
DMS	0,92	b		
13,47	0			

Fuente. Autor

a

Conclusión: se encontró diferencias significativas entre cada tratamiento dando como resultado que T4 fue el que más influyó sobre la fuerza ante la retención de los tomates, seguido de T3, mientras que T1 no presentó efecto favorable.

5. COLOR

El siguiente cuadro muestra los datos promedios del color de los tomates para cada tratamiento:

Cuadro 37. Color de los tomates II

Día de seguimiento	T1	T3	T4	
0	64,87	64,87	64,87	
2	63,00	64,55	64,87	
4	54,04	64,40	64,87	
6	39,24	62,71	64,87	
8	30,60	61,78	64,84	
10	25,38	61,67	64,84	
12	23,40	61,42	64,76	
14	23,11	61,38	64,76	
16	23,29	61,13	64,76	
18	23,22	61,13	64,66	
20	23,11	61,02	64,58	
22	22,72	60,84	64,55	
Total	415,98	746,90	777,23	GT= 1940,11
Promedio	34,67	62,24	64,77	

Fuente. Autor

5.1 Análisis de varianza para el color

Hipótesis:

Ho: “La concentración de almidón en el recubrimiento aplicado no interviene en el color de los tomates”.

Ha: “La concentración de almidón en el recubrimiento aplicado interviene en el color de los tomates”.

El Cuadro 38, muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza del color de la cascara de los tomates:

Cuadro 38. Resultados del análisis de varianza del color de los tomates II

	Sc	CM	Fc	Ft
Total	9728,9	-		
Tratamiento	6692,48	3346,24	36,36	2,896
Error	3036,42	92,013		

Fuente. Autor

5.1.1 Decisión del análisis de varianza para el color. Al tener un $f_c = 36,36 > f_t = 2,896$, se acepta la hipótesis alterna que indica que la concentración de almidón en el recubrimiento aplicado interviene en el color de los tomates, por esta razón, es necesario aplicar la prueba de promedios para saber si hay diferencia entre los tratamientos.

5.2 Prueba de promedios (Duncan) para el color

El Cuadro 39, muestra las diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos y cuál de ellos tiene mayor incidencia sobre la variable analizada:

Cuadro 39. Prueba de promedios del color del tomate II

	T4	T3	T1	
Promedio	64,77	62,24	34,67	
34,67	30,1	27,57	0	T1= b T3= a T4= a
DMS	3,06	2,91	b	
62,24	2,53	0		
DMS	2,91	a		
64,77	0			
Fuente. Autor	a			

Conclusión: no se encontró diferencias significativas entre T3 y T4 por lo que se puede inferir que ambos tratamientos tienen el mismo efecto sobre la retención del color de los tomates, mientras que T1 no presentó un efecto favorable.