

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y
AGROINDUSTRIA**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS
COMESTIBLES EN LA CALIDAD POSCOSECHA DE TOMATE DE
ÁRBOL (*Solanum betaceum* Cav.)**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**ANDREA XIMENA CASTRO PARRA
andrexime14@hotmail.com**

**DIRECTORA: ING. SILVIA VALENCIA, Ph.D.
silvia.valencia@epn.edu.ec**

Quito, abril 2013

© Escuela Politécnica Nacional (2013)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Andrea Ximena Castro Parra, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Andrea Ximena Castro Parra

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Andrea Ximena Castro Parra, bajo mi supervisión.

Ing. Silvia Valencia, Ph.D.
DIRECTORA DE PROYECTO

AUSPICIO

La presente investigación contó con el auspicio financiero del Proyecto Interno PII-DECAB-001-2011, "Efecto de la aplicación de recubrimientos comestibles en la calidad poscosecha de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.)", que se ejecutó en el Departamento de Ciencias de Alimentos y Biotecnología (DECAB).

AGRADECIMIENTO

Gracias al DECAB (Departamento de Ciencias de Alimentos y Biotecnología) y a la Escuela Politécnica Nacional por el apoyo financiero para el desarrollo de esta investigación, en favor del aprendizaje y conocimiento

Al culminar esta etapa agradezco de manera especial a la Dra. Silvia Valencia quien me ha brindado un apoyo incondicional, con su tiempo, paciencia, conocimiento y consejos, muchas gracias. Además agradezco al Ing. Pablo Pólit, a la Dra. Katty Vasco y al Ing. Oswaldo Acuña por sus conocimientos, que han apoyado el desarrollo de esta investigación. A los cuatro gracias por su espíritu integro de enseñanza.

Extiendo un agradecimiento a Don Héctor Ortiz por su colaboración técnica en la planta piloto, durante la parte práctica de esta investigación.

Gracias a mis padres Sandra y Rodrigo y a mis hermanos Rodrigo y Estefanny, por todo su amor, cariño y apoyo sin medidas durante todo este tiempo y por ser mis ejemplos de sencillez, alegría, sinceridad y esfuerzo.

Agradezco a Ricky por ser una de las personas que más me ha apoyado durante todo esta etapa, que la hemos compartido juntos extraordinariamente con mucho amor, sinceridad, alegría y valiosos consejos. Mil gracias mi amor...

A mis profesores de carrera, gracias por dejar en nosotros parte de su conocimiento y experiencia.

Con mucha gratitud y cariño agradezco a mis amigos (as) y compañeros (as), Andrés, Eduardo, Tania por su apoyo durante la ejecución del experimento, Andre, Gina, Gaby, Esthelita y Carlitos por todo lo compartido y aprendido durante todo este transcurso, gracias muchachos (as), son grandes personas.

Y con el respeto y fe más grande agradezco al ser que nos cuida, guía y apoya durante toda nuestra vida, Dios. Gracias por tu amor...

DEDICATORIA

A mis padres Sandra y Rodrigo por su gran amor y todo su esfuerzo, que han permitido que este sueño y etapa de mi vida se realicen. Mil gracias por apoyarme y ayudarme a lograrlo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	xiii
1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1 Generalidades del tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i> Cav.)	1
1.1.1 Cultivo de tomate de árbol	1
1.1.2 Clasificación taxonómica	2
1.1.3 Descripción botánica	2
1.1.4 Genotipos	4
1.1.5 Producción y distribución nacional	5
1.1.6 Enfermedades y plagas	6
1.1.6.1 Hongos	6
1.1.6.2 Virus, plagas y nemátodos	7
1.1.7 Composición química y nutricional, y usos del tomate del árbol	8
1.1.7.1 Composición química y nutricional del tomate de árbol	8
1.1.7.2 Usos	9
1.2 Manejo poscosecha del tomate de árbol	9
1.2.1 Cosecha	9
1.2.2 Índices de cosecha	10
1.2.3 Fisiología poscosecha	11
1.2.4 Poscosecha	15
1.2.4.1 Selección y clasificación	15
1.2.4.2 Preenfriamiento	16
1.2.4.3 Lavado y Desinfección	16
1.2.4.4 Secado	17
1.2.4.5 Empaque, transporte y distribución	17
1.2.4.6 Almacenamiento	18
1.3 Recubrimientos comestibles	18
1.3.1 Definición y propiedades de los recubrimientos comestibles	18
1.3.1.1 Definición de recubrimientos comestibles	18
1.3.1.2 Propiedades	20
1.3.2 Componentes de los recubrimientos comestibles compuestos	20
1.3.2.1 Polisacáridos	21
1.3.2.2 Proteínas	22
1.3.2.3 Lípidos	22
1.3.2.4 Resinas	22
1.3.2.5 Plastificantes, emulsionantes y otros aditivos	23
1.3.3 Recubrimientos comestibles compuestos	24
1.3.4 Aplicación de recubrimientos comestibles en el almacenamiento de frutos y hortalizas	25

2	MATERIALES Y MÉTODOS	28
2.1	Materiales	28
2.2	Preparación de los recubrimientos comestibles	29
2.2.1	Recubrimiento comestible de HPMC-lípidos	29
2.2.2	Cera comercial	30
2.2.3	Caracterización de recubrimiento comestible y cera Sta-fresh 2505	30
2.2.3.1	pH	30
2.2.3.2	Viscosidad	30
2.2.3.3	Estabilidad	31
2.3	Aplicación de recubrimientos y almacenamiento de la fruta	31
2.3.1	Aplicación de los recubrimientos	31
2.3.2	Almacenamiento de los frutos	32
2.4	Fisiología poscosecha de los frutos	32
2.5	Caracterización físico-química, sensorial y calidad visual de los frutos	33
2.5.1	Análisis físicos	33
2.5.1.1	Pérdida de peso	33
2.5.1.2	Fracturabilidad de los recubrimientos en los frutos	34
2.5.1.3	Firmeza	35
2.5.2	Análisis químicos	35
2.5.2.1	Preparación del jugo	35
2.5.2.2	Sólidos solubles totales	35
2.5.2.3	pH	35
2.5.2.4	Acidez titulable	36
2.5.3	Análisis de la calidad visual	36
2.5.3.1	Turgencia	36
2.5.3.2	Marchitez del pedúnculo	37
2.5.3.3	Daño físico y manchas	37
2.5.3.4	Podredumbre	38
2.5.3.5	Índice de apariencia general de los frutos	38
2.5.4	Análisis sensorial	39
2.5.5	Análisis estadístico	40
2.6	Estimación de costos de implementación de los tratamientos poscosecha	40
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
3.1	Determinación de pH, viscosidad y estabilidad del recubrimiento comestible y la cera comercial Sta-fresh 2505	44
3.2	Fisiología poscosecha de los frutos	46

3.3	Caracterización físico-química, sensorial y calidad visual de los frutos	49
3.3.1	Análisis físico	49
3.3.1.1	Pérdida de peso	49
3.3.1.2	Firmeza	52
3.3.2	Análisis químicos	54
3.3.2.1	Sólidos solubles totales (SST)	54
3.3.2.2	pH	56
3.3.2.3	Acidez titulable	57
3.4	Análisis de la calidad visual y fracturabilidad de los recubrimientos	59
3.4.1	Turgencia, marchitez del pedúnculo, daño físico y manchas, Podredumbre	59
3.4.2	Fracturabilidad del recubrimiento comestible a base de HPMC y lípidos y de la cera Sta-Fresh 2505	63
3.5	Análisis sensorial	64
3.5.1	Aroma, dureza y sabores extraños	64
3.5.2	Aspecto del recubrimiento	66
3.5.3	Brillo	68
3.6	Estimación de costos de implementación de los tratamientos poscosecha	70
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
4.1	Conclusiones	77
4.2	Recomendaciones	79
	BIBLIOGRAFÍA	80
	ANEXOS	96

ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
Tabla 1.1.	Superficie cosechada, producción y rendimiento del cultivo de tomate de árbol en el Ecuador	5
Tabla 1.2.	Caracterización química y nutricional del tomate de árbol	8
Tabla 1.3.	Índices de cosecha para el tomate de árbol	11
Tabla 1.4.	Categorías del tomate de árbol según el tamaño, peso y defectos	16
Tabla 2.1.	Intensidad de fracturabilidad de los recubrimientos en los frutos	34
Tabla 2.2.	Intensidad de turgencia (apariencia firme del pericarpio)	37
Tabla 2.3.	Intensidad de la marchitez del pedúnculo	37
Tabla 2.4.	Intensidad de daño físico y manchas, y podredumbre	38
Tabla 2.5.	Escala de valoración de apariencia general (calidad visual) para el tomate de árbol	39
Tabla 3.1.	Índices de evaluación de calidad visual para tomate de árbol de las variedades amarillo gigante (A) y la variedad mora (B), sin recubrir (SR) y recubiertos con recubrimiento HPMC-lípidos (RC) y con cera Sta-Fresh (SF), almacenados hasta 60 días a 5 °C y 90% de HR más 7 días a 20 °C	60
Tabla 3.2.	Evaluación de la calidad visual total de tomate de árbol de las variedades amarillo gigante (A) y la variedad mora (B), sin recubrir (SR) y recubiertos con recubrimiento HPMC-lípidos (RC) y con cera Sta-Fresh (SF), almacenados hasta 60 días a 5 °C y 90% de HR más 7 días a 20 °C	61
Tabla 3.3.	Aroma, dureza y sabores extraños de tomate de árbol de las variedades amarillo gigante (A) y la variedad mora (B), sin recubrir (SR) y recubiertos con recubrimiento HPMC-lípidos (RC) y con cera Sta-Fresh (SF), almacenados hasta 60 días a 5 °C y 90% de HR más 7 días a 20 °C	64
Tabla 3.4.	Valores del aspecto del recubrimiento de tomate de árbol de las variedades amarillo gigante (A) y la variedad mora (B), tratados con recubrimiento HPMC-lípidos (RC) y con cera Sta-Fresh (SF), almacenados a 5 °C y 90% de HR más 7 días a 20 °C	67
Tabla 3.5.	Índice de brillo de tomate de árbol de las variedades amarillo gigante (A) y la variedad mora (B), sin recubrir (SR) y tratados con recubrimiento HPMC-lípidos (RC) y con cera Sta-Fresh (SF), almacenados hasta 60 días a 5 °C y 90% de HR más 7 días a 20 °C	69

Tabla 3.6.	Rendimiento de una hectárea de tomate de árbol por cosecha	70
Tabla 3.7.	Capacidad, dimensioe y carga calórica de la cámara de refrigeración para tomate de árbol almacenado a 5 °C y 90 % H	72
Tabla 3.8.	Costo de la cámara de refrigeración para l almacenamiento del tomate de árbol a 5 °C y 90 % HR	72
Tabla 3.9.	Costos de la aplicación de recubrimiento HPMC-lípidos/cera Sta-Fresh 2505 y el costo sin aplicación de recubrimientos	75
Tabla 3.10.	Precio de una caja de 3 kg d tomate de árbol sin recubrir y recubierto con recubrimiento HPMC-lípidos/ cera Sta-Fresh	76
Tabla AXIV1.	Condiciones, dimensiones y características de los componentes e implementos de la cámara de refrigeración para el almacenamiento de tomate de árbol a 5 C y 90% HR y cálculo de la carga calórica debido a perdida en paredes	113
Tabla AXIV2.	Cálculo de la carga calórica total (kJ/día) de la cámara de refrigeración para el almacenamiento de tomate de árbol a 5 C y 90% HR por pérdida en aire de reemplazo, por motores y luces, por personas y por producto, y carga calórica total (kJ/día)	114
Tabla AXV1.	Depreciación de terreno e instalaciones, maquinaria, equipos y herramientas en la aplicación de recubrimiento para el tomate de árbol	115
Tabla AXV2.	Consumo de electricidad y agua en la aplicación de recubrimiento para el tomate de árbol	116
Tabla AXV3.	Costos de un litro de recubrimiento HPMC-lípidos	116

ÍNDICE DE FIGURAS

		PÁGINA
Figura 1.1.	Planta de tomate de árbol, hojas, flores y frutos	3
Figura 1.2.	Genotipos de tomate de árbol, de izquierda a derecha: morado gigante, amarillo gigante, morado puntón, amarillo puntón, amarillo puntón y amarillo bola	4
Figura 1.3.	Distribución de la producción de tomate de árbol en el Ecuador	6
Figura 1.4.	Tabla de color del tomate de árbol	10
Figura 1.5.	Patrón respiratorio, producción de etileno y coloración en frutos climatéricos y no climatéricos	13
Figura 1.6.	Transferencia de componentes entre el medio externo y el alimento a través del recubrimiento comestible	19
Figura 3.1.	Tasa de respiración de tomate de árbol de las variedades amarillo gigante (A) y la variedad mora (B), sin recubrir (SR) y tratados con recubrimiento comestible a base de HPMC y lípidos (RC) y con cera Sta-Fresh 2505 (SF), almacenados hasta 60 días a 5 °C y 90% de HR más 7 días a 20 °C	46
Figura 3.2.	Gráfico de medias e intervalos LSD del factor recubrimiento para la tasa de respiración de tomates de árbol sin recubrir (SR) y recubiertos con recubrimiento HPMC-lípidos (RC) y con cera Sta-Fresh (SF), almacenados hasta 60 días a 5°C y 90% HR más 7 días a 20°C	47
Figura 3.3.	Gráfico de medias e intervalos LSD del factor variedad para la tasa de respiración de tomates de árbol de las variedades amarillo gigante (A) y mora (B) almacenados hasta 60 días a 5°C y 90% HR más 7 días a 20°C	47
Figura 3.4.	Pérdida de peso (%) de tomate de árbol de las variedades amarillo gigante (A) y la variedad mora (B), sin recubrir (SR) y tratados con recubrimiento HPMC-lípidos (RC) y con cera Sta-Fresh (SF), almacenados hasta 60 días a 5 °C y 90% de HR más 7 días a 20 °C	49
Figura 3.5.	Gráfico de medias e intervalos LSD del factor recubrimiento para pérdida de peso de tomates de árbol de árbol sin recubrir (SR) y tratados con recubrimiento comestible HPMC-lípidos (RC) y con cera Sta-Fresh (SF), almacenados hasta 60 días a 5 °C y 90% de HR más 7 días a 20 °C	50

Figura 3.6.	Firmeza (N) del tomate de árbol de las variedades amarillo gigante (A) y la variedad mora (B), sin recubrir (SR) y tratados con recubrimiento HPMC-lípidos (RC) y con cera Sta-Fresh (SF), almacenados hasta 60 días a 5 °C y 90% de HR más 7 días a 20 °C	52
Figura 3.7.	Gráfico de medias e intervalos LSD del factor recubrimiento para la Firmeza (N) de tomates de árbol sin recubrir (SR) y tratados con recubrimiento HPMC-lípidos (RC) y con cera Sta-Fresh (SF), almacenados hasta 60 días a 5°C y 90% de HR más 7 días a 20 °C	53
Figura 3.8.	Gráfico de medias e intervalos LSD del factor variedad para acidez titulable de tomates de árbol de las variedades amarillo gigante (A) y mora (B) almacenados hasta 15 días a 5°C y 90% HR más 7 días a 20°C	58
Figura 3.9.	Gráfico de medias e intervalos LSD del factor variedad para acidez titulable de tomates de árbol de las variedades amarillo gigante (A) y mora (B) almacenados hasta 60 días a 5°C y 90% HR más 7 días a 20°C	58
Figura 3.10.	Fracturabilidad del recubrimiento comestible a base de HPMC y lípidos y la cera Sta-Fresh 2505 de tomate de árbol de las variedades amarillo gigante (A) y la variedad mora (B), tratados con recubrimiento comestible a base de HPMC y lípidos (RC) y con cera Sta-Fresh 2505 (SF), almacenados hasta 60 días a 5 °C y 90% de HR más 7días a 20 °C	63
Figura 3.11.	Caja de cartón para empaque de tomate de árbol con alvéolos	71
Figura 3.12.	Diagrama de flujograma de la aplicación de recubrimiento HPMC-lípidos/cera Sta-Fresh 2505 en el tomate de árbol	73
Figura AI1.	Caja de cartón para empaque de tomate de árbol	97
Figura AI2 .	Tomate de árbol en alvéolos	97
Figura AI3.	Empaque y apilamiento de tomates de árbol	98
Figura AIII.	(A) Aplicación de recubrimiento por inmersión y (B) secado del recubrimiento	100
Figura AIV.	Sistema de respiración; tablero de flujos, humidificadores y cámaras de respiración	101
Figura AVI.	Analizador rápido de CO ₂ -O ₂ Postharvest Research	103
Figura AVII.	Escala de turgencia del tomate de árbol	104
Figura AVIII.	Escala de marchitez del pedúnculo	105
Figura AIX.	(A) daños físicos y (B) manchas	106

Figura AX. Escala de podredumbre del tomate de árbol	107
Figura AXII. (A) Tomate de árbol brillante (recubierto con cera comercial Sta-Fresh 2505), y (B) tomate de árbol con aspecto opaco (sin recubrir)	110
Figura AXIII1. (A) Frutos de tomate de árbol con antracnosis u ojo de pollo, fruto de la variedad mora, sin recubrir	111
Figura AXIII2. (B) Frutos de tomate de árbol con antracnosis u ojo de pollo, fruto de la variedad amarillo gigante, sin recubrir	111
Figura AXIII3. (C) Frutos de tomate de árbol con antracnosis u ojo de pollo, fruto de la variedad amarillo gigante, recubierto con recubrimiento HPMC-lípidos	112

INDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I Empaque para el tomate de árbol	97
ANEXO II Certificado de análisis de cera comercial Sta-Fresh 2505	99
ANEXO III Aplicación del recubrimiento comestible HPMC-lípidos y cera comercial Sta-Fresh 2505	100
ANEXO IV Sistema de respiración para tomate de árbol almacenado a 5 °C y 90% HR	101
ANEXO V Cálculo del flujo de aire requerido para el análisis de la tasa de respiración del tomate de árbol almacenado a 5 °C y 90% HR	102
ANEXO VI Condiciones de trabajo del analizador de gases postharvest research para determinación de producción de CO ₂ en la respiración del tomate de árbol	103
ANEXO VII Turgencia de los frutos de tomate de árbol	104
ANEXO VIII Marchitez del pedúnculo de tomate de árbol	105
ANEXO IX Daños físicos y manchas en tomate de árbol	106
ANEXO X Podredumbre del tomate de árbol	107
ANEXO XI Formato para evaluación sensorial de frutos de tomate de árbol recubiertos y sin recubrir	108
ANEXO XII Brillo de los tomates de árbol, recubiertos y sin recubrir	110
ANEXO XIII Antracnosis del tomate de árbol recubierto y sin recubrir, almacenado a 5 °C y 90% HR	111

ANEXO XIV

Cálculo para la determinación de la carga calórica de la cámara de refrigeración el diseño de la cámara de refrigeración para el almacenamiento del tomate de árbol 113

ANEXO XVI

Costos de depreciaciones y consumo de electricidad y agua, para la aplicación de recubrimiento/cera en el tomate de árbol y costo del recubrimiento HPMC-lípidos 115

RESUMEN

La investigación tuvo por objeto estudiar el efecto de la aplicación del recubrimiento comestible compuesto a base de hidroxipropilmetilcelulosa y lípidos (HPMC-lípidos) y la cera Sta-Fresh 2505, en la calidad poscosecha del tomate de árbol (variedades amarillo gigante y mora), almacenado hasta 60 días a 5 °C, 90% HR más 7 días a 20 °C para simular el tiempo de vida en estante.

Se determinaron: la tasa respiración (TR), la pérdida de peso, la firmeza, el pH, el contenido de SST (sólidos solubles totales), la acidez titulable, la calidad visual y las características sensoriales en los frutos recubiertos y sin recubrir. Los análisis se realizaron a los 15, 30, 45 y 60 días a 5 °C más 7 días a 20 °C. Por otra parte se caracterizaron el pH, la viscosidad y la estabilidad (% fase dispersa) de las emulsiones y la fracturabilidad de los recubrimientos. Además, se estimó el costo del tratamiento poscosecha.

La TR disminuyó con la aplicación de recubrimientos en un 27 y 42% para recubrimiento HPMC-lípidos y cera, respectivamente. La pérdida de peso se redujo en un 16 y 39% para los frutos recubiertos.

La firmeza de los frutos recubiertos fue mayor que los sin recubrir en un 21 y 10%, para los frutos tratados con cera y recubrimiento, respectivamente. No existieron diferencias significativas ($p > 0,05$) para el pH, contenido de SST y acidez titulable de los frutos recubiertos y sin recubrir.

La calidad visual de los frutos recubiertos y sin recubrir al final del tiempo de almacenamiento presentó características aptas para el consumo; turgencia: ligera a medianamente deshidratados, marchitez del pedúnculo: discreta a moderada, daño físico y manchas: leve a moderado, podredumbre: leve a moderado.

Los frutos recubiertos tuvieron mayor aroma que los sin recubrir y no existió presencia de sabores extraños en todos los tratamientos. Los frutos tratados con

Sta-Fresh presentaron más dureza y brillo, y no existieron diferencias para el aspecto del recubrimiento.

El recubrimiento HPMC-lípidos presentó pH 7,1 y la fracturabilidad fue mayor que la de la cera. Los valores de estabilidad para las emulsiones fueron menores que 30% fase dispersa y los de viscosidad fueron de 15 y 25 cP para el recubrimiento y la cera.

Los precios para 3 kg de fruto empacado, recubierto y almacenado variaron entre \$ 6,0 y \$ 6,1. El precio para tomate de árbol recubierto fue menor que el precio del mercado internacional para fruto sin recubrir, esto favorece a la comercialización del fruto recubierto. A esto se suma el mejoramiento de la calidad poscosecha del fruto a través de un tratamiento amigable con el ambiente.

INTRODUCCIÓN

Los tratamientos poscosecha buscan prolongar la vida de anaquel de las frutas y mejorar su calidad. Dentro de los tratamientos poscosecha se encuentra la aplicación de recubrimientos comestibles compuestos; cuyos componentes pueden ser polisacáridos, proteínas, ceras, gomas u otros compuestos. Los recubrimientos comestibles forman capas semipermeables a la transferencia de vapor de agua y gases como el O₂ (oxígeno), CO₂ (dióxido de carbono) y N₂ (nitrógeno), su aplicación disminuye la pérdida de agua y aroma, y reduce la tasa de respiración (Grau, Fortuny y Belloso, 2011, p. 286). Debido a estos efectos se puede retardar la maduración y el deterioro de los frutos. Por otra parte a los recubrimientos comestibles se pueden añadir aditivos antimicrobianos o con compuestos nutricionales que favorecen aún más la calidad y vida de anaquel de los frutos (Grau et al., 2011, p. 286; Pérez, Regalado, Rodríguez, Barbosa y Villaseñor, 2006, p.194)

La aplicación de recubrimientos comestibles en frutos frescos es una alternativa interesante para el consumidor debido a que podrían reemplazar a los empaques plásticos, puesto que son biodegradables y amigables con el ambiente (Han, 2005, p. 245). La comunidad internacional apoya el uso de materiales que disminuyan la contaminación del medio ambiente, y fomenta las investigaciones que reducen el impacto ambiental causado por el uso de envases y empaques plásticos (Guilbert, Guillaume y Gontard, 2011, p. 629; Vargas, Pastor, Chiralt, McClements y Gonzáles, 2008, p. 498).

El tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) es un cultivo andino que atrae al mercado extranjero por su sabor agridulce y su contenido de antioxidantes (polifenoles 0,84-0,92 mg/g de pulpa, carotenoides 0,84-0,92 mg/g, vitamina C 16-17 mg/100 g y antocianinas 6,41-10,70 mg/100 g) (Revelo, 2011, p. 30). Estas características realzan el valor del fruto en el mercado internacional y lo colocan como un producto potencial para la exportación (CORPEI, 2009, p. 22). En el Ecuador la producción de tomate de árbol va en aumento, es así que la superficie sembrada en el año 2003 fue de 5 274 ha y en el 2010 de 7 172 ha (MAGAP y SIGAGRO, 2011).

En el Ecuador las ceras comerciales en ocasiones son inapropiadas para los frutos, debido al desconocimiento de las composiciones de dichas ceras. El desarrollo y aplicación de recubrimientos comestibles compuestos es un área interesante de estudio, ya que está por desarrollarse y difundirse, por lo cual el presente trabajo constituye una guía y un impulso para la aplicación de recubrimientos en productos nacionales con visión para la exportación, a los cuales se requiere añadir ventajas competitivas.

La presente investigación buscó determinar el efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible compuesto y de una cera comercial en la calidad poscosecha de tomate de árbol, para lo cual sus objetivos específicos fueron: desarrollar un recubrimiento comestible compuesto con base en derivados de celulosa y lípidos, estudiar y comparar el efecto de su aplicación y el de una cera comercial en dos variedades de tomate de árbol bajo condiciones controladas de temperatura y humedad relativa, además estudiar la fisiología poscosecha del tomate de árbol recubierto y sin recubrir, y realizar una estimación de los costos de implementación del tratamiento.

GLOSARIO

- Antocianinas:** pigmentos de colores rojos, azules y violetas disueltos en el citoplasma de las células de algunas flores y frutos, a los cuales dan coloración (REA, 2001).
- Autógama:** plantas que se fertilizan con su mismo polen (autofecundación), sin cruzarse con otras de la misma especie, manteniendo sin mucha variabilidad su material genético (Otegui, 2011).
- Carotenoides:** clase de pigmentos de coloraciones, roja, amarilla y anaranjada, presentes en algunos órganos vegetales (REA, 2001).
- Fitohormonas:** sustancias químicas producidas por células vegetales, que regulan los procesos fisiológicos de las plantas (Coletto, 1995, p. 158).
- Genotipo:** contenido genético de un organismo (Bedolla y Martín, 2003; REA, 2001, p. 182).
- Hidrocoloides:** polisacáridos o proteínas de origen vegetal o microbiano, que dispersos en agua fría o caliente producen geles o soluciones viscosas (Lojolo y Henzel, 2006, p. 149).
- Hidrofílicas:** sustancias que atraen o tienen afinidad con las moléculas de agua (Academic, 2010).
- Hidrofóbicas:** sustancias que no contactan con el agua y por tanto no son capaces de interactuar con las moléculas de agua (Fraume, 2007, p. 234).

- Mesocarpio:** capa media del fruto entre la epidermis y el hueso del fruto. Tejido carnoso que envuelve a las semillas y que generalmente es comestible (Academic, 2010; Baraona y Sancho, 1983, p. 55).
- Osmodeshidratado:** fruto deshidratado mediante deshidratación osmótica que se basa en la utilización de una solución de alta concentración de azúcar, la cual al interactuar con el fruto extrae el agua contenida en este debido a que se requiere disolver los sólidos presentes en la solución de azúcar (AMDE, 1996, p. 292; Togores, 2003, p. 464).
- Pubescente:** fruto cubierto de pelos finos y suaves (FAO, 1995, p. 5).
- Raíz fasciculada:** raíz formada por raíces de similar tamaño y grosor, sin presencia de una raíz principal (Flórez, 2009, p. 29; Gonzáles, 2006, p. 1592).
- Cutícula:** Es una membrana protectora de los frutos compuesta de una proteína llamada cutina, se encuentra en la parte externa del fruto (Bahn, Renfrew, 2007, p.219).

1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 GENERALIDADES DEL TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum* Cav.)

El tomate de árbol procede del sudeste de Venezuela y sur de Guayanas y según estudios moleculares, morfológicos y de campo también procedería del Sur de Bolivia (Tamayo, Bernal, Hicapié y Londoño, 2001, p. 3). Por otra parte, se han encontrado entre 35 y 50 especies de tomate de árbol a lo largo de la cordillera de los Andes, desde Venezuela hasta Argentina, especialmente en las zonas templadas (García, García, Medina y Lobo, 2002, p. 49).

En 1891, el tomate de árbol se introdujo en Nueva Zelanda, país que constituye el mayor productor de estos frutos. Nueva Zelanda, Australia, Kenia, Colombia, Ecuador y Perú son los mayores comercializadores mientras que en países como Chile, Argentina, Bolivia, Venezuela, Costa Rica, Guatemala, Jamaica y Brasil lo cultivan de manera marginal (Ortiz, Acevedo y Martínez, 2002, p. 19).

En el periodo del 2004 al 2008, Ecuador exportó 115 t de tomate de árbol; 57 t a España, 53 t a Estados Unidos, y 4 t a Chile, Colombia, Canadá, Francia, Holanda, Italia y Reino Unido (Banco Central del Ecuador, 2012).

1.1.1 CULTIVO DE TOMATE DE ÁRBOL

El tomate de árbol se desarrolla entre los 1 000 a 3 000 msnm a temperaturas entre 13 a 24 °C, humedades relativas de 70 a 87%, en suelos franco o franco arenosos con pH 5,5-6,5 y pluviosidades entre 600 a 1 500 mm anuales (IICA-PROCIANDINO, 1997, p. 200).

La propagación se realiza por medio de semillas o vegetativamente mediante estacas o injertos. La densidad de siembra es de 2 600 a 3 000 plantas/ha (León, Viteri y Cevallos, 2004, p. 51; Revelo M, Mora C y Gallegos G, 2008, p. 23).

El cultivo es perenne de crecimiento corto, después de 10 o 12 meses del trasplantado empieza su producción y se mantiene durante 3 a 4 años según la variedad y del manejo agronómico (IICA-PROCIANDINO, 1997, p. 200).

1.1.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

En 1995, Bohs introdujo el género *Cyphomandra* en el género *Solanum* por lo cual la clasificación taxonómica del tomate de árbol es (Román, 2005, p. 16):

Reino:	Vegetal
División:	Fanerógamas
Clase:	Dicotiledóneas
Orden:	Tubiflorales
Familia:	Solanaceae
Género:	<i>Solanum</i>
Especie:	<i>Solanum betaceum</i> Cav.
Nombre común:	Tomate de árbol (Ecuador, Colombia), Tamarillo (Nueva Zelanda y Estados Unidos).

1.1.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

El tomate de árbol es una planta arbustiva con una altura promedio de 2 a 3 m, las ramas laterales sostienen a las flores y frutos, la raíz es semileñosa y fasciculada (Amaya, Hashimoto y Julca, 2006, p. 4; Román, 2005, p. 20).

Las hojas son alternas y de forma acorazonada, de color verde oscuro con pubescencia en el envés y un tamaño de 10 a 40 cm de largo y de 4 a 12 cm de ancho (León et al., 2004, p. 51; Reina, Guzmán y Chamorro, 1998, p. 4).

Las flores son pequeñas de color rosado o blanco dispuestas en racimos. Los frutos son bayas que según la variedad tienen diferentes formas como: elipsoides,

ovoides, esféricas y puntiagudas. El pedúnculo mide alrededor de 6 cm y presenta en su parte superior el punto de abscisión. El color de su piel es rojo oscuro, anaranjado o amarillo. Sus dimensiones son de 5 a 10 cm de largo y de 4 a 5 cm de diámetro, en promedio. La pulpa es firme con coloraciones rojizas, anaranjadas, amarillas o blanquecinas, de acuerdo a estas y al tamaño se define el nombre comercial del fruto (García y García, 2001, p. 90; Román, 2005, p. 51).

Las semillas ubicadas en el centro del fruto están rodeadas por tejido mucilaginoso de sabor ácido y dividido por un tabique. Los frutos poseen entre 100 a 300 semillas según la variedad, son pequeñas, redondas y aplanadas (Amaya et al., 2006, p. 3; García, 2008, p. 16).

En la Figura 1.1 se observa la planta de tomate de árbol, y el aspecto de sus hojas, flores y frutos así como la disposición de las semillas dentro de este.



Figura 1.1. Planta de tomate de árbol, hojas, flores y frutos
(Amaya et al., 2006, p. 2)

1.1.4 GENOTIPOS

En el Ecuador los términos variedades, ecotipos o cultivares para el tomate de árbol deberían reemplazarse por el término genotipos debido a la diversidad genética a causa del entrecruzamiento de materiales genéticos de las diferentes áreas de cultivo a través de la polinización ejercida por las abejas o moscardones (León et al., 2004, p. 10; Lewis y Considine, 1999, p. 101). La variabilidad genética en el tomate de árbol no permite uniformidad en el color, tamaño y peso, lo cual es desfavorable en la comercialización (León et al., 2004, p. 10).

Existen variedades nativas de tomate de árbol como: amarillo u oro del inca (Tungurahua), criollo o redondo, criollo puntón, negro o púrpura (tomate de altura) y rojo que debido al entrecruzamiento con otras variedades han dado lugar a genotipos comerciales como: amarillo puntón, amarillo/anaranjado gigante, rojo puntón, anaranjado/amarillo redondo, anaranjado/amarillo redondo gigante, morado puntón, mora redondo y tomate veteado, algunos de los cuales se observan en la Figura 1.2 (García y García, 2001, p. 91; Román, 2005, p. 55).

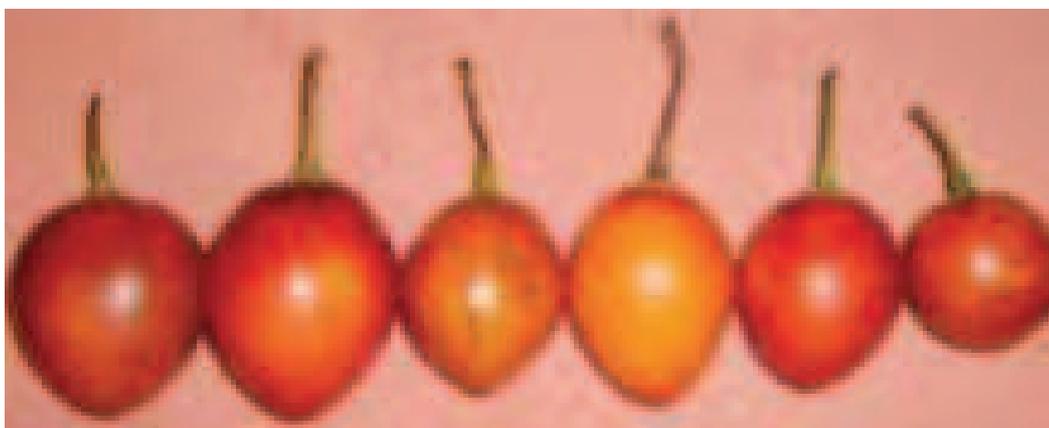


Figura 1.2. Genotipos de tomate de árbol, de izquierda a derecha: morado gigante, amarillo gigante, morado puntón, amarillo puntón, amarillo puntón y amarillo bola.
(García y García, 2001, p. 95)

El genotipo amarillo gigante es el más cultivado en Ecuador debido a su tamaño, 7 cm de largo y 6 cm de ancho y a su peso promedio de 118 g, con lo cual su

rendimiento es de 32 000 kg/ha con una densidad de siembra de 1800 plantas/ha (León et al., 2004, p. 11).

En el 2005 y 2006 se introdujo en el Ecuador el tomate mora con pulpa y tejido mucilaginoso de color rojo oscuro a morado y sabor más ácido, debido a estas cualidades es preferido en el mercado europeo y estadounidense, este genotipo tiene un peso promedio de 175 g (Román, 2005, p. 31).

1.1.5 PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN NACIONAL

La superficie cosechada de tomate de árbol en los años 2000 y 2010 fueron de 2 890 y 3 440 ha, respectivamente (MAGAP y SIGAGRO, 2011). En la Tabla 1.1 se presenta la superficie cosecha y la producción de tomate de árbol para los años 2000 al 2010 y los rendimientos respectivos.

Tabla 1.1. Superficie cosechada, producción y rendimiento del cultivo de tomate de árbol en el Ecuador

Año	Superficie cosechada (ha)	Producción en fruto fresco (t)	Rendimiento (t/ha)
2000	2 890	17 250	5,97
2001	2 776	15 465	5,57
2002	2 536	11 100	4,38
2003	2 842	23 335	8,21
2004	3 457	18 085	5,23
2005	4 741	21 580	4,55
2006	4 236	31 816	7,51
2007	1 978	12 247	6,19
2008	3 475	9 988	2,87
2009	3 263	14 324	4,39
2010	3 440	12 579	3,66

(MAGAP y SIGAGRO, 2011)

Las provincias más representativas en la producción del cultivo de tomate de árbol para el año 2009 fueron: Tungurahua (27%), Carchi (17%), Imbabura (13,7%) y Chimborazo (12,6%), como se observa en la Figura 1.3

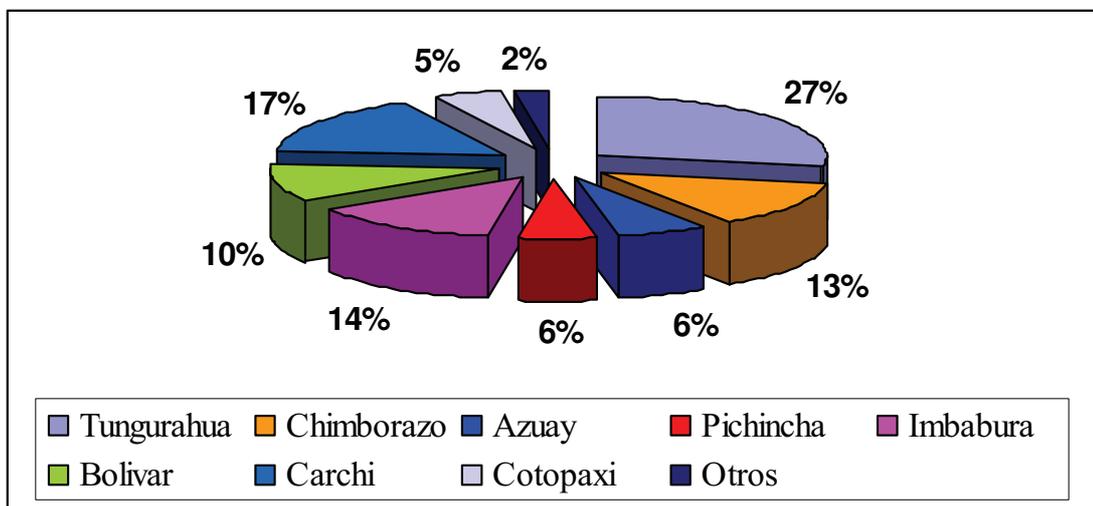


Figura 1.3. Distribución de la producción de tomate de árbol en el Ecuador (MAGAP y SIGAGRO, 2011)

1.1.6 ENFERMEDADES Y PLAGAS

El tomate de árbol es propenso al ataque de hongos que son los causantes de las enfermedades más comunes, seguido de los virus, plagas y nemátodos. El ataque de enfermedades y plagas disminuye los rendimientos y la calidad de los frutos, y aumenta los costos para el control de las afecciones hasta alrededor del 45% de los costos de producción (León et al., 2004, p. 31). El cultivo es vulnerable a las enfermedades y plagas debido al manejo poco tecnificado y a la adquisición de materiales de cultivo enfermos (Tamayo, 2001, p. 7).

1.1.6.1 Hongos

La antracnosis (*Colletotrichum gloeosporoides*) conocida como ojo de pollo es una de las enfermedades más importantes por su rápida propagación y la gravedad de

sus daños. Su incidencia es mayor en épocas de lluvia y humedades relativas mayores a 90%, con temperaturas promedio de 13-15 °C (León et al., 2004; p. 32 Revelo M et al., 2008). Los órganos afectados son los frutos, ramillas y hojas. El fruto presenta lesiones negras con bordes definidos y un centro de color rosado (Tamayo, 2001, p. 6).

Otras enfermedades causadas por hongos son: la lancha o tizón tardío (*Phytophthora infestans*), la mancha negra del tronco (*Fusarium solani*), el mildiú (*Oidium* sp.) y alternariosis (*Alternaria* sp.), estas enfermedades atacan a hojas, tallos o raíces (Hinestrosa y Peláez, 2007, p. 35; Tamayo, 2001, p. 10).

1.1.6.2 Virus, plagas y nemátodos

Los virus provocan: retardo en el desarrollo de los frutos, brotes deformes, despigmentación y enrollamiento de hojas (León et al., 2004, p. 38; Tamayo, 2001, p. 11). Estos se transmiten a través del material de cultivo (estacas e injertos) o por vectores como: pulgones, moscas blancas y saltahojas (Martínez, Cotes y Marín, 2010, p. 185).

Los pulgones o áfidos (*Myzus* sp. y *Aphis* sp.) se encuentran en el envés de las hojas y provocan deformaciones en estas (León et al., 2004, p. 40; Revelo et al., 2008, p. 2).

El chinche foliado o patón (*Leptoglossus zonatus*), endurece a los frutos afectados debido a la toxina presente en su saliva (Hinestrosa y Peláez, 2007, p. 39).

Entre los nemátodos se encuentra la enfermedad llamada nudo de la raíz causada por *Meloidogyne incognita*, ataca a la raíz con la presencia de abultamientos (nudos) que impiden la absorción de agua y nutrientes (Hinestrosa y Peláez, 2007, p. 40; León et al., 2004, p. 43).

1.1.7 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL DEL TOMATE DE ÁRBOL Y USOS

1.1.7.1 Composición química y nutricional del tomate de árbol

Según el genotipo, la caracterización física, química y nutricional del tomate de árbol es la que se muestra en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2. Caracterización química y nutricional del tomate de árbol

Análisis		Variedad amarillo gigante	Variedad morado gigante
Humedad (%)		87,2	89,2
Cenizas (%)		0,8	0,8
pH		3,8	3,5
Acidez titulable (% ácido cítrico)		1,9	1,9
Vitamina C (mg/100g)		33,0	28,0
Sólidos Solubles (° Brix)		12,7	10,7
Azúcares totales (%)		8,6	4,5
Polifenoles totales (mg/g)		0,8	0,8
Carotenoides totales (ug/g)		232,0	241,0
Azúcares (%)	Fructuosa	1,6	1,3
	Glucosa	1,4	1,2
	Sacarosa	2,2	1,9
Ácidos orgánicos (mg/g)	Ácido cítrico	7,2	9,2
	Ácido málico	1,1	No detectado
Minerales (ug/g)	Calcio	90,0	86,0
	Magnesio	1284,0	1403,0
	Potasio	3852,0	3733,0
	Fósforo	347,0	281,0
	Sodio	16,0	32,0
	Hierro	3,0	4,0
	Zinc	2,0	2,0

(Brito, Espin, Villacrés, Vaillant, Torres y Sañaicela, 2008)

El tomate de árbol posee antioxidantes, como: los carotenoides (14-23 mg/100 g de pulpa de fruto), compuestos fenólicos (350-525 mg/100 g) y antocianinas (7-10 mg/100 g) (Revelo, 2011, p. 71; Torres, 2006, p. 110). Los antioxidantes pueden proteger a las personas de las enfermedades cardiovasculares y el cáncer debido a que reducen la presencia de radicales libres y peróxidos que causan degeneración celular (Hernández y Sastre, 1999, p. 468; Zamora, 2007, p. 11).

1.1.7.2 Usos

El tomate de árbol se lo consume como fruto fresco con o sin semillas, debido a que estas son suaves y comestibles, se lo utiliza en la elaboración de jugos concentrados o clarificados, pulpas, jaleas, conservas en almíbar, néctares, helados, pasteles u otros postres, también se usa en ensaladas, guisos, sopas, salsas picantes y productos horneados (Brito et al., 2008; León et al., 2004, p. 45; Prohens et al., 1996, p. 109). Además en la investigación realizada por Jibaja (2010), se utilizó el fruto para la elaboración de hojuelas parcialmente deshidratadas con fructuosa (p. 42).

En medicina se lo utiliza para combatir la inflamación de amígdalas o anginas de forma tópica, problemas hepáticos, gripe y control del colesterol (Amaya et al., 2006, p. 7; León et al., 2004, p. 45).

1.2 MANEJO POSCOSECHA DEL TOMATE DE ÁRBOL

1.2.1 COSECHA

La cosecha de tomate de árbol inicia a los 10-12 meses después del transplante. La recolección se la realiza por la mañana (6 a 9 am), cada semana o cada quince días. En la recolección se usan tijeras, un palo con gancho o se utiliza directamente las manos, este proceso debe realizarse con ayuda de un personal

entrenado. Se debe recolectar frutos de un mismo estado de madurez (García, 2008, p. 22; Reina et al., 1998, p. 22).

El fruto se desprende en el punto de abscisión, conservando el pedúnculo para brindar protección contra el ataque de hongos y bacterias (García, 2008, p. 56; Portela, 1999, p. 39).

1.2.2 ÍNDICES DE COSECHA

Los índices para la cosecha del tomate de árbol son: físicos como la retención del color rojo o amarillo de acuerdo al genotipo. En la norma técnica colombiana las coloraciones 4 y 5 corresponde a un fruto listo para la cosecha (p. 4), como se observa en la Figura 1.4.



Figura 1.4. Tabla de color del tomate de árbol
(NTC-4105, 1997, p. 4)

En las Tabla 1.3 se observan los índices de cosecha utilizados para el tomate de árbol.

Tabla 1.3. Índices de cosecha para el tomate de árbol

Aspecto de evaluación	Parámetro de evaluación	Índice de cosecha
FÍSICO	Retención del color	rojo-amarillo
	Peso promedio (g)	107 (amarillo gigante) 176 (morado)
	Diámetro promedio (cm)	5,5 (amarillo gigante) 6,6 (morado)
	Firmeza (N)	18-21
QUÍMICO	Contenido de sólidos solubles totales (°Brix)	8-10
	Acidez titulable (% de ácido cítrico)	1,25-1,75
	Madurez (°Brix/% ácido cítrico)	7,5 a 8
	pH	3,3-3,5
FISIOLÓGICO	Tasa de respiración (mg CO ₂ /kg*h)	18 a 36 a 20 °C
	Producción de etileno (uL/kg*h)	0,10 a 20 °C
CRONOLÓGICO	Tiempo después de la floración (semanas)	21-24
ORGANOLÉPTICOS Y NUTRICIONALES	Aroma, sabor, aroma, dureza, contenido de azúcares, vitaminas, proteínas, lípidos y minerales.

(Gallo, 1997, p. 97; García, 2008, p. 21; Kader, 2011; León et al., 2004, p. 10; Ocampo, Barrera y Yepes, 2009, p. 5)

1.2.3 FISIOLÓGÍA POSCOSECHA

Los productos hortofrutícolas son seres vivos que llevan a cabo procesos fisiológicos de respiración, transpiración, cambios bioquímicos y estructurales (Gallo, 1997; Wills, McGlasson, Graham y Joyce, 1998, p. 29). En la cosecha los productos hortofrutícolas son separados de la fuente de nutrientes, agua y energía. Después de la cosecha los productos hortofrutícolas continúan con los procesos biológicos, y utilizan las reservas (azúcares, almidones) y el contenido

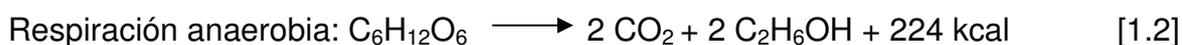
de agua para poder conservarse (Kader, 2007, p. 45; Martínez, Lee, Chaparro y Páramo, 2003, p. 9).

- **Factores que influyen en las pérdidas poscosecha**

Los frutos son susceptibles de sufrir deterioro por procesos propios del sistema biológico definidos como factores internos o biológicos y por factores relacionados a las condiciones presentes en el ambiente y lugar en el que se encuentran, llamados factores externos o ambientales (Chakraverty, Mujumdar, Raghavan y Ramaswamy, 2003, p. 455; Gallo, 1997, p. 100).

Los factores internos son la respiración, transpiración, producción de etileno y cambios en la composición bioquímica. La respiración y la producción de etileno determinan si los frutos son climatéricos o no climatéricos como el tomate de árbol, según los patrones presentados en estos dos factores, como se observa en la Figura 1.5 (Kader, 2007, p. 45; Portela, 1999, p. 36). La respiración es el proceso a través del cual se obtiene la energía necesaria para los procesos vitales del fruto (Gallo, 1997, p. 95; Martínez et al., 2003, p. 9).

La respiración es aerobia o anaerobia según la presencia o ausencia de oxígeno, y las reacciones químicas relacionadas son [1.1] y [1.2] (García, Flores y Bocardo, 2004, p. 36).



La respiración depende de: la madurez del fruto, los daños mecánicos y patológicos, la temperatura y la atmósfera circundante (concentración de O₂, CO₂, etileno y humedad relativa) (Martínez et al., 2003, p. 9; Taiz y Zeiger, 2002, p. 457).

Para cuantificar la respiración se mide la tasa de respiración (TR) que es la producción de CO_2 (mg o mL) por unidad de peso (kg) de fruto y por unidad de tiempo (h) (Kader, 2007, p. 45). Para el tomate de árbol la tasa de respiración es de 18 a 36 $\text{mg CO}_2/\text{kg}\cdot\text{h}$ a una temperatura entre 18 a 20 °C. En general, un incremento de 10 °C en la temperatura aumenta de 2 a 4 veces la tasa de respiración de los frutos (Kader, 2011; Martínez et al., 2003, p. 462).

El etileno es una fitohormona que regula el crecimiento, desarrollo, senescencia y desarrollo de la zona de abscisión de los productos hortícolas. En el tomate de árbol la producción es menor a 0,10 $\text{uL/kg}\cdot\text{h}$ a 20 °C y se mantiene constante hasta su senescencia (Kader, 2011).

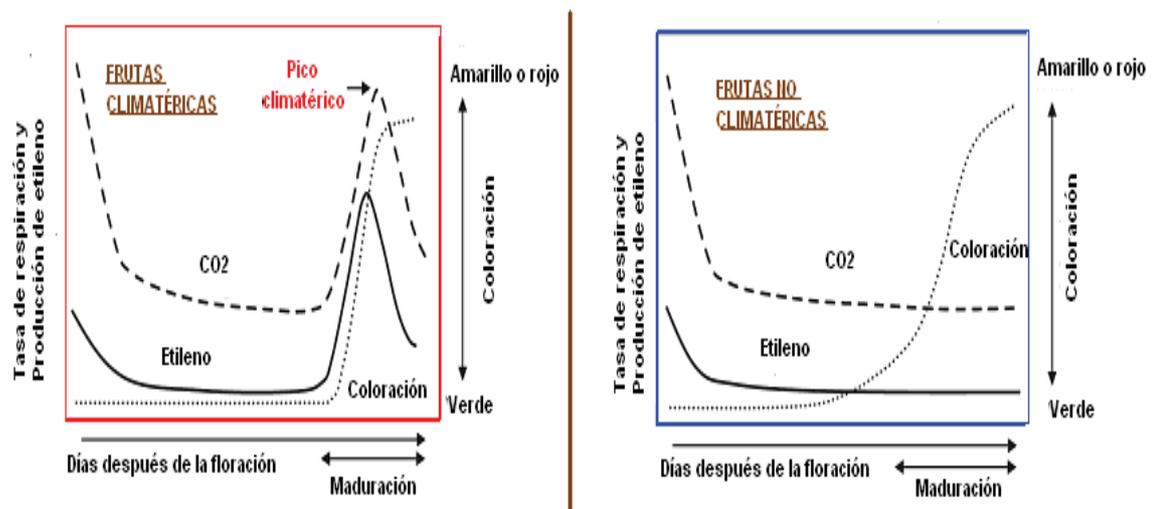


Figura 1.5. Patrón respiratorio, producción de etileno y coloración en frutos climatericos y no climatericos.

(Pua y Davey, 2010, p. 310)

Los frutos debido a la transpiración pierden agua en forma de vapor a través de la cutícula, esto provoca efectos negativos en el peso, textura, calidad nutricional y apariencia. Con sólo un 5% de pérdida de peso los frutos se presentan marchitos y arrugados (Wills et al., 1998, p. 69). El tomate de árbol a los 10 días después de la cosecha alcanza pérdidas de peso entre el 8 y 10% a temperatura ambiente (≈ 20 °C) (Márquez, Otero y Cortés, 2007, p. 15).

Para disminuir la transpiración se aplican ceras o recubrimientos comestibles que regulan la permeabilidad al vapor de agua en combinación con condiciones controladas de almacenamiento: temperatura, humedad relativa, composición y circulación del aire (Kader, 2007, p. 51). En la investigación de Contreras, Gamba y Fisher (2007), sobre las características fisicoquímicas y organolépticas de tomate de árbol de la variedad rojo común tratadas con ceras naturales, se analizó la pérdida de peso, en la cual no existieron diferencias significativas entre los frutos sin recubrir y los recubiertos con la cera CERATEC (p. 43). Revelo, (2011), en el estudio realizado sobre la evaluación de la calidad poscosecha en genotipos mejorados e injertos de tomate de árbol recomienda la aplicación de ceras para reducir la pérdida de humedad (p. 101).

Otro factor biológico que afecta la vida poscosecha de los frutos es el cambio en la composición bioquímica del fruto como: producción de pigmentos, con lo cual las coloraciones de la epidermis y la pulpa cambia a tonos amarillos y rojos, hidrólisis del almidón y solubilización de pectinas. Además se producen transformaciones en las proteínas, ácidos grasos, aminoácidos, lípidos, vitaminas y volátiles que afectan las características de sabor y aroma (Gallo, 1997, p. 95; Kader, 2007, p. 46).

Por otra parte, entre los factores ambientales o externos que afectan la vida poscosecha de los frutos se encuentran la temperatura, humedad relativa, circulación del aire, presión atmosférica, composición del aire, daños físicos (golpes, magulladuras, cortes) y patológicos (Kader, 2007, p. 49).

La temperatura influye en la velocidad de la actividad biológica, sí la temperatura es baja puede disminuir el deterioro del fruto y en caso contrario lo aumenta. La temperatura de almacenamiento recomendada para el tomate de árbol varía de 3 a 5 °C. Por debajo de los 3 °C el fruto presenta daño por frío: oscurecimiento de la piel, pulpa, pedúnculo, madurez heterogénea y decoloraciones, en cambio sobre los 5 °C hay mayor incidencia de crecimiento de microorganismos, ablandamiento de tejidos y frutos con diferentes grados de madurez (Coletto, 1995, p. 129; Hardenburg, Watada y Wang, 1988, p. 86; Kader, 2007, p. 45; Kader, 2011).

La humedad del ambiente juega un papel importante en la transpiración del producto, para el tomate de árbol la humedad relativa recomendada para el almacenamiento está entre 90 y 95%, en este intervalo la pérdida de agua y la senescencia del fruto disminuyen (Hardenburg et al., 1988, p. 86; Kader, 2011).

La disminución de la concentración de O₂ (oxígeno) hasta el 2-3% y el incremento en la concentración de CO₂ (dióxido de carbono) hasta el 3-5%, reduce la tasa de respiración (TR) (Kader, 2007, p. 53; Taiz y Zeiger, 2002, p. 462).

Los daños físicos en los frutos como el tomate de árbol pueden presentarse desde la cosecha hasta la distribución de los productos y dentro de estos están: golpes, cortes, magulladuras, abrasiones, compresiones y vibraciones que pueden promover el ataque microbiano, el incremento en la producción de etileno, la respiración y la transpiración (Gallo, 1997, p. 251; Kader, 2007, p. 48; Wills et al., 1998, p. 69).

El tomate de árbol sufre daños patológicos causados por los ataques de hongos, bacterias, virus, plagas, nemátodos, ácaros, que provocan daños como los expuestos anteriormente en el acápite 1.1.6 (Enfermedades y Plagas).

1.2.4 POSCOSECHA

1.2.4.1 Selección y clasificación

Se deben elegir los frutos que califiquen para la comercialización y el consumo, este proceso es manual con el uso de guantes de látex. Los frutos seleccionadas para consumo como fruto fresco deben estar enteros, libres de daños físicos y enfermedades, poseer una apariencia firme y turgente, tener un pedúnculo hasta el primer nudo, diámetro mínimo de 4 a 5 cm y longitud mínima de 6 cm (CODEX, 2011, p. 2; FAO, 2006; García, 2008, p.46).

En la Tabla 1.4 se presenta la clasificación al tomate de árbol en tres categorías de acuerdo al tamaño, peso promedio y defectos (CODEX, 2011, p. 2; NTC-4105, 1997, p. 4).

Tabla 1.4. Categorías del tomate de árbol según el tamaño, peso y defectos

Categoría	Tamaño	Peso promedio (g)	Defectos
Primera	Tamaño Mayor: Ø mayor 55 cm	>118	Sin daños ni golpes
Segunda	Tamaño Intermedio: Ø 46 a 54 cm	83-117	Se acepta ligeros daños físicos
Tercera	Tamaño Menor: Ø < 45 cm	< 82	Se acepta ligeros defectos

(NTC-4105, 1997, p. 4)

1.2.4.2 Preenfriamiento

Con el fin de disminuir la temperatura del producto cosechado previo a la refrigeración, se somete el producto rápidamente a condiciones de bajas temperaturas, en el caso del tomate de árbol se lo puede llevar a cabo de manera simultánea al lavado y sumergiéndolo en agua o mediante aire forzado (FAO, 2006; García, 2008, p. 45; NTC-4105, 1997, p. 7; Siller, Báez, Sañudo y Báez, 2002, p. 24).

1.2.4.3 Lavado y Desinfección

Para el lavado se sumerge o irriga agua limpia a los frutos para eliminar los residuos tóxicos de fungicidas y plaguicidas y otras impurezas (polvo, hojas, piedras, astillas de madera), luego por inmersión se los desinfecta con diferentes soluciones de Tego 51 (Dodecil-Di Glicina) al 1%, Tiabendazol a 2 500 ppm o con hipoclorito de sodio a 200 ppm durante 10 min y por último se los escurre (FAO, 2006; Reina et al., 1998, p. 31).

1.2.4.4 Secado

Los frutos deben secarse para evitar pudriciones, el lugar de almacenamiento debe ser poseer ventilación, cubiertas y estar libre de contaminantes químicos y biológicos. En ocasiones para la circulación del aire se utiliza la convección forzada si las cantidades de producto son elevadas (FAO, 2006; García, 2008, p. 52; Reina et al., 1998, p. 32).

1.2.4.5 Empaque, transporte y distribución

El empaque protege al alimento de los daños por manipulación (golpes, magullamientos, cortes, debilitamiento del pedúnculo), constituye un elemento atractivo para el consumidor y facilita la comercialización (Siller et al., 2002, p. 23). El tipo de empaque depende también del mercado, para el tomate de árbol puede ser de cajas de cartón, madera, plástico y poliestireno (FAO, 2006; García y García, 2001, p. 93). En el Ecuador la comercialización del tomate de árbol es en gavetas plásticas de 60x40x20 cm o sacos de polipropileno de 40 o 60 kg. Para el mercado internacional los frutos se comercializan en una presentación de 3 kg colocados en alvéolos de plástico, introducidos en cajas de cartón corrugado, como se observa en el Anexo I (FAO, 2006; García, 2008, p. 56; García y García, 2001, p. 95).

Dentro del transporte los factores que influyen son: distancia, tiempo, cantidad, costo y condiciones del producto, temperatura del lugar de embarque y desembarque, costo del flete, apilamiento de gavetas o de los sacos de polipropileno dentro del medio de transporte, higiene de los camiones o camionetas y material de transporte (gavetas, sacos de polipropileno) y la manipulación del personal capacitado en higiene y manejo del producto (Díaz, 2005, p. 25; García, 2008, p. 54). Para la distribución se entrega el producto a los minoristas o mayoristas, estos últimos reparten a los canales de distribución como mercados populares o supermercados (Ruano, 2005, p. 14).

1.2.4.6 Almacenamiento

Para el almacenamiento del tomate de árbol las temperaturas recomendadas están en el rango de 3 a 5 °C y 90 a 95% HR, temperaturas menores a 3 °C causan daños por frío (chilling injury) y sobre el rango aumentan los daños por hongos. A estas condiciones el fruto puede conservarse entre 6 a 10 semanas (Kader, 2011; NTC-4105, 1997, p. 7). A 7 °C y 85 a 90% HR se recomienda almacenar máximo 50 días (FAO, 2006). A temperatura ambiente el tomate de árbol dura alrededor de 10 días según la investigación de Márquez et al. (2007), con tomates de árbol almacenados a 23 °C (p. 15). Además los frutos deben estar bajo sombra, ventilado y alejado de contaminantes físicos, químicos y biológicos.

1.3 RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

El uso de recubrimientos comestibles se remonta al siglo XII en la China, donde se usaban las ceras para recubrir los frutos cítricos. A partir de 1930 se observó una renovación con el uso de ceras a base de parafina para la conservación de naranjas (Rong y Yao, 2003, p. 110; Zehuten y Bagh, 2003, p. 91).

Los recubrimientos comestibles a base de cera carnauba y candelilla dieron paso al uso de goma laca, la cual fue el compuesto más utilizado ya que proporcionaba brillo. Luego aparecieron los recubrimientos comestibles compuestos que se caracterizaron por su funcionalidad (Zehuten y Bagh, 2003, p. 92).

1.3.1 DEFINICIÓN Y PROPIEDADES DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

1.3.1.1 Definición de recubrimientos comestibles

Los recubrimientos comestibles son capas delgadas de soluciones formadas por materiales comestibles y biodegradables (polisacáridos, proteínas, lípidos,

resinas, ácidos orgánicos, etc.) que se aplican sobre el producto con el objetivo de aumentar su vida útil debido a que permiten una transferencia selectiva de gases, vapor de agua y compuestos aromáticos como se observa en la Figura 1.6, y además brindan protección contra daños mecánicos y microbiológicos, y en frituras controlan la transferencia de lípidos y grasas (Fan, Niemira, Doona, Feeherry y Gravani, 2009, p. 225; Zehuten y Bagh, 2003, p. 93).

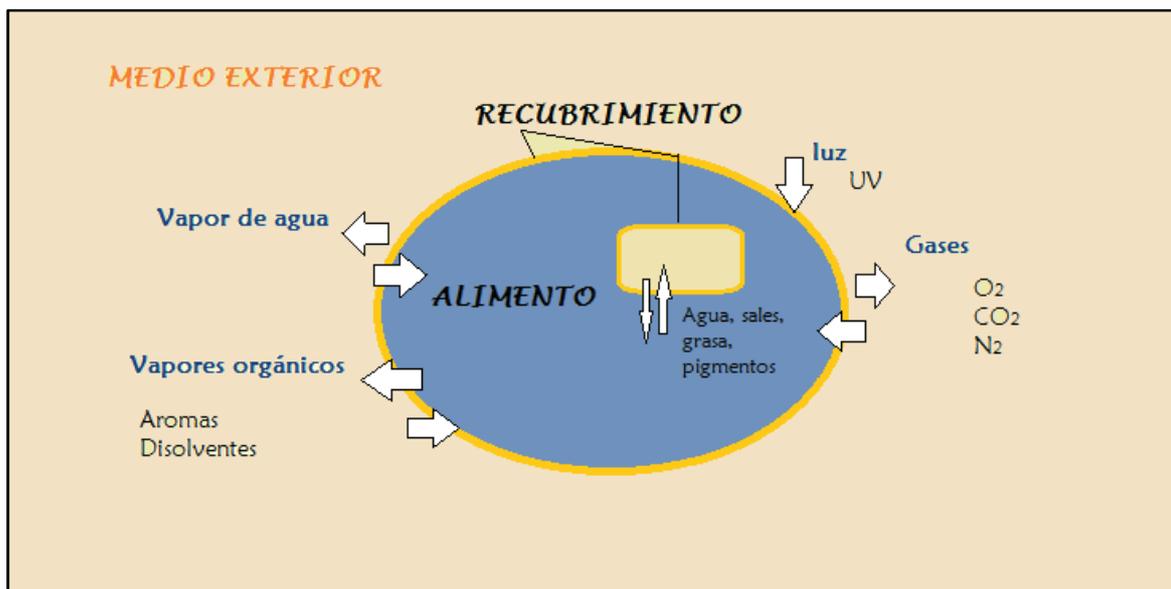


Figura 1.6. Transferencia de componentes entre el medio externo y el alimento a través del recubrimiento comestible
(Lin y Zhao, 2007, p. 62)

Los recubrimientos para su aplicación (McHug, Avena y Du, 2009, p. 226):

- No deben alterar el sabor ni el olor de los productos.
- Deben constituir una barrera en el intercambio del vapor de agua, gases (CO_2 , O_2 , N_2) y otros compuestos volátiles y no volátiles como los aromas.
- Deben ser inocuos, es decir, exentos de tóxicos, microorganismos u otros contaminantes.
- La tecnología para la elaboración y aplicación debe ser sencilla.
- Los costos de materia prima, equipos, mano de obra, etc. no deben ser altos.

1.3.1.2 Propiedades

Las propiedades funcionales de los recubrimientos comestibles que favorecen a los productos sobre los que se aplican dependen de la naturaleza de sus componentes y de las interacciones entre estos, y pueden ser las siguientes (McHug et al., 2009, p. 61; Zehuten y Bagh, 2003, p. 92).

- Disminuyen la pérdida de humedad y por ende la pérdida de peso.
- Reducen la transmisión de gases (O_2 , CO_2 y N_2), lo que disminuye la TR y controla la oxidación de los compuestos (deterioro del fruto).
- Forman una capa de atmósfera modificada en el interior del fruto.
- Controlan la migración de grasas y aceites.
- Favorecen la integridad de la superficie del alimento, protegiéndolo de las abrasiones.
- Controlan la pérdida de compuestos volátiles relacionados al olor y aroma.
- Facilitan la incorporación de aditivos al alimento como: conservantes, aromatizantes, vitaminas, minerales, antioxidantes y colorantes.
- Mejoran la apariencia (color, brillo, transparencia) del fruto recubierto.
- Disminuyen la incidencia de microorganismos (hongos, bacterias etc.) durante el almacenamiento.

1.3.2 COMPONENTES DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES COMPUESTOS

Los recubrimientos comestibles compuestos pueden estar constituidos por polisacáridos, proteínas, ceras, gomas, emulsionantes, plastificantes, antimicrobianos y componentes nutricionales. Estos compuestos son de fuentes agrícolas, marinas o de subproductos industriales. Estos componentes poseen propiedades específicas (hidrofóbicas, hidrofílicas, brillo, nutricionales, etc.) que son integradas en el recubrimiento comestible compuesto del que forman parte, dependiendo de las características que se desean obtener. Las propiedades del recubrimiento comestible compuesto depende por lo tanto de: la composición, la

naturaleza de sus componentes y la estructura final que se obtenga de la formulación (Han, 2005, p. 303).

Las dos biomoléculas que sirven de base en la elaboración de los recubrimientos comestibles son los polisacáridos y proteínas denominados hidrocoloides, que se usan como matriz de soporte y los lípidos, estos dos tipos de compuestos se usan por separado o combinados con el objetivo de integrar sus propiedades. Además de las dos biomoléculas se encuentran las resinas, emulsionantes y plastificantes que favorecen las propiedades e integridad de las emulsiones (mezcla de hidrocoloides y lípidos) (Han, 2005, p. 303; Martínez, 2003).

Existen otros compuestos que se añaden a los recubrimientos, como son: los plastificantes, emulsionantes, antimicrobianos, antioxidantes, compuestos nutricionales, saborizantes y colorantes, que proporcionan calidad, estabilidad y protección al alimento (Lin y Zhao, 2007, p. 70).

1.3.2.1 Polisacáridos

Los polisacáridos son una barrera para el O₂ y CO₂, pero son permeables al vapor de agua debido a su carácter hidrofílico, por lo cual deben combinarse con resinas y ceras. Por otra parte estos compuestos favorecen las propiedades mecánicas de los recubrimientos comestibles compuestos (Grau et al., 2011, p. 286; Rong y Yao, 2003, p. 111; Salvador, Monterde, Navarro y Cuquerella, 2003, p. 303; Zehuten y Bagh, 2003, p. 93).

Algunos de los polisacáridos más utilizados son: almidón y sus derivados, los derivados de celulosa (hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC), carboximetilcelulosa, metilcelulosa, hidroxipropilcelulosa), alginato, carragenina, pectina, quitosano, almidones (González, Ruíz, Cruz, Ayala, Rosa, y Álvarez, 2008, p. 106; Grau et al., 2011, p. 286). Los derivados de celulosa como el HPMC pueden ser disueltos en soluciones acuosas o etanol, produciendo películas solubles en agua e hidrofóbicas (Lin y Zhao, 2007, p. 66).

1.3.2.2 Proteínas

Las proteínas son componentes hidrofílicos por lo que no constituyen una barrera para el vapor de agua, pero sí para el CO₂, O₂ y N₂ (Bourtoom, 2008, p. 6). Las proteínas más utilizadas en la elaboración de recubrimientos comestibles compuestos son: la zeína (maíz), la proteína de la soya, el glúten de trigo, caseínas y albuminas (proteínas de la leche), gelatina y colágeno (Bourtoom, 2008, p. 6).

Por otra parte algunas proteínas resultan alérgicas e intolerantes para algunos consumidores lo cual constituye un limitante en su uso (Zehuten y Bagh, 2003, p. 93).

1.3.2.3 Lípidos

Los lípidos son una barrera al vapor de agua debido a su carácter hidrofóbico. Estos compuestos proporcionan flexibilidad y elasticidad a los recubrimientos pero provocan una apariencia opaca a los recubrimientos (Bourtoom, 2008, p. 4; Plackett, 2011, p. 196).

En la elaboración de recubrimientos comestibles los lípidos más utilizados son: las ceras naturales (de abeja, carnauba y candelilla), ácidos grasos (ácido esteárico), monoglicéridos acetilados, aceites (vegetales y minerales) (Plackett, 2011, p. 196).

1.3.2.4 Resinas

Las resinas además de proporcionar brillo a los recubrimientos, son una barrera para el vapor de agua y más aún para los gases, lo que puede producir una acumulación de CO₂ en el interior del fruto debido a que no puede ser transferido

al exterior, con lo cual los productos pueden presentar malos sabores y olores (Bourtoom, 2008, p. 5; Pletney, 2007, p. 284).

Dentro de las resinas se encuentran la goma xanthan, guar, garrofín y goma laca. La goma laca es segregada por el insecto (*Laccifera lacca*), entre sus componentes se encuentra el ácido aleurítico y para su dilución se utilizan alcohol y sustancias alcalinas como el amoníaco, morfina o hidróxido de sodio (Bourtoom, 2008, p. 5; Moreno, 2003, p.13).

1.3.2.5 Plastificantes, emulsionantes y otros aditivos

Los plastificantes se adicionan a los recubrimientos comestibles para proporcionar flexibilidad y disminuir la rigidez y fragilidad del recubrimiento. Estos compuestos disminuyen las fuerzas intermoleculares y mejoran las propiedades mecánicas de los recubrimientos. Por otra parte estos compuestos tienden a disminuir el brillo de los recubrimientos y aumentan la permeabilidad a los gases (Grau et al., 2011, p. 286; Han, 2005, p. 243).

Dentro de los plastificantes utilizados en los recubrimientos comestibles se encuentran: el glicerol, sorbitol, manitol, sacarosa, propilenglicol y polietilenglicol. El porcentaje que se utiliza de plastificante (glicopolietileno, sorbitol) varía entre el 10% y 60% sobre base seca de la composición total del recubrimiento comestible, dependiendo de la rigidez que posee el recubrimiento (Guilbert, 1986, p. 378).

Los emulsionantes ayudan a estabilizar la emulsión de los recubrimientos. Estas sustancias reducen la tensión superficial entre las fases hidrofóbicas e hidrofílicas lo que favorece a su interacción (Bourtoom, 2008, p. 8; Guilbert, 1986, p. 381).

Existen otros aditivos utilizados en la elaboración de recubrimientos comestibles para favorecer otras propiedades como las organolépticas, nutricionales, antimicrobianas, etc., dentro de estos se encuentran: saborizantes, pigmentos,

aditivos nutricionales, agentes antimicrobianos y antiespumantes (García, Pinotti, Martino, Zaritzky, Olivas y Barbosa, 2009, p. 221; Pletney, 2007, p. 286).

1.3.3 RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES COMPUESTOS

Los recubrimientos comestibles compuestos se los conoce también como “composites” y son aquellos que están formados por varios componentes como: polisacáridos, proteínas, lípidos, resinas, plastificantes, emulsionantes y otros aditivos (antioxidantes, antimicrobianos, nutrientes, saborizantes) con el objetivo de integrar en un solo compuesto sus características y propiedades físicas, químicas y/o biológicas; es así que un recubrimiento comestible compuesto puede: favorecer la transferencia selectiva de gases (vapor de agua, CO₂, O₂, N₂) y otros solutos, mejorar la apariencia del producto, protegerlo de las abrasiones, y aumentar el valor nutritivo y organoléptico de los productos tratados (Guilbert et al., 2011, p. 632; Han, 2005, p. 239).

Los recubrimientos comestibles compuestos pueden estar en forma de: emulsión, suspensión, dispersión de sustancias no miscibles, capas (multicapas, bicapas) o en solución. La forma más fácil es en emulsión debido a que en su utilización solo se requiere una aplicación y un proceso de secado (Bourtoom, 2008, p. 8).

Los recubrimientos en emulsión tienen una matriz hidrofílica conformada por hidrocoloides (polisacárido o proteínas) que son los que darán el soporte, y compuestos hidrofóbicos (lípidos) para formar así la emulsión. Los lípidos en el recubrimiento constituyen una barrera al vapor de agua mientras que los hidrocoloides para los gases (CO₂, O₂, N₂) (Grau et al., 2011, p. 292; Han, 2005, p. 243; Sun, 2012, p. 876).

Dentro de los polisacáridos más usados en la elaboración de los composites están los derivados de celulosa, el quitosano que posee muy buenas propiedades antifúngicas, mecánicas y de barrera a los gases, el almidón, el alginato, la carragenina y la pectina (García et al., 2009, p. 229; Guilbert et al., 2011, p. 632).

Entre las proteínas se encuentran la zeína, el gluten, la proteína del suero de leche y de soya (Guilbert et al., 2011, p. 632).

A los recubrimientos comestibles compuestos además se adicionan sustancias que favorecen la estabilidad de la emulsión (emulsionantes y surfactantes), mejoran las propiedades mecánicas (plastificantes) y aumentan el valor nutritivo del alimento (conservantes, antimicrobianos, saborizantes, vitaminas, etc.) (Lin y Zhao, 2007, p. 63; Pletney, 2007, p. 284).

La naturaleza de los componentes así como su estructura e interacciones, caracterizan las propiedades químicas, físicas, mecánicas y organolépticas del recubrimiento formado (Plackett, 2011, p. 250; Pletney, 2007, p. 284). Estos componentes deben ser los catalogados como “Generalmente reconocido como seguro” (GRAS, por sus siglas en inglés) (García et al., 2009, p. 235). Las propiedades de los recubrimientos comestibles compuestos dependen además de la concentración de los componentes y del método de elaboración (Han, 2005, p. 240).

En la elaboración de los recubrimientos comestibles compuestos, se requieren procesos que disuelvan los biopolímeros y favorezcan la interacción entre las moléculas. Los procesos pueden ser la fusión y solidificación de grasas, ceras y resinas, la agrupación simple (disolución y precipitado) y la gelatinización térmica. Los derivados de celulosa como HPMC (hidroxipropilmetilcelulosa), MC (metilcelulosa) y CMC (carboximetilcelulosa) se solubilizan a altas temperaturas, las proteínas se disuelven con alcoholes y los almidones son gelatinizados a temperaturas altas o con sustancias alcalinas (García et al., 2009, p. 235).

1.3.4 APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN EL ALMACENAMIENTO DE FRUTOS Y HORTALIZAS

Los recubrimientos comestibles son considerados los tratamientos poscosecha del futuro. En la actualidad el uso de estos ha sido extendido a muchos frutos y

hortalizas tales como, aguacate, banano, cereza, cítricos, espárrago, fresa, mango, manzana, papaya, patata, pera, zanahoria y aparte de los productos hortofrutícolas se encuentran chocolates, quesos y turrone. Se han recubierto tanto productos enteros como los mínimamente procesados. En la mayoría de aplicaciones se ha logrado la disminución de la pérdida de peso y de vitaminas, favoreciendo así al aumento de la vida útil (Bhat, Alias y Paliyath, 2012, p. 111; Grau et al., 2011, p. 292; Han, 2005, p. 250).

Una de las causas que promueven la aplicación de recubrimientos es la pérdida en algunos casos, de la cera innata de los frutos durante los procesos de limpieza, lavado y desinfección de los frutos y hortalizas (FAO, 2003, p. 30).

Para el tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) no se han usado como tratamiento poscosecha los recubrimientos comestibles, sin embargo en investigaciones acerca del manejo poscosecha y caracterización del fruto se recomienda el uso de recubrimientos, especialmente para disminuir la pérdida de humedad (Portela, 1999, p. 40; Revelo, 2011, p. 101).

La aplicación de recubrimientos puede realizarse mediante cuatro tipos de procesos que son: pulverización, inmersión y cepillado, la selección del tipo de proceso depende de factores como: las características del recubrimiento, el tipo de producto a recubrir, el espesor de la película que se requiera además de la inversión económica involucrada. Cada mecanismo de aplicación posee consideraciones especiales para su manejo. En el proceso de pulverización, la presión debe mantenerse para evitar la variabilidad del espesor, en cambio en el de inmersión se debe renovar el contenido del recubrimiento debido a la contaminación por microorganismos o solutos (Guilbert, 1986, p. 385; Robertson, 1993, p. 25).

Un aspecto importante en el uso de recubrimientos comestibles es su contribución a la protección del ambiente debido a su composición con componentes no contaminantes, renovables y biodegradables (Guilbert et al., 2011, p. 625; Han, 2005, p. 625).

En la aplicación de recubrimientos comestibles es importante el conocimiento de las fuerzas de adhesión y cohesión. La adhesión es la afinidad del recubrimiento con la superficie del producto. La cohesión por otra parte es la fuerza de atracción entre las moléculas, la cual se encuentra relacionada con la resistencia, la flexibilidad, la permeabilidad a los gases y los solutos (Guilbert, 1986, p. 382; Sun, 2012, p. 888).

En la determinación de las características y propiedades específicas de las películas/recubrimientos comestibles algunos de los análisis relacionados son: permeabilidad a los gases (vapor de agua, O₂, CO₂), estabilidad y viscosidad de la emulsión. La viscosidad de la emulsión afecta el espesor de las películas/recubrimientos y la adherencia de estas al producto (Greener y Fennema, 1994, p. 22; García et al., 2009, p. 88).

Otros parámetros son: pH, elasticidad, rugosidad, tensión superficial; por último también se analiza el color, el brillo y la translucidez (Greener y Fennema, 1994, p. 22; Nussinovitch, 2003, p. 53; Trezza y Krochta, 2000, p. 658).

El efecto de los recubrimientos sobre la calidad de los frutos está sujeta a una amplia evaluación, dentro de la cual los análisis que se realizan son:

- Fisiológicos: tasa de respiración, producción de etileno.
- Químicos: acidez titulable, pH, sólidos solubles, contenido de nutrientes.
- Físicos: dimensiones, peso, volumen, firmeza, fibrosidad, daños mecánicos, podredumbre.
- Mecánicos: fracturabilidad.
- Organolépticos: sabor, olor, firmeza, sabores extraños, dulzor, acidez, astringencia.
- Ópticos: color, brillo, aspecto del recubrimiento (homogeneidad, manchas, grietas) (Guilbert et al., 2011, p. 652; Kader, 2007, p. 69; Navarro, 2007, p. 164; Sun, 2012, p. 549).

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 MATERIALES

- **TOMATE DE ÁRBOL**

El tomate de árbol de las dos variedades, amarillo gigante y mora, se cosecharon en dos plantaciones ubicadas en las parroquias de Yaruquí y El Quinche, pertenecientes a la provincia de Pichincha. Estas poblaciones se encuentran a una altitud de 2600 msnm, con temperaturas entre 14 y 16 °C y precipitaciones de 585 a 1052 mm (INAMHI, 2006, p. 116).

La cosecha se realizó el 31 de mayo del 2011 a primeras horas de la mañana. El desprendimiento del fruto se realizó de forma manual y cuidadosa en el punto de abscisión. Los frutos fueron colocados en gavetas plásticas de 60x40x40 cm previamente lavadas y desinfectadas.

Los frutos fueron transportados hasta la Planta Piloto del Departamento de Ciencias de Alimentos y Biotecnología (DECAB) de la Escuela Politécnica Nacional (Quito-Ecuador). Posteriormente se realizó una selección de los frutos con base en los criterios de color y tamaño. Luego los frutos seleccionados se distribuyeron al azar en diferentes gavetas plásticas. La aleatorización se realizó para obtener una muestra homogénea y representativa de cada variedad de tomate de árbol, debido a que provenían de diferentes plantaciones.

A continuación, los frutos fueron lavados y desinfectados con una solución acuosa de Citrex (2 mL/L), luego se los secó con aire caliente ($T \approx 30^{\circ}\text{C}$) y se los recubrió.

2.2 PREPARACIÓN DEL RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

2.2.1 RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE HPMC-LÍPIDOS

La preparación del recubrimiento comestible a base de HPMC-lípidos (recubrimiento HPMC-lípidos), se realizó con base en la formulación elaborada por Valencia (2009), (p. 69).

Para la preparación se mezclaron la fase hidrofílica (HPMC) y la fase hidrofóbica (cera de abeja y goma laca (shellac)), la última suspendida en agua. Además se añadió glicerol (plastificante), ácido esteárico (emulsionante) y un antiespumante (Food grade 1520). El HPMC provino de Dow Chemical Co. (Estados Unidos), la cera de abeja y goma laca de Fomesa Fruitech, S.L (España), el ácido esteárico y glicerol de Panreac Química, S.A (Estados Unidos) y el antiespumante de APRODIN Cia (Ecuador). La cera de abeja y la goma laca constituyeron el 50% en base seca de todos los componentes, siendo la proporción de cera de abeja y goma laca de 1:1. Las proporciones de HPMC-glicerol y de componentes lipídicos (cera de abeja y goma laca)-ácido esteárico fueron de 2:1 y de 5:1 en base seca, respectivamente.

Para el proceso de elaboración se preparó una solución acuosa al 5% (p/p) de HPMC. La cera de abeja, glicerol, ácido esteárico, agua y dos gotas de antiespumante fueron añadidas a la solución de HPMC. La mezcla se calentó durante 5 min en el microondas hasta llegar a una T de 90 °C para fundir los componentes, luego se la mantuvo en agitación y se agregó la solución de goma laca a 90 °C. La solución de goma laca se preparó con agua a 40 °C y amoníaco con 20% de concentración (15% base seca, goma laca/amoníaco). Posteriormente toda la mezcla se homogenizó por 4 min a 10 000 rpm con un Ultra Turrax (IKA-Labotechnik, modelo T-50, Staufen). La emulsión formada se enfrió en un baño de hielo con agitación por 25 min hasta una temperatura de 25. °C y se almacenó a 5 °C hasta su utilización.

2.2.2 CERA COMERCIAL

Se utilizó la cera comercial Sta-Fresh 2505 compuesta principalmente por cera carnauba y sales de ácidos grasos de origen vegetal como se muestra en el Anexo II. El producto se adquirió en el mercado local (Trepaco S.A.) y se lo almacenó a temperatura ambiente ($T \approx 20 \text{ }^\circ\text{C}$) en un lugar fresco y con poca iluminación hasta su utilización.

2.2.3 CARACTERIZACIÓN DEL RECUBRIMIENTO HPMC-LÍPIDOS Y CERA STA-FRESH 2505

2.2.3.1 pH

Para el análisis se utilizó un pH-metro (Orion, modelo 210A, USA) previamente calibrado en un rango de pH de 7 a 10. Se utilizó 50 mL de recubrimiento HPMC-lípidos/cera Sta-Fresh (AOAC, 2005).

2.2.3.2 Viscosidad

Para la medición de la viscosidad se utilizó un reómetro (TA Instruments Ltd., AE-2000, México) bajo las siguientes condiciones de corrida:

Geometría: plato-plato de 40 mm liso

Temperatura: 20 °C

Gap (distancia entre placas): 500 μm

Se tomó como muestra aproximadamente 10 mL de recubrimiento HPMC-lípidos/cera Sta-Fresh. Los datos se reportaron en centipoise (cP).

2.2.3.3 Estabilidad

La estabilidad se determinó según el método descrito por Taherian et al., (2006) (p. 689). Se utilizó 60 mL de recubrimiento HPMC-lípidos/cera Sta-Fresh en probetas de 100 mL que se mantuvieron en una estufa (Memmert, SM 400, Alemania) por 48 h a 25 °C. Se realizaron tres réplicas. Los resultados se reportaron en porcentaje de crema (fase dispersa) según la siguiente ecuación [2.1]:

$$\% \text{ cremado} = \frac{100 \times V_C}{V_T} \quad [2.1]$$

Donde:

V_C = Volumen de crema (mL)

V_T = Volumen total (mL)

2.3 APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS Y ALMACENAMIENTO DE LA FRUTA

2.3.1 APLICACIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS

La aplicación del recubrimiento HPMC-lípido y la cera Sta-Fresh se realizó por inmersión durante 15 s a temperatura ambiente ($T \approx 20$ °C). Los frutos se sumergieron en un recipiente de 2 L, incluyendo el pedúnculo, luego fueron secados con aire comprimido sobre mallas plásticas durante 40 min a temperatura ambiente ($T \approx 20$ °C). En el Anexo III se observa la aplicación del recubrimiento HPMC-lípidos.

2.3.2 ALMACENAMIENTO DE LOS FRUTOS

Los frutos se almacenaron en gavetas plásticas que contenían una unidad experimental de 30 frutos. Para el experimento se utilizó un diseño experimental factorial mixto 3×2 (dos factores con tres y dos niveles), donde:

Factor A es el recubrimiento, y sus tres niveles fueron:

RC = recubrimiento HPMC-lípidos,

SF = cera Sta-Fresh 2505

SR = sin recubrimiento

Factor B la variedad de tomate de árbol, y sus dos niveles fueron:

A = Variedad A (amarillo gigante) y

B = Variedad B (mora).

Los frutos se almacenaron durante 15, 30, 45 y 60 días a 5 °C y 90% de HR más 7 días a 20 °C y 60% de HR para simular el tiempo de vida en estante (shelf-life).

2.4 FISIOLÓGÍA POSCOSECHA DE LOS FRUTOS

- **TASA DE RESPIRACIÓN**

Se determinó la tasa de respiración (TR) en la ciudad de Quito a una altitud de 2 800 msnm, en función de la producción de dióxido de carbono (CO₂). Se utilizó un sistema dinámico de respiración como se observa en el Anexo IV, con un flujo continuo de aire. Aproximadamente 1 kg de los frutos se almacenó en cada cámara de respiración a 5 °C y 90% de HR (tres repeticiones por cada tratamiento). El cálculo para determinar el flujo de aire requerido se presenta en el Anexo V. La determinación de CO₂ (%) se realizó a la entrada y salida de las cámaras de respiración con jeringuillas de 1 mL, al inicio y cada 4 días durante todo el periodo de almacenamiento. Este análisis se realizó con tres repeticiones en un Analizador Rápido de CO₂/O₂ (Post-Harvest Research, modelo VIA- 510,

California) provisto de un detector infrarrojo Horiba para CO₂. En el Anexo VI se observa las condiciones de trabajo del Analizador Rápido de CO₂/O₂.

Para el cálculo de la TR se utilizó la siguiente ecuación [2.2]:

$$TR = \frac{0,6 \times f \times (L_{CAM} - L_E) \times C_{STD} \times \Delta CO_2}{m \times L_{STD}} \quad [2.2]$$

Donde:

TR = Tasa de respiración (mg CO₂/kg*h)

0,6 = Constante de transformación de unidades

f = flujo de aire de la cámara (mL/min)

L_{CAM} = Medida del CO₂ del analizador a la salida de la cámara (unidades)

L_E = Medida de CO₂ del analizador a la entrada de cámara (unidades)

C_{STD} = Concentración de CO₂ en el estándar usado (% molar ó % volumen)

ΔCO₂ = Densidad del CO₂ a la presión y temperatura de trabajo (g/L)

m = Masa del producto en la cámara (kg)

L_{STD} = Medida de CO₂ del registrador del estándar usado (unidades)

2.5 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA, SENSORIAL Y CALIDAD VISUAL DE LOS FRUTOS

2.5.1 ANÁLISIS FÍSICOS

2.5.1.1 Pérdida de peso

Para el análisis se pesaron los frutos al inicio y al final de cada periodo de almacenamiento, en una balanza electrónica (BOECO, modelo BBA51, Alemania).

Se utilizaron 30 frutos por cada tratamiento y los resultados se reportaron en porcentaje de pérdida de peso según la siguiente relación [2.3]:

$$\text{Pérdida de peso (\%)} = \frac{100 \times (P_f - P_o)}{P_o} \quad [2.3]$$

Donde:

P_o = Peso inicial (g)

P_f = Peso final (g)

2.5.1.2 Fracturabilidad de los recubrimientos en los frutos

Se utilizó un método adaptado de Hagenmaier y Baker (1995), descrito por Navarro (2007), (p. 59). Con este método se cuantificó la cantidad de recubrimiento HPMC-lípidos/cera Sta-Fresh desprendida sobre una tela de color negro, luego de frotar en sentido horario el fruto cinco veces con dicha tela.

Se utilizaron cinco frutos con tres repeticiones y la calificación se basó en la puntuación de la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Intensidad de fracturabilidad de los recubrimientos en los frutos

Descripción	Puntuación
Nada	0
Ligero	1
Medio	2
Severo	3
Todo	4

(Elaboración propia)

2.5.1.3 Firmeza

Se utilizó un penetrómetro manual (McCormick Fruit Tech, modelo FT 327, Italia) con un puntal de 6 mm de diámetro y se midió en secciones previamente peladas de las caras opuestas de la zona ecuatorial de cada fruto. Los resultados se expresaron en Newton (N). Se evaluaron 25 frutos por cada tratamiento.

2.5.2 ANÁLISIS QUÍMICOS

2.5.2.1 Preparación del jugo

Se utilizaron cinco frutos, los cuales se lavaron, pelaron, cortaron y licuaron. Al jugo obtenido se filtró con el uso de una malla de tela cheescloth. Se realizaron tres repeticiones.

2.5.2.2 Sólidos solubles totales (SST)

Para la determinación de SST se utilizó un refractómetro manual (Westover, modelo RHB-32, USA) y se colocaron dos gotas del jugo preparado sobre el prisma (AOAC, 2005). Los resultados se reportaron en °Brix.

2.5.2.3 pH

El pH se midió con un pH-metro electrónico (Orion, modelo 210A, USA) calibrado en un rango de pH de 4 a 7. Se tomó 50 mL de jugo preparado y se sumergió el electrodo en la muestra hasta obtener el valor de pH (AOAC, 2005).

2.5.2.4 Acidez titulable

Para el análisis se diluyó 30 g del jugo preparado en 90 mL de agua, luego se colocó 5 mL de la dilución anterior en 50 mL de agua. La dilución obtenida se tituló con una solución de hidróxido de sodio 0,1 N hasta llegar a un pH de 8,2 (AOAC, 2005). El cálculo de la acidez titulable se basó en la siguiente relación [2.4]:

$$A = \frac{100 \times f_a \times V_{\text{NaOH}} \times N_{\text{NaOH}} \times f}{V_o} \quad [2.4]$$

Donde:

A = Acidez del producto en porcentaje de masa (% de ácido cítrico)

f_a = Factor del ácido cítrico (0,064)

V_{NaOH} = Volumen del NaOH utilizado (mL)

N_{NaOH} = Normalidad de la solución de NaOH (0,1 N)

f = Factor de corrección del NaOH (0,995)

V_o = Volumen de la muestra de jugo (mL)

2.5.3 ANÁLISIS DE LA CALIDAD VISUAL

Los parámetros evaluados en la calidad visual fueron turgencia, marchitez del pedúnculo, daño físico, manchas, y podredumbre. La muestra fue de 25 frutos por tratamiento.

2.5.3.1 Turgencia

En turgencia se evaluó si la piel (pericarpio) de todo el fruto se observaba una textura firme (sin deshidratar). En la Tabla 2.2 se muestra el puntaje para la calificación y en el Anexo VII se visualizan los grados de turgencia de acuerdo a la calificación.

Tabla 2.2. Intensidad de turgencia (apariencia firme del pericarpio)

Descripción	Puntuación
Frutos muy flácidos (muy deshidratados)	1
Deshidratados	2
Medianamente deshidratados	3
Ligeramente deshidratados	4
Turgentes (apariencia firme)	5

(Elaboración propia)

2.5.3.2 Marchitez del pedúnculo

Para este parámetro se observó la marchitez, según la coloración y la resequedad que presentaba el pedúnculo. La Tabla 2.3. es la puntuación utilizada en la evaluación y en el Anexo VIII se visualiza los estados de marchitez del pedúnculo de acuerdo a la calificación.

Tabla 2.3. Intensidad de la marchitez del pedúnculo

Descripción	Puntuación
Extremo	1
Severo	2
Moderado	3
Discreto	4
Ninguno	5

(Elaboración propia)

2.5.3.3 Daño físico y manchas

Se evaluó el porcentaje de la superficie total del fruto que presentaba golpes, cortes y manchas. Sí más de la mitad de la superficie total del fruto que

presentaba este desorden se determinó como un daño extremo. En la Tabla 2.4 se describen los niveles de intensidad para la evaluación de daño físico, manchas, y podredumbre. En el Anexo IX se observan los daños físicos y manchas de los frutos de tomate de árbol.

Tabla 2.4. Intensidad de daño físico y manchas, y podredumbre

Descripción	Puntuación
Extremo (>50% del fruto se encuentra afectada)	1
Severo (30% - 50%)	2
Moderado (10% - 30%)	3
Leve (0% - 10%)	4
Ninguna (0% del fruto se encuentra afectada)	5

(Elaboración propia)

2.5.3.4 Podredumbre

Para la evaluación se utilizó el mismo criterio de porcentaje de la superficie afectada del fruto, como la descrita en el parámetro de daño físico y manchas. Se observó el deterioro del fruto causado por la acción de patógenos. La Tabla 2.4 presenta el puntaje para la calificación y en el Anexo X se observa la podredumbre del tomate de árbol de acuerdo a esta calificación.

2.5.3.5 Índice de apariencia general de los frutos

Para la evaluación de los datos obtenidos en los aspectos de calidad visual se utilizó la siguiente ecuación [2.5] (Rodov et al., 2000, p. 262):

$$I = \frac{1n_1 + 2n_2 + 3n_3 + 4n_4 + 5n_5}{N} \quad [2.5]$$

Donde:

I = Índice de apariencia general

N = Número total de frutos evaluados

n = Número de frutos que presentaron igual característica (igual puntuación).

1-5 = Puntuación

En la Tabla 2.5 se muestran la escala de la apariencia general de los tomates de árbol de acuerdo a la valoración de los parámetros de calidad visual.

Tabla 2.5. Escala de valoración de apariencia general para el tomate de árbol

Calificación Total	Clasificación
Entre 4-5	A: Mantiene características iniciales
Entre 3-4	B: Presenta deterioro y daño, apta para consumo
< 3	C: No comerciables

(Rodov et al., 2000, p. 262)

2.5.4 ANÁLISIS SENSORIAL

El análisis sensorial se llevó a cabo con la ayuda de 12 panelistas semi-entrenados, quienes evaluaron los atributos de aroma (sabor + olor), firmeza, sabores extraños, aspecto del recubrimiento y brillo de los frutos recubiertos (Valencia, 2009, p. 134). Se usó el método de escala no-estructurada para medir la intensidad de los atributos de aroma (sabor + olor), firmeza y sabores extraños (Anzaldúa, 1994, p. 96). Para el aspecto del recubrimiento se utilizó una prueba de ordenamiento con valores del 1 al 3 (1 = Bueno; 2 = Aceptable y 3 = Malo) y para brillo se usó una prueba de ordenamiento dentro de seis casilleros. En el Anexo XI se presenta el formato de evaluación para el análisis sensorial. El Anexo

XII corresponde al grado de brillo de tomate de árbol con recubrimiento HPMC-lípidos y cera Sta-Fresh 2505.

2.5.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza multifactorial (Multifactor ANOVA) utilizando el programa STATGRAPHICS Centurion versión XV.II, con la prueba de mínima diferencia significativa (LSD intervals) y límites de confiabilidad de 95% (Gutiérrez y Vara, 2008, p. 247; Statpoint, 2005). Para el aspecto de brillo de los frutos se utilizó la prueba de Friedman la cual es recomendada por la UNE (Una Norma Española) 87023 (AENOR, 1997; Valencia, 2009, p. 135).

2.6 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS POSCOSECHA

La estimación de los costos de implementación se determinó en función de los costos de materia prima, equipos, mano de obra y servicios, relacionados con la aplicación del tratamiento y almacenamiento de los frutos recubiertos. Además, con fines comparativos se estimó el costo de los frutos sin aplicación de recubrimientos.

La estimación se calculó para un día laboral de 8 horas y la cantidad de producto para procesar fue el rendimiento de tomate de árbol por hectárea y por cosecha. Por otra parte se definieron como material de empaque cajas de cartón en presentación de 3 kg con alveólos para 25 frutos.

El costo para el recubrimiento HPMC-lípidos fue calculado con base en los costos de sus componentes para un litro de emulsión.

Se realizó un flujograma de la aplicación de recubrimientos para determinar los equipos, herramientas, número de trabajadores y suministros (luz, agua, electricidad) involucrados en el tratamiento poscosecha.

Para estimar el costo para el almacenamiento de los frutos a 5 °C y 90% HR, se diseñó una cámara de refrigeración. Para el diseño de la cámara se seleccionó y estimó el tipo, la cantidad y dimensiones de los equipos y materiales de la cámara de refrigeración de acuerdo a la cantidad y características del producto almacenado y a la temperatura de almacenamiento. Además, para conocer la capacidad de la unidad condensadora y el evaporador se determinó la cantidad de calor que se debe remover para enfriar el producto (carga calórica).

La carga calórica se calculó con base en las pérdidas de calor a través o a causa de: las paredes, el aire de reemplazo, los motores y las luces, las personas, y el producto (energía para el enfriamiento y calor de respiración producido por los frutos), más un 10% como margen de seguridad (Fernández, 2009, p. 53; IICA, 1988, p. 22). Las fórmulas utilizadas para este cálculo fueron [2.6] - [2.13]:

$$Q_{total} = Q_{paredes} + Q_{aire-reemplazo} + Q_{motores-luces} + Q_{personas} + Q_{producto} \quad [2.6]$$

Donde:

Q_{total} = carga calórica de la cámara de refrigeración

$Q_{paredes}$ = calor por paredes

$Q_{aire-reemplazo}$ = calor por aire de reemplazo

$Q_{motores-luces}$ = calor por motores y luces

$Q_{personas}$ = calor por personas

$Q_{producto}$ = calor por producto

$$Q_{\text{paredes}} = A \times R \quad [2.7]$$

Donde:

A = área de la cámara (m²)

R = factor de resistencia del material de aislamiento (kJ/día.°C.m²)

$$Q_{\text{aire-reemplazo}} = V \times \text{No. renovaciones} \quad [2.8]$$

Donde:

V = volumen (m³)

No. renovaciones = cambios del aire de la cámara por día (cambios/día)

F = calor del aire de reemplazo (kJ/m³)

$$Q_{\text{motores-luces}} = (P_M \times t \times F) + (P_L \times t \times F) \quad [2.9]$$

Donde:

P_M = potencia del motor (HP)

P_L = potencia de luces (HP o W)

t = tiempo de funcionamiento (h/día)

F = Factor de conversión (kJ/h.HP o kJ/h.W)

$$Q_{\text{personas}} = n \times t \times K \quad [2.10]$$

Donde:

n = número de personas

t = horas de trabajo en la cámara (h/día)

K = Calor disipado por las personas (kJ/h)

$$Q_{\text{productos}} = Q_{\text{extraído-producto}} + Q_{\text{respiración}} \quad [2.11]$$

$$Q_{\text{extraído-producto}} = m \times (T_{\text{ambiente}} - T_{\text{refrigeración}}) \times C_p \quad [2.12]$$

$$Q_{\text{respiración}} = m \times Q_{\text{respiración}} \quad [2.13]$$

Donde:

$Q_{\text{extraído-producto}}$ = calor extraído del producto que ingresa con T ambiente

m = masa del producto (kg/día)

C_p = Calor específico del tomate de árbol (kJ/kg*°C)

$Q_{\text{respiración}}$ = calor de respiración del tomate de árbol

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. DETERMINACIÓN DE pH, VISCOSIDAD Y ESTABILIDAD DEL RECUBRIMIENTO HPMC-LÍPIDOS Y LA CERA COMERCIAL STA-FRESH 2505

El recubrimiento HPMC-lípidos y la cera Sta-Fresh 2505 presentaron valores de pH de 7,1 y 9,7, respectivamente.

El pH varía de acuerdo a los componentes que se encuentren formando el recubrimiento comestible (Han, 2005, p. 243). Esta característica química de los recubrimientos varía de acuerdo al pH de sus componentes. Los valores de pH para los componentes del recubrimiento HPMC-lípidos son: HPMC 5,5, goma laca 6,8-7,4, y cera de abeja $6,1 \pm 2,01$ (Andueza, Ávila, Attias, 2000, p. 226; INTERFAL, 2012; Thionov, Iavtushenko, Ichilov, Iarnih, 1986, p. 2). Por otro lado, la cera Sta-Fresh está compuesta por cera carnauba que es una resina con pH alcalino, como lo indica el Anexo II.

El valor neutro de pH para el recubrimiento HPMC-lípidos permite la incorporación de compuestos ácidos o alcalinos, convirtiéndose así en un vehículo para la adición de compuestos antimicrobianos, vitaminas, sales, etc. (García et al., 2009, p. 169; Han, 2005, p. 243).

Los valores de viscosidad para el recubrimiento HPMC-lípidos y para la cera Sta-Fresh fueron 15 y 25 cP (centipoise), respectivamente. Aunque el valor de viscosidad para la cera comercial es mayor que el del recubrimiento HPMC-lípidos, estos valores se encuentran en el rango de baja viscosidad, es decir menor que 40 cP, según los rangos de viscosidad reportados por Valencia (2009), en la investigación sobre recubrimientos comestibles compuestos a base de HPMC-lípidos que contenían antifúngicos (p. 75).

A nivel industrial la aplicación de recubrimientos se realiza con aspersores, debido a lo cual los recubrimientos muy viscosos (mayores que 70 cP) a diferencia de los recubrimientos HPMC-lípidos y de la cera Sta-Fresh que presentaron baja viscosidad, provocan obstrucciones a las boquillas de los aspersores, ocasionando problemas en el proceso de aplicación. Además los recubrimientos muy viscosos aumentan el espesor del recubrimiento y el tiempo para el proceso de secado del fruto recubierto. El efecto de la viscosidad en el espesor del recubrimiento dificulta la transferencia de gases entre el fruto y el medio externo (Cisneros y Krochta, 2003, p. 509; Skurtys, Acevedo, Pedreschi, Enrione, Osorio y Aguilera, 2010, p. 51).

En las formulaciones de recubrimientos desarrolladas por Valencia (2009), los valores de viscosidad fueron entre 7 y 22 cP, la viscosidad de estas emulsiones al igual que las de la presente investigación, favorecieron a los procesos de aplicación y secado del recubrimiento, debido a la baja viscosidad por las causas expuestas en el anterior párrafo (p. 76).

La estabilidad del recubrimiento HPMC-lípidos fue menor que de la cera Sta-Fresh 2505, con valores de fase dispersa (crema separada) de 19,4% y 1,8% para el recubrimiento HPMC-lípidos y la cera Sta-Fresh, respectivamente. El recubrimiento HPMC-lípidos y la cera Sta-Fresh presentaron un porcentaje bajo de fase dispersa, es decir, menor que 30%, los valores entre 30 y 70% son porcentajes medios, y mayores que 70% son altos (Lissant, 1970, p. 142).

Los porcentajes bajos de fase dispersa del recubrimiento y la cera comercial indican que las interacciones entre los componentes de las emulsiones es fuerte y por ende las emulsiones son estables. Además, la estabilidad del recubrimiento y la cera Sta-Fresh podrían haber favorecido a las propiedades barrera, debido al efecto de la estabilidad de la emulsión en las propiedades barrera de los recubrimientos (Han, 2005, p. 243).

3.2. FISIOLÓGÍA POSCOSECHA DE LOS FRUTOS

En la Figura 3.1 se presentan los resultados de la tasa de respiración de las variedades mora y amarillo gigante del tomate de árbol recubierto y sin recubrir.

En todos los frutos se observó una TR sin etapa climatérica, es decir sin un aumento en la producción de CO₂, lo cual corresponde a frutos no climatéricos. En el estudio de Márquez et al. (2007), sobre cambios fisiológicos del tomate de árbol almacenado por 10 días a 23 °C y 65% HR, la tasa de respiración presentó el mismo comportamiento de un fruto no climatérico (p. 11).

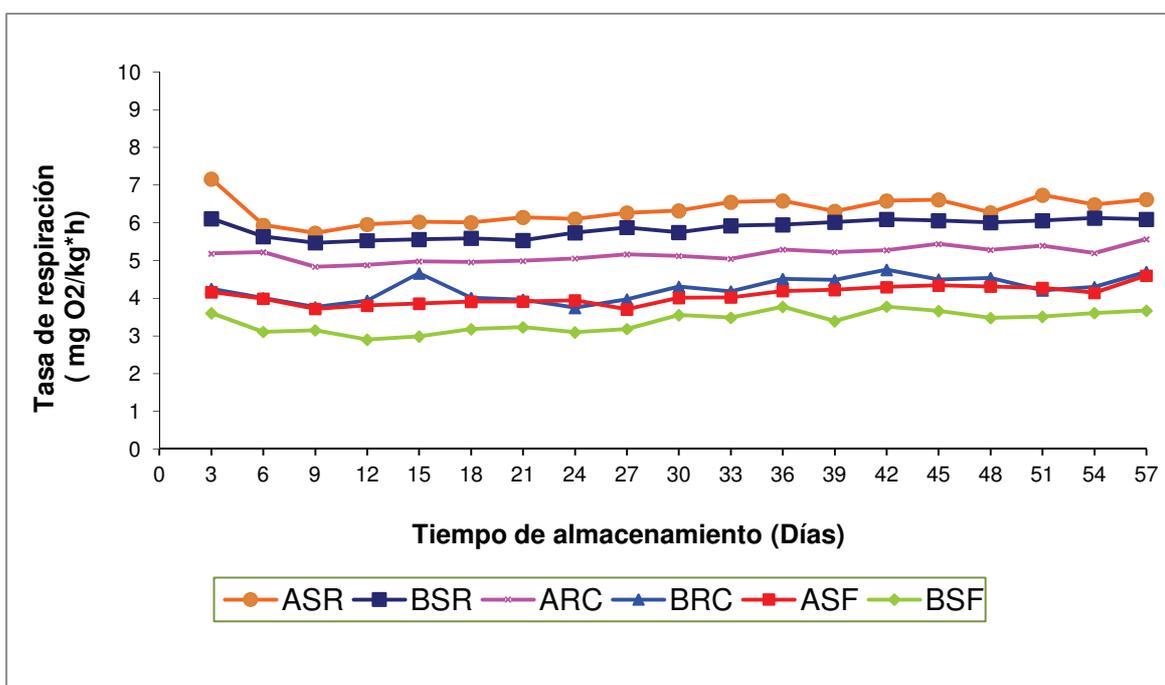


Figura 3.1. Tasa de respiración de tomate de árbol de las variedades amarillo gigante (A) y la variedad mora (B), sin recubrir (SR) y tratados con recubrimiento HPMC-lípidos (RC) y con cera Sta-Fresh (SF), almacenados hasta 60 días a 5 °C y 90% de HR más 7 días a 20 °C

En la tasa de respiración se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) para el factor recubrimiento y para el factor variedad, como se observa en las Figuras 3.2 y 3.3. Además no se encontró interacción entre los factores.

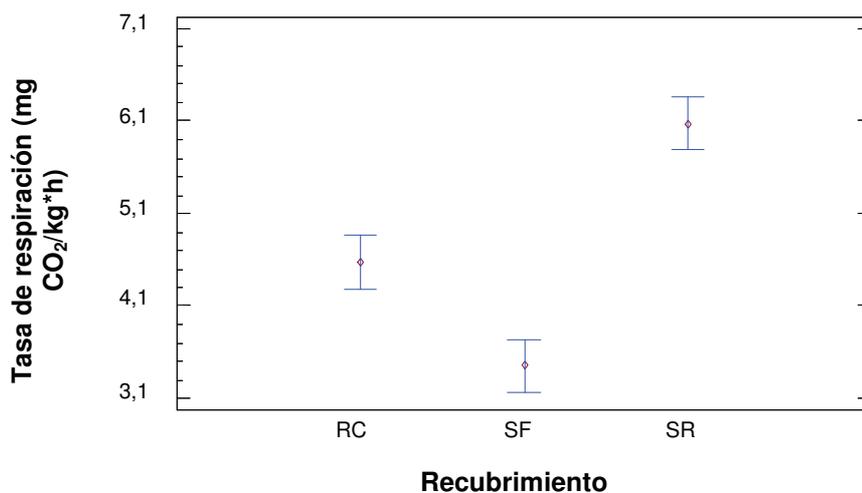


Figura 3.2. Gráfico de medias e intervalos LSD del factor recubrimiento para la tasa de respiración de tomates de árbol sin recubrir (SR) y tratados con recubrimiento HPMC-lípidos (RC) y con cera Sta-Fresh (SF), almacenados hasta 60 días a 5°C y 90% HR más 7 días a 20°C

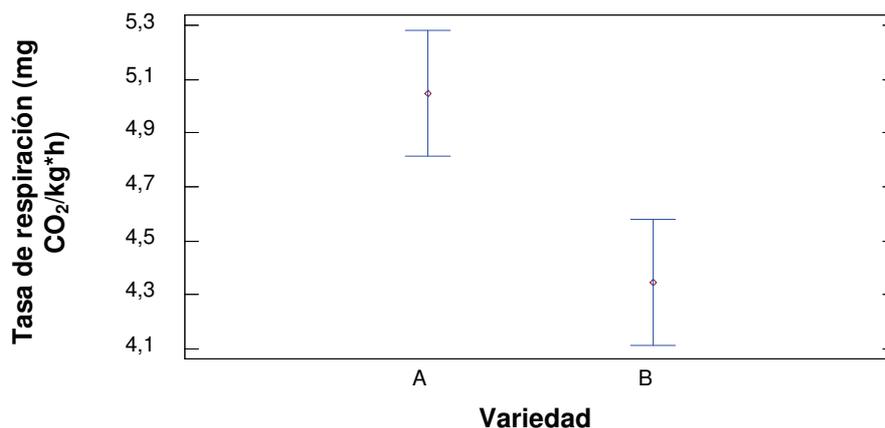


Figura 3.3. Gráfico de medias e intervalos LSD del factor variedad para la tasa de respiración de tomates de árbol de las variedades amarillo gigante (A) y mora (B) almacenados hasta 60 días a 5°C y 90% HR más 7 días a 20°C

Los frutos sin recubrir presentaron una tasa de respiración mayor que los recubiertos, confirmando el hecho de que los recubrimientos forman una barrera selectiva para los gases (O₂, CO₂ y N₂), lo que a su vez disminuye la TR (García et al., 2009, p. 201; Lin y Zhao, 2007, p. 63; Zehuten y Bagh, 2003, p. 92). Los valores al final de la experimentación (57 días 5 °C más 7 días 20 °C) fueron: 6,1 y 6,6 mg CO₂/kg*h para los frutos sin recubrir, de 4,7 y 5,6 mg CO₂/kg*h para los frutos recubiertos con HPMC-lípidos y de 3,7 y 4,6 mg CO₂/kg*h para los frutos

tratados con la cera Sta-Fresh 2505, correspondiendo el primer valor de cada tratamiento al de la variedad mora y el segundo al de la variedad amarillo gigante.

Con base en los resultados obtenidos en la presente investigación, la tasa de respiración se redujo con respecto a los frutos sin recubrir hasta valores promedios de 42% y 27% en los frutos tratados con cera Sta-Fresh y recubrimiento HPMC-lípidos, respectivamente, y siendo la variedad mora la que presentó menor tasa de respiración en todo el tiempo del almacenamiento.

En la caracterización de cuatro genotipos de tomate de árbol almacenados por 8 semanas a 4 °C y 85% HR realizada por Ávila (2007), la variedad mora presentó la menor tasa de respiración al igual que en esta investigación (p. 140). Ávila (2007), reportaron valores de 2 y 5 mg CO₂/kg*h para la variedad mora y amarillo gigante, respectivamente (p. 140). Estos valores son diferentes a los de la variedad mora de la presente investigación y cercanos para los de la variedad amarillo gigante, la tasa de respiración de los frutos sin recubrir de la presente investigación fueron de 6,1 y 6,6 mg CO₂/kg para la variedad mora y amarillo gigante, respectivamente.

En otros trabajos respecto a la aplicación de recubrimientos y ceras en productos hortofrutícolas se obtuvo de igual manera que la presente investigación, una reducción en la TR. Por ejemplo Beltrán (2004), recubrió babacos con ceras comerciales, y esto redujo la tasa de respiración entre un 30 y 50% con respecto a los frutos control (p. 52). En trabajos realizados con mangos, tomates y aguacates, la aplicación de recubrimientos y ceras se ha reportado de forma similar una disminución en la TR de los frutos recubiertos (Figueroa, Salcedo, Aguas, Olivero y Narváez, 2011, p. 386; Pérez et al., 2004, p. 24).

3.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA, SENSORIAL Y CALIDAD VISUAL DE LOS FRUTOS

3.3.1 ANÁLISIS FÍSICO

3.3.1.1 Pérdida de peso

En la Figura 3.4 se presenta la pérdida de peso durante el almacenamiento de las variedades mora y amarillo gigante del tomate de árbol recubierto y sin recubrir. La pérdida de peso se produce principalmente por los procesos de transpiración y respiración de los frutos, por lo cual pierden agua y peso (Kader, 2007, p. 47).

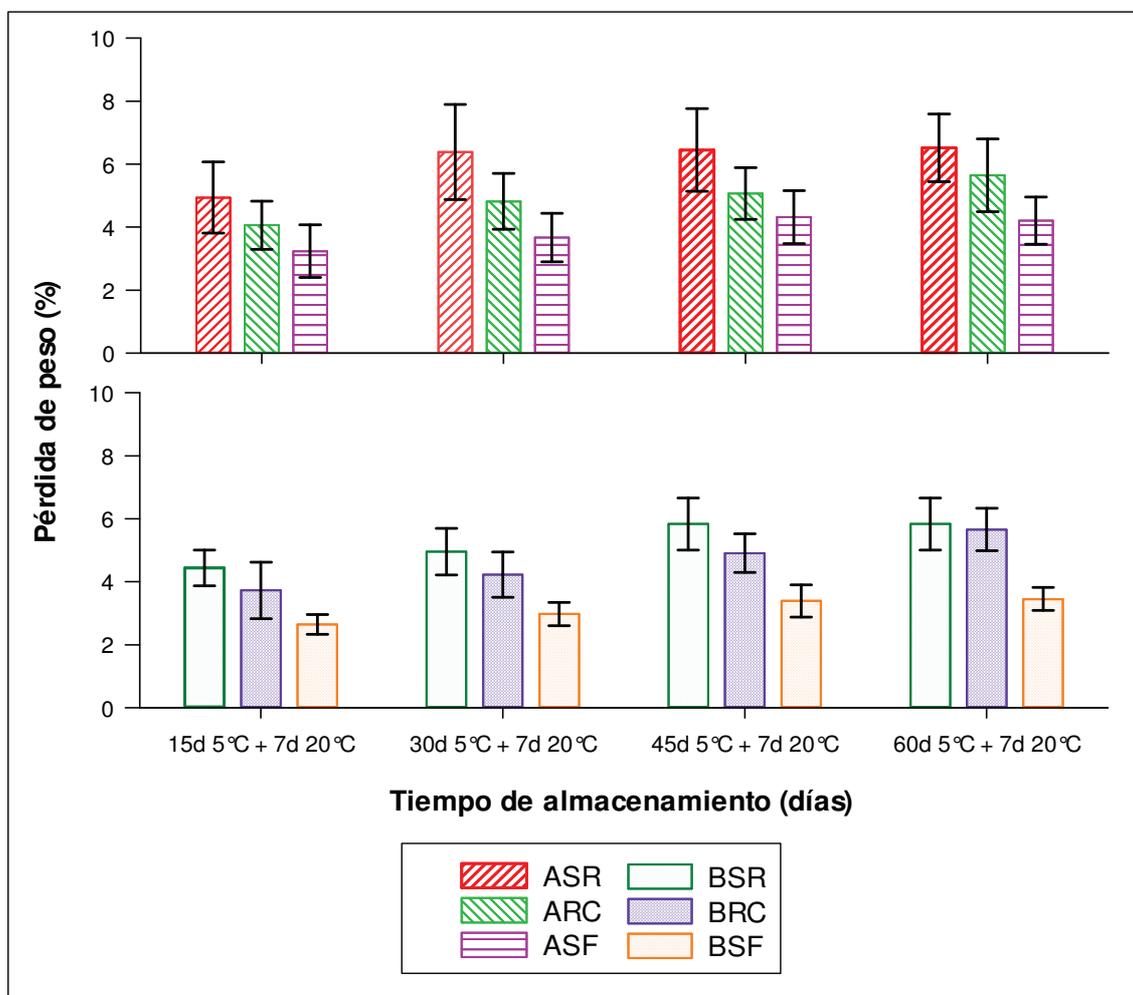


Figura 3.4. Pérdida de peso (%) de tomate de árbol de las variedades amarillo gigante (A) y la variedad mora (B), sin recubrir (SR) y tratados con recubrimiento HPMC-lípidos (RC) y cera Sta-Fresh (SF), almacenados hasta 60 días a 5 °C y 90% de HR más 7 días a 20 °C

Durante todo el tiempo de almacenamiento existieron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el factor recubrimiento como se puede observar en la Figura 3.5 y en el factor variedad.

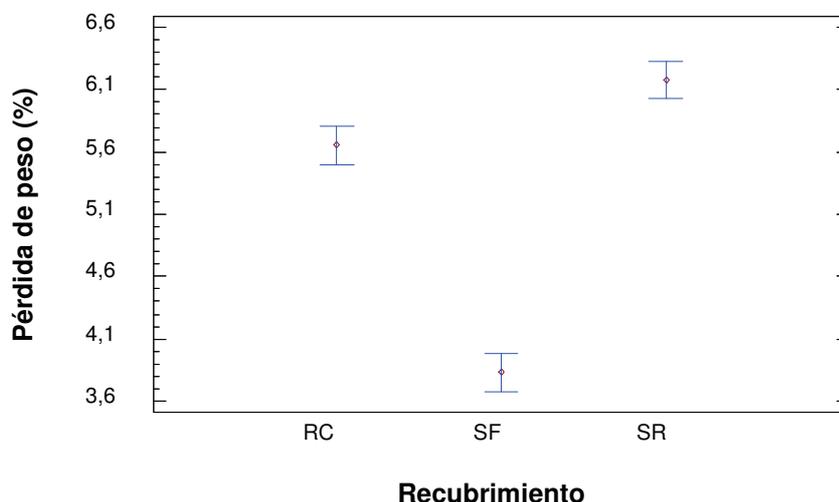


Figura 3.5. Gráfico de medias e intervalos LSD del factor recubrimiento para la pérdida de peso de tomates de árbol de árbol sin recubrir (SR) y tratados con recubrimiento comestible HPMC-lípidos (RC) y con cera Sta-Fresh (SF), almacenados hasta 60 días a 5 °C y 90% de HR más 7 días a 20 °C

En todos los periodos de almacenamiento existió un incremento de la pérdida de peso en frutos recubiertos y sin recubrir. Los frutos sin recubrir fueron los que presentaron mayor pérdida de peso, 5,0% en el primer periodo de almacenamiento (15 días a 5 °C y 90% HR más 7 días a 20 °C y 65% HR) y de 6,5% al final del almacenamiento (60 días a 5 °C y 90% HR más 7 días a 20 °C y 65% HR).

Los frutos de la variedad amarillo gigante, presentaron menor pérdida de peso que la variedad mora. En el último periodo de almacenamiento para los frutos sin recubrir los valores de pérdida de peso para la variedad mora y amarillo gigante fueron 5,9 y 6,5%, respectivamente.

Para los frutos recubiertos con recubrimiento HPMC-lípidos, los valores de pérdida de peso fueron de 3,7% en el primer periodo de almacenamiento y de 5,7% al final del almacenamiento, en la variedad mora.

Los frutos recubiertos con Sta-Fresh presentaron menor pérdida de peso que los frutos sin recubrir y que los tratados con recubrimiento HPMC-lípidos, los valores para frutos tratados con cera Sta-Fresh fueron: 2,7% en el primer periodo de almacenamiento y 4,5% al final del almacenamiento, en la variedad mora.

La pérdida de peso de los frutos tratados con cera Sta-Fresh y con recubrimiento HPMC-lípidos fue menor que los frutos sin recubrir en un 39% y 16%, respectivamente.

La pérdida de peso para los frutos tratados con cera Sta-Fresh y para los recubiertos con HPMC-lípidos pudo ser menor que de los frutos sin recubrir debido a la propiedad de barrera al vapor de agua de los recubrimientos por la presencia de compuestos hidrofóbicos (ceras y gomas) en su composición.

Los frutos recubiertos con cera Sta-Fresh 2505 presentaron menor pérdida de peso, este comportamiento podría atribuirse a la presencia de cera carnauba en su composición. La cera carnauba posee una permeabilidad al vapor de agua de $0,03 \text{ g}\cdot\text{mm}/\text{m}^2\cdot\text{d}\cdot\text{kPa}$ (kilopascal), este valor es menor que los de la de cera de abeja y goma laca presentes en el recubrimiento HPMC-lípidos, cuyos valores son de $0,05$ y $0,40\text{g}\cdot\text{mm}/\text{m}^2\cdot\text{d}\cdot\text{kPa}$ respectivamente (McHugh, Aujard y Krochta, 1994, p. 148).

La menor pérdida de peso presentada en la variedad mora en comparación con la amarillo gigante, también se presentó en el trabajo de Prohens (1996), quien reportó valores de pérdida de peso para la variedad mora y amarillo gigante de 4,8 y 5,4% (p. 110).

La presencia de los compuestos hidrofóbicos como los lípidos en los recubrimientos modifican la transferencia de vapor de agua desde los frutos (Bourtoom, 2008, p. 4; Plackett, 2011, p. 196). Debido a esto los frutos presentaron una reducción de la pérdida de peso de los frutos recubiertos en comparación con los frutos sin recubrir.

3.3.1.2 Firmeza

En todos los tratamientos, la firmeza disminuyó en el transcurso del tiempo como se observa en la Figura 3.6. La pérdida de firmeza de los productos podría deberse al deterioro de las paredes celulares en la etapa de senescencia de los frutos (Guilbert et al., 2011, p. 653).

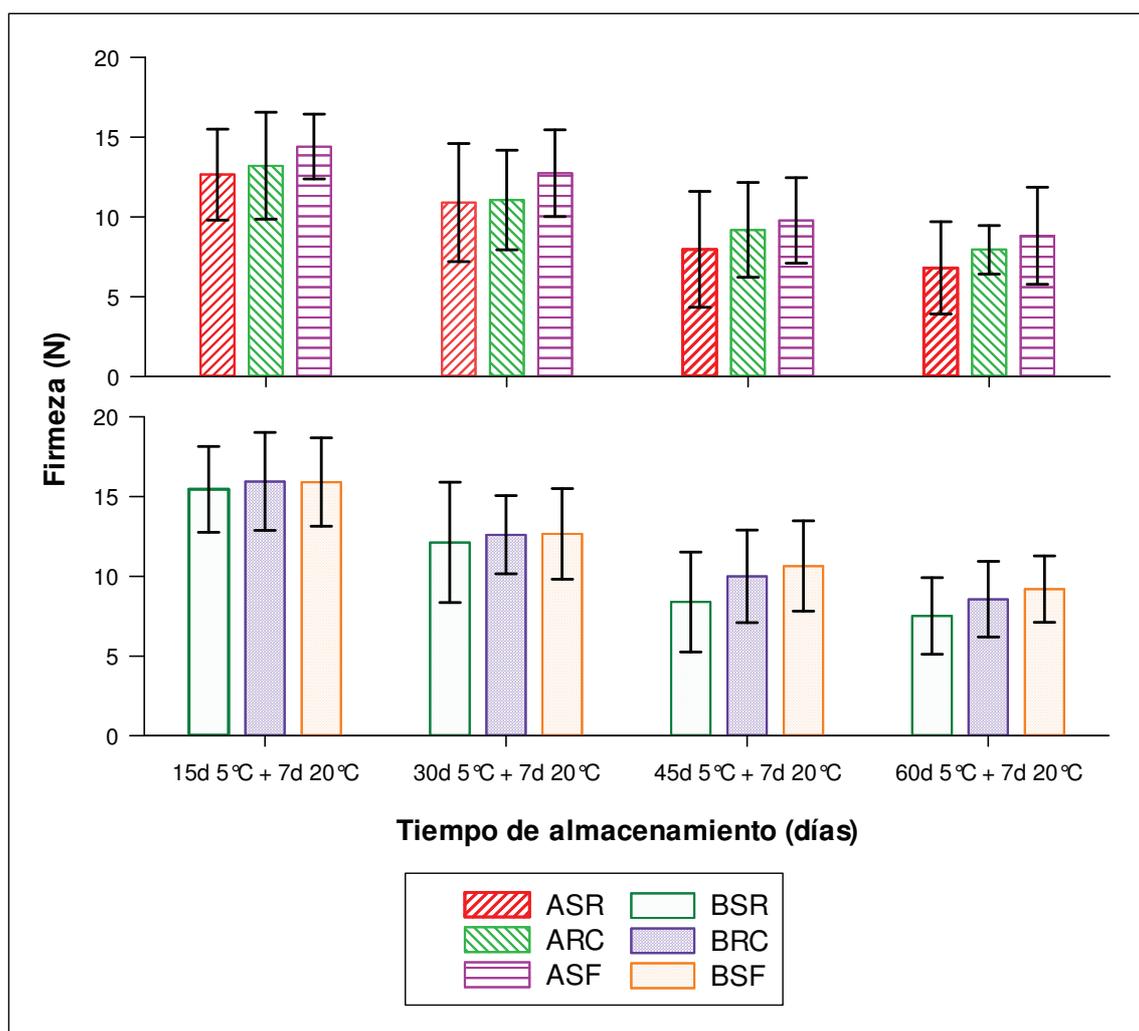


Figura 3.6. Firmeza (N) del tomate de árbol de las variedades amarillo gigante (A) y la variedad mora (B), sin recubrir (SR) y tratados con recubrimiento HPMC-lípidos (RC) y con cera Sta-Fresh (SF), almacenados hasta 60 días a 5 °C y 90% HR más 7 días a 20 °C

Existieron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el factor recubrimiento como se puede observar en la Figura 3.7, y en el factor variedad durante toda la experimentación.

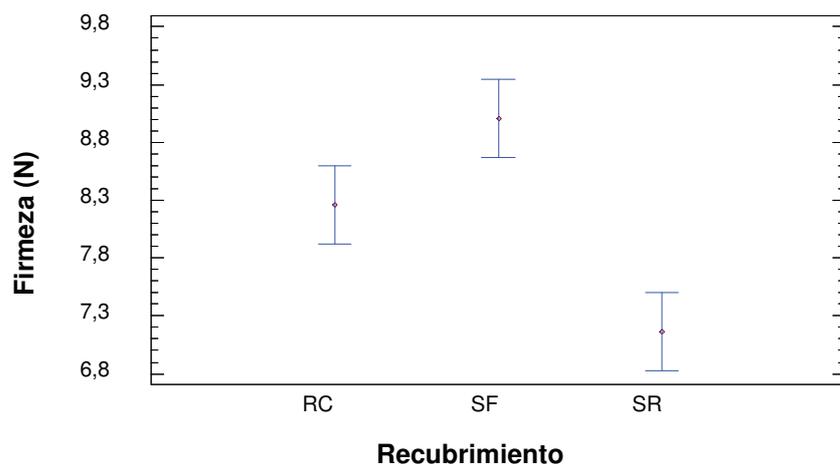


Figura 3.7. Gráfico de medias e intervalos LSD del factor recubrimiento para la Firmeza (N) de tomates de árbol sin recubrir (SR) y tratados con recubrimiento HPMC-lípidos (RC) y con cera Sta-Fresh (SF), almacenados hasta 60 días a 5°C y 90% HR más 7 días a 20°C

Los frutos sin recubrir presentaron los menores valores de firmeza con 12,7 N (ASR) y 15,4 N (BSR) en el primer periodo, y 6,8 N (ASR) y 7,7 N (BSR) al final de la experimentación.

Los valores de firmeza de los frutos sin recubrir de la variedad amarillo gigante fueron mayores en un 40% que los reportados por Ávila (2007) de los frutos de tomate de árbol almacenados durante 8 semanas a 4 °C y 90% HR (p. 139). Estas diferencias pudieron ser por el uso de recubrimientos.

Los frutos recubiertos con recubrimiento HPMC-lípidos presentaron una firmeza mayor que los sin recubrir, con 13,7 N (ARC) y 16,4 N (BRC) en el primer periodo y al final con 7,9 N (ARC) y 9,1 N (BRC). Por último los frutos tratados con cera Sta-Fresh fueron los que presentaron mayor firmeza con valores de 14,4 N (ASF) y 17,1 N (BSF) en el primer periodo y en el último con 8,8 N (ASF) y 9,7 N (BSF).

Los frutos recubiertos con cera Sta-Fresh de las variedades amarillo gigante y mora fueron hasta un 21% y 14%, respectivamente, más firmes que los sin recubrir. Los frutos recubiertos con recubrimiento HPMC-lípidos fueron un 10%, más firmes que los frutos sin recubrir.

En lo referente a las variedades, la variedad mora presentó mayor firmeza que la amarillo gigante en todo el tiempo de almacenamiento, es así que los frutos de la variedad amarillo gigante fueron 33% menos firmes que los de la variedad mora en el día cero de la experimentación.

En el trabajo realizado por Contreras et al. (2007), también se encontraron diferencias significativas entre los frutos encerados y sin encerar de tomates de árbol de la variedad rojo común almacenados por 24 días a 6 °C. Las ceras utilizadas fueron a base de cera carnauba al igual que la cera Sta-Fresh 2505 usada en la presente investigación. Contreras et al. (2007), reportaron valores de 10,5 N y de 9,9 N en los frutos encerados y sin encerar respectivamente (p. 44).

En otros estudios sobre la aplicación de recubrimientos comestibles a naranjas y mandarinas almacenadas durante 60 y 30 días a 5 °C más 7 días a 20 °C, respectivamente, Valencia (2009), utilizó recubrimientos a base de HPMC-lípidos como el recubrimiento de la presente investigación pero con preservantes, y encontró de igual manera que la firmeza de los frutos (mandarinas "Clemenules") es significativamente diferente entre los recubiertos y sin recubrir (p.195).

Por otra parte Aguilar (2005), obtuvo una marcada diferencia en aguacates tratados con recubrimiento a base de gelatina y almidón con valores de 0,8 N en los frutos recubiertos y 0,3 N en los sin recubrir; esto indica que en la conservación de la firmeza en los frutos tratados con recubrimiento comestible existen factores como el tipo de fruto y tipo de recubrimiento que afectan este parámetro (p. 94).

3.3.2 ANÁLISIS QUÍMICOS

3.3.2.1 Sólidos solubles totales (SST)

Los SST se incrementaron con el periodo de almacenamiento en todos los tratamientos. Los almidones y ácidos orgánicos se transforman en azúcares

simples a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, lo cual incrementa el contenido de sólidos solubles totales (Kader, 2007, p. 47).

No existieron diferencias significativas ($p > 0,05$) en el factor recubrimiento mientras que en el factor variedad existieron a los 45 y 60 días.

En el día cero de la experimentación los valores en el contenido de SST para las variedades amarillo gigante y mora fueron de 9,6 y 10 °Brix, respectivamente. Al final de la experimentación, la variedad mora presentó mayor contenido de SST que la variedad amarillo gigante, con valores de 11,0 y 10,4 para los frutos tratados con recubrimiento HPMC-lípidos, respectivamente, los frutos tratados con Sta-Fresh presentaron valores de 11 y 10,6 °Brix y por último los frutos sin recubrir que con valores de 11 y 11,4 °Brix.

El incremento en el contenido de SST durante el almacenamiento varió para los frutos tratados con recubrimiento HPMC-lípidos, desde el primer periodo de almacenamiento (15 días a 5 °C más 7 días a 20 °C) hasta el último periodo (60 días a 5 °C más 7 días a 20 °C), de 9,7 a 11,0 °Brix, para los frutos tratados con cera Sta-Fresh de 9,9 a 11 °Brix, y para los frutos sin recubrir de 10 a 11,4 °Brix.

El contenido de SST de los de los tomates de árbol recubiertos y sin recubrir están dentro de los valores para ser comercializados, estos valores son de 12,7 y 13,2 °Brix para la variedad amarillo gigante según la investigación de Brito et al. (2008), y 13,2 y 15,6 °Brix para la variedad amarillo gigante y la variedad mora (León et al. p. 111).

En investigaciones realizadas por Ávila (2007), en la caracterización de cuatro genotipos de tomate de árbol, el genotipo mora presentó los valores más altos de SST, cercanos a 12 °Brix, y la variedad amarillo gigante a 11 °Brix en frutos almacenados a 4 °C con 85% HR durante 8 semanas (p. 139).

3.3.2.2 pH

Los valores de pH para los frutos tratados con recubrimiento HPMC-lípidos variaron durante el almacenamiento de 3,54, en el primer periodo, a 3,8 para el último periodo. Para los frutos recubiertos con Sta-Fresh la variación fue de 3,5 a 3,9.

Revelo (2011), reportó valores similares de pH en tomate de árbol almacenados a 17 °C y 59% HR a los 30 días de almacenamiento con valores de 3,8 para la variedad amarillo gigante (p. 81).

La variedad mora de los frutos recubiertos y sin recubrir presentó menor pH que la variedad amarillo gigante; en el primer periodo (15 días 5 °C más 7 días 20 °C) tuvo un pH de 3,5 y la variedad amarillo gigante de 3,7 y al final del almacenamiento (60 días 5 °C más 7 días 20 °C) tuvieron valores de 3,8 y 4,0 para la variedad mora y amarillo gigante respectivamente, esto para los frutos sin recubrir.

Según Torres (2006), quien analizó el potencial nutritivo de cuatro cultivares de tomate de árbol en el Ecuador reportó un valor de pH de 3,5 para la variedad mora (p. 108), que al igual que la presente investigación es la variedad que presentó los menores valores de pH, es así que en el día cero los valores fueron de 3,3 y 3,5 para la variedad mora y amarillo gigante, respectivamente.

El pH de los frutos presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) para el factor variedad, mientras que para el factor recubrimiento no se encontraron diferencias significativas y no hubo interacción entre los factores.

Los valores de pH reportados por Brito et al. (2008), en la caracterización de tomate de árbol fueron de 3,8 y 3,5 para la variedad amarillo gigante y para la variedad mora, respectivamente. Estos valores son similares a los obtenidos en la presente investigación, por lo cual los frutos aún pueden ser comercializados según esta variable.

En otra investigación sobre la aplicación de recubrimientos a base de almidón en fresas no existieron diferencias significativas ($p > 0,05$) en el pH de los frutos recubiertos y sin recubrir, de igual forma en el contenido de sólidos solubles totales y acidez titulable (Caraza, López y Chamorro, 2010, p. 37).

3.3.2.3 Acidez titulable

La acidez titulable disminuye a medida que el tiempo de almacenamiento avanza debido a la transformación de los componentes de los frutos (carbohidratos, proteínas, vitaminas, ácidos orgánicos), durante el proceso de respiración (Gil, 2010, p. 173; Tadeo et al., 2008, p. 167).

Existieron diferencias significativas en el factor variedad y no existieron diferencias en el factor recubrimiento.

En el día cero de la experimentación los valores de acidez titulable fueron de 1,2 y 1,3 g/100g de ácido cítrico para la variedad amarillo gigante y mora respectivamente.

La acidez en el primero y en el último periodo de almacenamiento fue de 1,2 y 1,0 g/100g de ácido cítrico para la variedad amarillo gigante y de 1,3 y 1,2 g/100g de ácido cítrico para la variedad mora. Existieron diferencias significativas entre la variedad amarillo gigante y la variedad mora, esta variedad presentó mayor acidez titulable que la amarillo gigante en todo el periodo de almacenamiento como se observa en las Figuras 3.8 y 3.9 para los frutos almacenados hasta 15 y 60 días a 5 °C más 7 días a 20 °C, respectivamente.

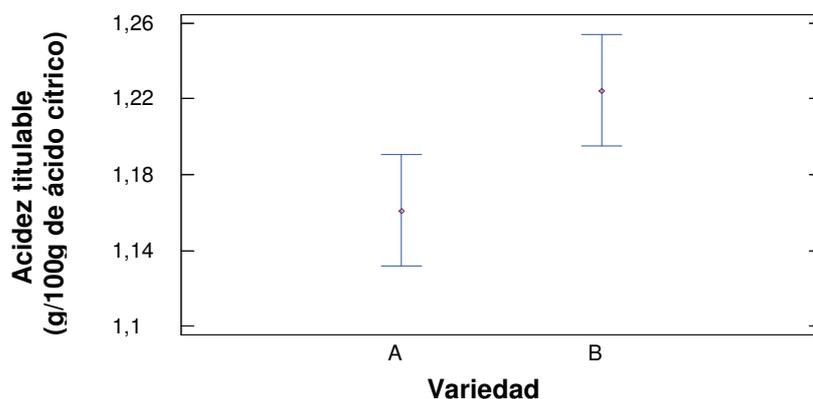


Figura 3.8. Gráfico de medias e intervalos LSD del factor variedad para acidez titulable de tomates de árbol de las variedades amarillo gigante (A) y mora (B) almacenados hasta 15 días a 5°C y 90% HR más 7 días a 20°C

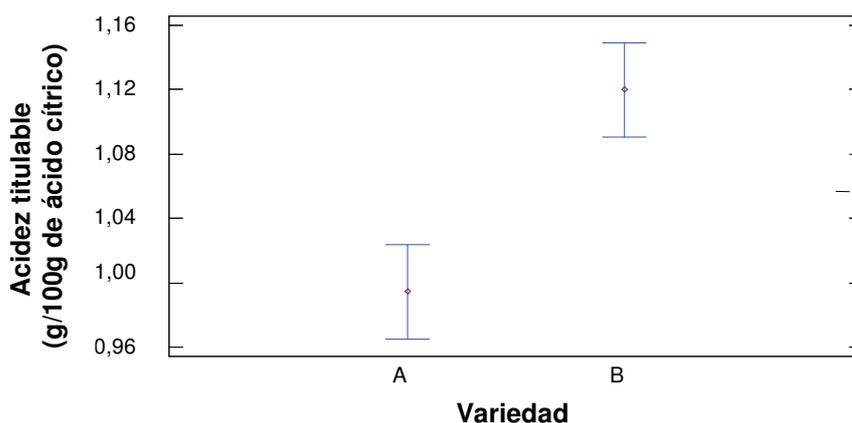


Figura 3.9. Gráfico de medias e intervalos LSD del factor variedad para acidez titulable de tomates de árbol de las variedades amarillo gigante (A) y mora (B) almacenados hasta 60 días a 5°C y 90% HR más 7 días a 20°C

La acidez titulable para los frutos sin recubrir varió durante el almacenamiento de 1,2 a 1,0 g/100g para los frutos tratados con recubrimiento HPMC-lípidos de 1,3 a 1,0 g/100g y para los tratados con cera Sta-Fresh de 1,2 a 1,0 g/100g.

Boyes y Strübi (1997), reportaron que la variedad mora de tomate de árbol al igual que en la presente investigación presentó mayor acidez que la variedad amarillo gigante con valores de 1,7 y 1,4 g/100g de ácido cítrico respectivamente durante dos semanas de almacenamiento a 20 °C (p. 81). La diferencia de acidez titulable

podría ser por la variación en las características químicas de las dos variedades del fruto, lo cual provoca variaciones en el efecto de los recubrimientos sobre los tomates de árbol.

La acidez titulable de los frutos recubiertos y sin recubrir de la presente investigación fue menor que los valores presentados en las investigaciones de Revelo (2011), y Boyes y Strübi (1997). Esta diferencia se debe a las características propias de los frutos frente a factores como: tipo de semilla, terreno, condiciones climáticas y manejo de cultivo. En el día cero de la experimentación (frutos sin recubrimiento), la acidez titulable fue de 1,2 g/100g de ácido cítrico mientras que los reportados en el día cero por Revelo (2011) y Boyes y Strubi (1997) fueron de 2,0 y 1,6 g/100g de ácido cítrico, respectivamente.

3.4 ANÁLISIS DE LA CALIDAD VISUAL Y FRACTURABILIDAD DE LOS RECUBRIMIENTOS

3.4.1 Turgencia, marchitez del pedúnculo, daño físico y manchas, podredumbre

En el primer periodo de almacenamiento (15 días 5 °C más 7 días a 20 °C) todos los frutos mantuvieron las características iniciales: turgentes, sin marchitez del pedúnculo ni daños físicos, manchas, o podredumbre.

En el último periodo (60 días 5 °C más 7 días a 20 °C) de almacenamiento todos los frutos presentaron deterioro, sin embargo mantuvieron características aptas calidad para el consumo, es decir: turgencia: ligera a medianamente deshidratados; marchitez del pedúnculo: discreta a moderada; daño físico y manchas: leve a moderado y podredumbre: leve a moderada. Los resultados se observan en las Tablas 3.1 y 3.2

Tabla 3.1. Índices de evaluación de calidad visual para tomate de árbol de las variedades amarillo gigante (A) y la variedad mora (B), sin recubrir (SR) y recubiertos con recubrimiento HPMC-lípidos (RC) y con cera Sta-Fresh (SF), almacenados hasta 60 días a 5 °C y 90% de HR más 7 días a 20 °C

Criterio	*Días de almacenamiento	Tratamiento					
		ASR	BSR	ARC	BRC	ASF	BSF
Turgencia	15	4,4	4,7	5,0	4,9	4,8	5,0
	30	3,8	4,3	4,5	4,7	4,6	4,6
	45	3,6	3,5	3,8	4,5	3,6	4,3
	60	3,7	3,6	4,3	3,9	4,3	4,0
Marchitez del Pedúnculo	15	2,3	2,0	3,1	4,4	2,5	3,0
	30	2,1	2,1	2,5	2,7	2,4	2,7
	45	1,5	1,5	2,7	2,5	1,6	2,2
	60	1,7	2,0	2,1	2,3	2,4	2,7
Daño físico, manchas	15	4,9	4,9	4,9	4,9	4,8	5,0
	30	4,6	4,7	4,7	4,9	4,6	4,8
	45	4,3	4,5	4,6	4,6	4,4	4,4
	60	4,1	4,6	4,6	4,4	4,4	4,4
Podredumbre	15	4,9	4,7	5,0	4,8	5,0	4,8
	30	4,9	4,7	4,7	4,7	4,9	4,6
	45	4,4	4,6	4,9	4,8	4,8	4,8
	60	4,6	4,6	4,7	4,6	4,7	4,7

Variedad amarillo gigante (A), variedad mora (B), sin recubrir (SR), recubrimiento comestible HPMC-lípidos (RC) y cera Sta Fresh (SF)

*Días de almacenamiento: 15, 30, 45, 60 días a 5 °C + 7 días a 20 °C

1 = extremo; 2 = severo; 3 = moderado; 4 = leve; 5 = nada

Los frutos con recubrimiento HPMC-lípidos mantuvieron las características iniciales hasta los 45 días de almacenamiento a 5 °C más 7 días a 20 °C. En cambio los frutos tratados con la cera comercial Sta-Fresh 2505 presentaron menor calidad visual que los recubiertos con el recubrimiento HPMC-lípidos. Los frutos sin recubrir fueron los que primero perdieron calidad visual.

Tabla 3.2. Evaluación de la calidad visual total de tomate de árbol de las variedades amarillo gigante (A) y la variedad mora (B), sin recubrir (SR) y recubiertos con recubrimiento HPMC-lípidos (RC) y con cera Sta-Fresh (SF), almacenados hasta 60 días a 5 °C y 90% de HR más 7 días a 20 °C

Días de almacenamiento*	Tratamiento					
	ASR	BSR	ARC	BRC	ASF	BSF
15	A	A	A	A	A	A
30	B	A	A	A	A	A
45	B	B	A	A	B	B
60	B	B	B	B	B	B

Variedad amarillo gigante (A), variedad mora (B), sin recubrir (SR), recubrimiento comestible (RC) y cera Sta Fresh (SF)

*Días de almacenamiento: 15, 30, 45, 60 días a 5 °C + 7 días a 20 °C

A = entre 4-5; Mantiene las características iniciales

B = entre 3-4; Se presenta deterioro pero es apto para el consumo

C = < 3; C: No comerciable

Los frutos recubiertos con Sta-Fresh y recubrimiento HPMC-lípidos fueron más turgentes que los frutos sin recubrir. Por otra parte, la turgencia se encuentra relacionada a la pérdida de peso de los frutos (Kojima, Fujita, Tanaka y Sirisomboon, 2004, p. 176). Es así, que los frutos sin recubrir presentaron una mayor pérdida de peso que los frutos recubiertos que además fueron los más turgentes.

La marchitez del pedúnculo fue el aspecto que más afectó la calidad visual de los frutos seguido de la turgencia. La aplicación de los recubrimientos disminuyó la marchitez del pedúnculo, esto podría deberse a que los recubrimientos son barreras selectivas para el vapor de agua, lo cual produce una disminución de la deshidratación y por tanto se reduce la marchitez. Los frutos tratados con recubrimiento HPMC-lípidos presentaron pedúnculos menos marchitos, seguido de los frutos recubiertos con cera Sta-Fresh 2505, y por último los frutos sin recubrir fueron los que presentaron más marchitez del pedúnculo, como se observa en la Tabla 3.1.

La podredumbre fue el aspecto que afectó en menor medida la calidad de los frutos recubiertos y sin recubrir, como se observa en la Tabla 3.1. Por otra lado,

los frutos que presentaron daños pudieron haberse afectado por la presencia de hongos de la especie *Colletotrichum* (*Colletotrichum gloeosporioides*, *Colletotrichum acutatum*). Estos microorganismos producen la enfermedad conocida como antracnosis u ojo de pollo, la cual constituye una de las enfermedades que más afecta al tomate de árbol. En el Anexo XIII se observan los daños causados por la antracnosis en el tomate de árbol de los frutos tratados en la presente investigación.

La variedad amarillo gigante perdió calidad visual antes que la variedad mora, es así que, en el segundo periodo (30 días a 5 °C más 7 días a 20 °C), la variedad amarillo gigante tuvo ya una calificación de B (se presenta deterioro pero es apto para el consumo). En la Tabla 3.2 se observa que los índices de calidad más bajos corresponden a la variedad amarillo gigante.

McGrath y Taucher (1987), aplicaron en tomates de árbol tratamientos de inmersión de frutos en agua a 50 °C por 8 min más Imazalil y uno con inmersión adicional en cera. Los valores para daños en el pedúnculo fueron menores para los frutos sumergidos además en cera (p. 226). El daño en el pedúnculo mejoró con el uso de cera al igual que sucedió en la presente investigación con los frutos recubiertos.

3.4.1 Fracturabilidad del recubrimiento HPMC-lípidos y de la cera Sta-Fresh

En la Figura 3.10 se observa que los valores de fracturabilidad del recubrimiento HPMC-lípidos y la cera Sta-Fresh aumentaron con respecto al tiempo.

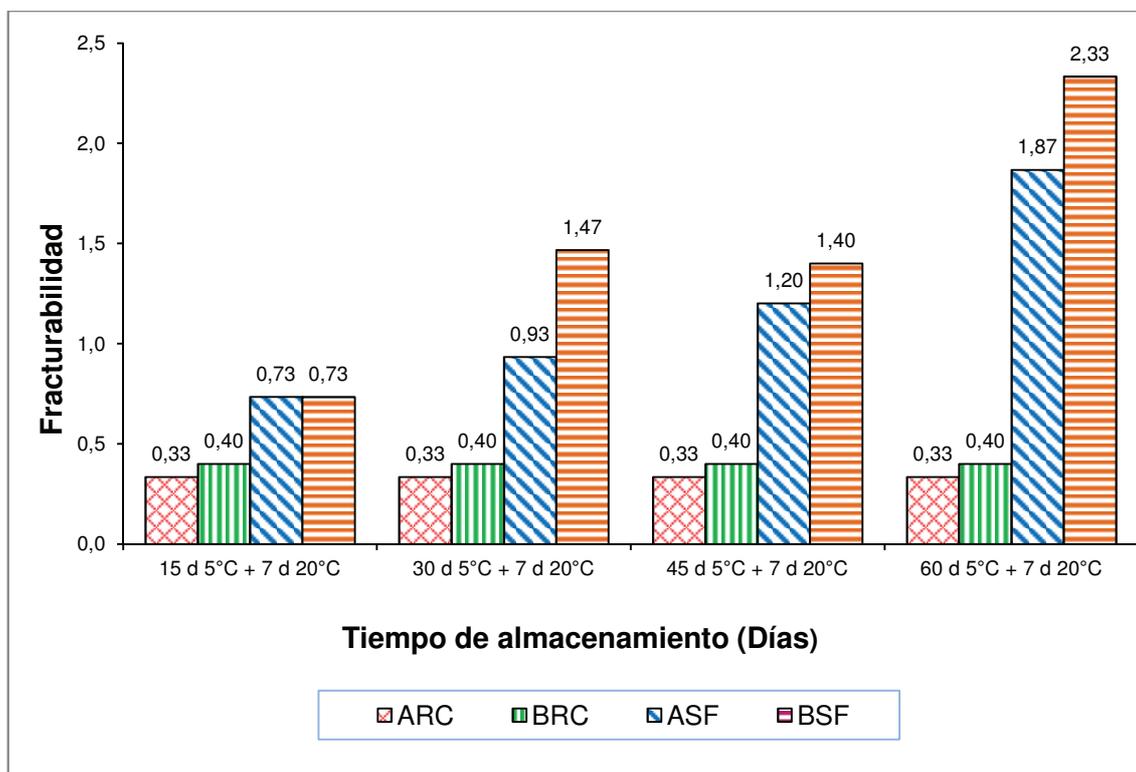


Figura 3.10. Fracturabilidad del recubrimiento HPMC-lípidos y la cera Sta-Fresh de tomate de árbol de las variedades amarillo gigante (A) y la variedad mora (B), tratados con recubrimiento HPMC-lípidos (RC) y con cera Sta-Fresh (SF), almacenados hasta 60 días a 5 °C y 90% de HR más 7 días a 20 °C.

Se encontró diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los recubrimientos. El recubrimiento HPMC-lípidos resultó menos quebradizo, es decir que este presentó menor flexibilidad que la cera Sta-Fresh, esto provocó que la cera comercial Sta-Fresh se desprendiera mayor facilidad de los frutos que el recubrimiento HPMC-lípidos. La causa podría deberse al tipo y la cantidad de plastificantes presentes en el recubrimiento HPMC-lípidos y la cera Sta-Fresh, puesto que estos compuestos inciden en la elasticidad de los recubrimientos (Grau et al., 2011, p. 292; Han, 2005, p. 243).

3.5 ANÁLISIS SENSORIAL

3.5.1 Aroma, dureza y sabores extraños

En la Tabla 3.3 se presenta los resultados de las características sensoriales de los frutos almacenados hasta 60 días a 5 °C más 7 días a 20 °C.

Tabla 3.3. Aroma, dureza y sabores extraños de tomates de árbol de las variedades amarillo gigante (A) y la variedad mora (B), sin recubrir (SR) y recubiertos con HPMC-lípidos (RC) y con cera Sta-Fresh (SF), almacenados hasta 60 días a 5 °C, 90% de HR más 7 días a 20 °C

Aroma				
Tratamiento	15 d 5°C	30 d 5°C	45 d 5°C	60 d 5°C
ASR	6,0 ± 0,6	5,2 ± 0,6	4,8 ± 0,5	2,9 ± 1,0
BSR	5,1 ± 0,5	4,9 ± 0,5	4,2 ± 0,5	2,9 ± 1,0
ARC	7,0 ± 0,8	6,2 ± 0,8	5,1 ± 0,6	4,8 ± 0,6
BRC	6,8 ± 0,7	5,7 ± 0,5	5,0 ± 1,0	4,8 ± 0,4
ASF	7,1 ± 0,5	5,9 ± 0,9	4,9 ± 0,6	3,6 ± 0,7
BSF	6,4 ± 0,8	5,6 ± 0,8	4,6 ± 0,8	3,9 ± 0,3
Dureza				
ASR	4,6 ± 1,0	3,8 ± 0,8	3,0 ± 0,2	1,8 ± 0,3
BSR	5,0 ± 2,0	4,1 ± 0,5	3,5 ± 0,4	2,4 ± 0,5
ARC	4,7 ± 0,7	4,4 ± 0,6	3,2 ± 0,7	2,6 ± 1,0
BRC	5,3 ± 1,7	4,8 ± 0,5	4,0 ± 0,7	3,4 ± 0,5
ASF	4,7 ± 0,9	4,8 ± 0,5	3,9 ± 0,7	3,5 ± 0,4
BSF	5,0 ± 0,8	4,9 ± 0,2	4,1 ± 0,8	3,7 ± 0,4
Sabores Extraños				
ASR	0,4 ± 0,1	0,7 ± 0,2	1,0 ± 0,4	1,1 ± 0,3
BSR	0,3 ± 0,1	0,5 ± 0,2	0,9 ± 0,3	1,1 ± 0,1
ARC	0,4 ± 0,2	0,6 ± 0,2	0,7 ± 0,1	0,8 ± 0,2
BRC	0,3 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,6 ± 0,2	0,6 ± 0,3
ASF	0,4 ± 0,1	0,7 ± 0,3	0,8 ± 0,3	1,0 ± 0,2
BSF	0,3 ± 0,2	0,6 ± 0,1	0,6 ± 0,2	0,8 ± 0,2

Variedad amarillo gigante (A), variedad mora (B), sin recubrir (SR), recubrimiento comestible HPMC-lípidos (RC) y cera Sta Fresh (SF)

Cada periodo de almacenamiento estuvo seguido de 7 días a 20 °C, de vida en estante.

X ± DE (n = 72)

En el parámetro de aroma existieron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos con recubrimiento HPMC-lípidos, cera Sta-Fresh y los sin recubrir. Durante los tres primeros periodos de almacenamiento los frutos recubiertos presentaron mayor aroma que los frutos sin recubrir.

En el último periodo de almacenamiento los valores de aroma para los frutos tratados con HPMC-lípidos fueron de 4,8 para ARC y BRC, y para los tratados con Sta-Fresh de 3,6 y 3,9 (ASF y BSF), y los valores más bajos fueron de los frutos sin recubrir con 2,9 para ASR y BSR. Los valores obtenidos indicaron que la aplicación de los recubrimientos HPMC-Lípidos y cera conservan el aroma de los frutos en el almacenamiento. Los recubrimientos conserva los aroma de los frutos debido a que regulan la transferencia de compuestos volátiles (Miller y Krochta, 1997, p. 229)

En el parámetro de dureza existieron diferencias significativas entre los frutos recubiertos y los sin recubrir. En todo el tiempo de almacenamiento los frutos recubiertos presentaron mayor dureza que los sin recubrir.

Los frutos recubiertos con Sta-Fresh presentaron los más altos valores de dureza, en el primer periodo: 4,7-5,0 y en el último periodo: 3,5-3,6, seguido de los tratados con recubrimiento HPMC-lípidos, en el primer periodo: 4,7-5,3 y en el último periodo: 2,6-3,4, y los frutos sin recubrir, en el primer periodo: 4,6-5,0 y en el último periodo: 1,8 y 2,4. Los valores obtenidos indicaron que la aplicación de los recubrimientos HPMC-lípidos y cera mantienen la dureza de los frutos en el almacenamiento. Los recubrimientos conservan la estructura de los tejidos debido a que disminuyen la TR y por ende la oxidación de los compuestos (McHug et al., 2009, p. 61; Zehuten y Bagh, 2003, p. 92).

En el análisis de sabores extraños, para el tercero y último periodo (45 y 60 días a 5 °C más 7 días a 20 °C) existieron diferencias significativas entre los frutos recubiertos (HPMC-lípidos y cera Sta-Fresh) y los sin recubrir, sin embargo las cantidades reportadas por los panelistas fueron mínimas para todos los tratamientos.

La cantidad más alta de sabores extraños percibida por los panelistas fue de 1,14 correspondiente al tratamiento BSR. Los panelistas calificaron a estos sabores como amargos. En general el efecto de los recubrimientos sobre el desarrollo de sabores extraños debido a la degradación química y enzimática de los frutos, fue mínimo hasta los 60 días de almacenamiento a 5 °C y 90% HR más 7 días a 20 °C, para un mayor tiempo de almacenamiento de los frutos el efecto podría ser más evidente.

Contreras et al. (2007), en la evaluación sensorial realizada en tomates de árbol encerados con las ceras naturales Ceratec y Cerabix, de la variedad rojo común almacenados a 6 °C durante 24 días, no reportó diferencias significativas en las variables de dureza, aroma ni sabor (p. 48)

Para el factor variedades, los frutos de la variedad mora tuvieron los mayores valores en dureza (primer periodo: 5,0 y 5,3; último periodo: 2,4 y 3,7), en comparación con los frutos de la variedad amarillo gigante. Para la variable de aroma la variedad amarillo gigante tuvo los valores más altos (primer periodo: 6,0 y 7,1; tercer periodo: 4,8 y 5,1) en comparación con la variedad mora, excepto en el último periodo de almacenamiento. Existió menor presencia de sabores extraños (primer periodo: 0,28 y 0,34; último periodo: 0,6 y 1,1) para los frutos de la variedad mora. El efecto del recubrimiento sobre la calidad sensorial de los frutos (pérdida de aroma, dureza y desarrollo de sabores extraños) fue mayor en los de la variedad mora que en la amarillo gigante, esto podría deberse a las características físicas y químicas de las dos variedades que provocan variación en el efecto de los recubrimientos.

3.5.2 Aspecto del recubrimiento en los frutos.

En la Tabla 3.4 se muestra los valores de aspecto del recubrimiento en los frutos de tomate de árbol de las variedades amarillo gigante y mora, recubiertos con cera Sta-Fresh y recubrimiento HPMC-lípidos.

No existieron diferencias significativas ($p>0,05$) entre los frutos tratados con recubrimiento HPMC-lípidos y cera Sta-Fresh. En todos los tratamientos el aspecto del recubrimiento disminuyó durante el tiempo de almacenamiento; aparecieron mayor número de manchas y grietas.

Los frutos recubiertos con recubrimiento HPMC-lípidos y cera Sta-Fresh 2505 fueron los que presentaron más manchas, grietas y menor homogeneidad del recubrimiento sobre el fruto (distribución del recubrimiento en el fruto) al transcurrir el tiempo de almacenamiento.

La presencia de manchas y poca homogeneidad de los recubrimientos pudieron deberse a un exceso del contenido de lípidos o a la baja cantidad de emulsionantes en las composiciones de los recubrimientos, puesto que dichas circunstancias favorecen a la formación de agregados en los recubrimientos debido a la separación de las fases de la emulsión (Navarro, 2007, p. 66). Por otra parte el método de inmersión utilizado en la aplicación de los recubrimientos no favorece a la distribución homogénea de estos sobre el fruto.

Tabla 3.4. Valores del aspecto del recubrimiento de tomate de árbol de las variedades amarillo gigante (A) y la variedad mora (B), frutos tratados con recubrimiento HPMC-lípidos (RC) y con cera Sta-Fresh (SF), almacenados 5 °C y 90% de HR más 7 días a 20 °C

Tratamiento	15 d 5°C	30 d 5°C	45 d 5°C	60 d 5°C
ARC	1,7 ± 0,7	1,8 ± 0,5	2,0 ± 0,7	2,1 ± 0,5
BRC	1,8 ± 0,4	2,0 ± 0,6	2,1 ± 0,7	2,3 ± 0,6
ASF	1,8 ± 0,6	1,9 ± 0,5	2,1 ± 0,3	2,3 ± 0,5
BSF	1,9 ± 0,5	2,2 ± 0,7	2,2 ± 0,7	2,3 ± 0,7

Variedad amarillo gigante (A), variedad mora (B), recubrimiento comestible (RC) y cera Sta Fresh (SF)

Aspecto del recubrimiento: 1 = bueno; 2 = aceptable; 3 = malo

Cada periodo de almacenamiento estuvo seguido de 7 días a 20 °C

$X \pm DE$ (n = 72)

3.5.3 Brillo

Se encontraron diferencias significativas en el parámetro de brillo según el test de Friedman como se muestra en la Tabla 3.5.

En el primer periodo de almacenamiento (15 días a 5 °C más 7 días a 20 °C) los frutos sin recubrir de la variedad mora (BSR) y los tratados con recubrimiento comestible de la variedad amarillo gigante (ARC) fueron los menos brillantes.

A partir del segundo periodo (30 días a 5 °C más 7 días a 20 °C) hasta el último periodo (60 días a 5 °C más 7 días a 20 °C) los frutos de la variedad amarillo gigante de los tratamientos con recubrimiento HPMC-lípidos y los sin recubrir (ARC y ASR) fueron los que presentaron menor brillo, seguidos de los frutos de la variedad mora tratados con recubrimiento HPMC-lípidos y los sin recubrir (BRC Y BSR), y por último los tratados con la cera Sta-Fresh (ASF y BSF).

Los tomates de árbol de la variedad mora fueron más brillosos que los de la variedad amarillo gigante, excepto los frutos tratados con cera Sta-Fresh (ASF), que fueron más brillosos que los frutos de la variedad mora recubiertos con HPMC-lípidos y los sin recubrir (BRC y BSR).

Los frutos tratados con recubrimiento HPMC-lípidos fueron menos brillosos que los frutos sin recubrir y que los tratados con cera Sta-Fresh. Los frutos recubiertos con cera Sta-Fresh fueron los más brillosos (ASF y BSF), siendo los de la variedad mora los más brillosos.

Los tomates de árbol de la variedad mora fueron más brillosos que los de la variedad amarillo gigante, excepto los frutos tratados con cera Sta-Fresh, que fueron más brillosos que los de la variedad mora recubiertos con HPMC-lípidos y los frutos sin recubrir (BRC y BSR).

Los frutos tratados con recubrimiento HPMC-lípidos fueron menos brillosos que los frutos sin recubrir y que los tratados con cera Sta-Fresh. Los frutos recubiertos

con cera Sta-Fresh fueron los más brillosos, siendo los de la variedad mora los más brillosos

El Anexo X muestra el brillo de los frutos recubiertos y sin recubrir de la variedad mora, que fue la variedad que presentó más brillo.

Tabla 3.5. Índice de brillo de tomate de árbol de las variedades amarillo gigante (A) y la variedad mora (B), sin recubrir (SR) y tratados con recubrimiento HPMC-lípidos (RC) y con cera Sta-Fresh (SF), almacenados hasta 60 días a 5 °C y 90% de HR más 7 días a 20 °C

Brillo	15 d 5 °C	30 d 5 °C	45 d 5 °C	45 d 5 °C
Menos brillante  Más brillante	BSR a	ARC a	ARC a	ARC a
	ARC b	ASR b	ASR b	ASR b
	ASR bc	BRC c	BRC c	BRC c
	BRC d	BSR d	BSR d	BSR cd
	ASF e	ASF e	ASF e	ASF e
	BSF e	BSF f	BSF f	BSF f

Variedad amarillo gigante (A), variedad mora (B), sin recubrir (SR), recubrimiento comestible (RC) y cera Sta Fresh (SF)

Cada periodo de almacenamiento estuvo seguido de 7 días a 20 °C, de vida en estante.

Tratamientos en la misma columna con diferentes letras son significativamente diferentes con base en la prueba de Friedman.

$\bar{X} \pm DE$ (n= 72)

Valencia (2009), reportó que las naranjas “Valencia” almacenadas durante 60 días a 5 °C más 7 días a 20 °C y tratadas con recubrimiento HPMC-lípidos fueron menos brillantes que las no recubiertas, similar a lo presentado en la presente investigación (p. 146). La cera de abeja presente en el recubrimiento HPMC-lípidos, proporciona un aspecto opaco a los frutos recubiertos.

En investigaciones realizadas por Hagenmaier y Baker (1997), se reportó que la cera carnauba que constituye la base de la cera comercial Sta-Fresh 2505 proporciona más brillo que otras ceras como la cera de abeja (componente del recubrimiento HPMC-lípidos), según las 19 formulaciones para recubrimientos comestibles con dichas ceras (p. 53). Debido a lo cual los frutos recubiertos con cera Sta-Fresh fueron más brillosos que los tratados con recubrimiento HPMC-lípidos.

Contreras et al. (2007), en la investigación con tomates de árbol de la variedad rojo común recubiertos con ceras naturales (Ceratec y Cerabrix) y almacenados a 6 y 18 °C, reportó que los frutos con mayor brillo fueron los tratados con cera a base de cera carnauba (Cerabrix) como la cera Sta-Fresh 2505. Además, los frutos tratados con las ceras tuvieron los valores más bajos en apariencia debido al aspecto artificial (muy brillosos) de los frutos recubiertos (p. 47). La percepción del consumidor que relaciona natural con saludable o la escasa comercialización de frutas con aspecto brillante, no permite desarrollar la compra y el consumo de este tipo de productos.

3.6 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS POSCOSECHA

La estimación de los costos para la aplicación de recubrimientos (recubrimiento comestible HPMC-lípidos y cera Sta-Fresh) se realizó para 833,3 kg de tomate de árbol (rendimiento de tomate de árbol por hectárea y por cosecha). El cálculo para obtener la cantidad de fruto se muestra en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6. Rendimiento de una hectárea de tomate de árbol por cosecha

Densidad de siembra	1 740	plantas/ha
Distancia de siembra	2,3 x 2,5	m x m
No. cosechas anuales	30	cosechas/año
Rendimiento por cosecha	833,3	kg/ha/cosecha
Rendimiento	25 000	kg/ha/año

El número de cajas de cartón con alvéolos para 25 frutos en presentación de 3 kg fue de 277 cajas, equivalente a 833,33 kg de fruto. Las dimensiones del empaque se muestran en la Figura 3.11.

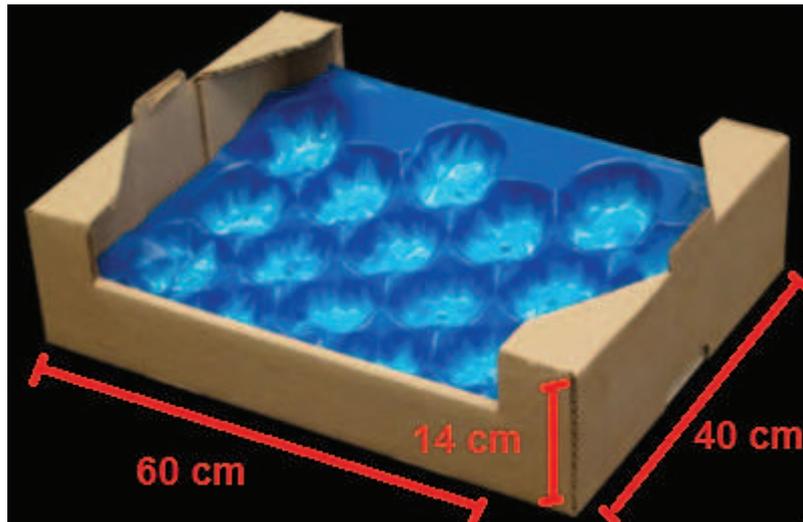


Figura 3.11. Caja de cartón para empaque de tomate de árbol con álveolos
(Producto y Empaque Ltda., 2012)

En el diseño de la cámara de refrigeración “cámara”, las dimensiones para almacenar 277 cajas de producto dispuestas en 4 pallets de 1 m x 1,2 m, considerando 80 cm para las distancias entre pallet-pallet y pallet-pared, se presentan en la tabla 3.7.

El material de aislamiento considerado fue el poliuretano inyectado de 38 kg/m^3 con espesor de 10 cm, base en las pérdidas de calor por paredes, reemplazo de aire etc. como que se muestran en la Tabla 3.7. El cálculo para la determinación de la puerta frigorífica fue de 1m x 2m, y el refrigerante el 134a (refrigeración). La potencia de la unidad condensadora fue de 2 HP y la capacidad del evaporador de 10 120 kJ/h, estas capacidades fueron determinadas de acuerdo al valor de carga calórica de 9 996,8 kJ/h con carga calórica se muestra en el Anexo XIV.

Tabla 3.7. Capacidad, dimensiones y carga calórica de la cámara de refrigeración para tomate de árbol almacenado a 5 °C y 90 % HR

Capacidad	
Peso de fruta (kg)	833,3
Número de cajas (presentación de 3 kg)	277,0
Dimensiones	
Largo (m)	4,8
Ancho (m)	4,4
Altura (m)	2,5
Carga calórica	
a) Pérdidas en paredes (kJ/día)	34 862,8
b) Pérdida en aire de reemplazo (kJ/día)	39 283,2
c) Pérdida por motores, luces (kJ/día)	54 999,8
d) Pérdida por personas (kJ/día)	1 772,5
e) Carga del producto (kJ/día)	32 665,6
Total (kJ/día)	163 583,8
Total más 10% de seguridad (kJ/día)	179 942,2
Total (kJ/h) (para 18 horas)	9 996,8

Para estimar el costo de la cámara se consideró además los costos de accesorios y controles eléctricos, de líneas de tubería, y de instalación y asesoramiento, como se muestra en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8. Costo de la cámara de refrigeración para el almacenamiento del tomate de árbol a 5 °C y 90 % HR

Concepto	Precio (\$)	Cantidad	Costo (\$)
Paneles frigoríficos con poliuretano inyectado (m ²)	37,5	102,3	3 836,2
Puerta frigorífica 1m x 2m	450,0	1,0	450,0
Unidad condensadora 2HP	1 700,0	1,0	1 700,0
Evaporador 10 120 kJ/h	800,0	1,0	800,0
Accesorios y controles eléctricos	1 275,0	1,0	1 275,0
Líneas de tubería	500,0	1,0	500,0
Carga de refrigerante 134a (Kg)	25,0	2,0	50,0
Costos de instalación y asesoramiento	800,0	1,0	800,0
Total			9 411,2

De acuerdo a los procesos relacionados a la aplicación del tratamiento poscosecha (aplicación por inmersión) que se presentan en la Figura 3.12, el número de trabajadores, gerente, supervisor, los quipos y herramientas necesarios/as para recubrir 833,3 kg de fruto con recubrimiento HPMC-lípidos y con cera se presentan en la Tabla 3.9.

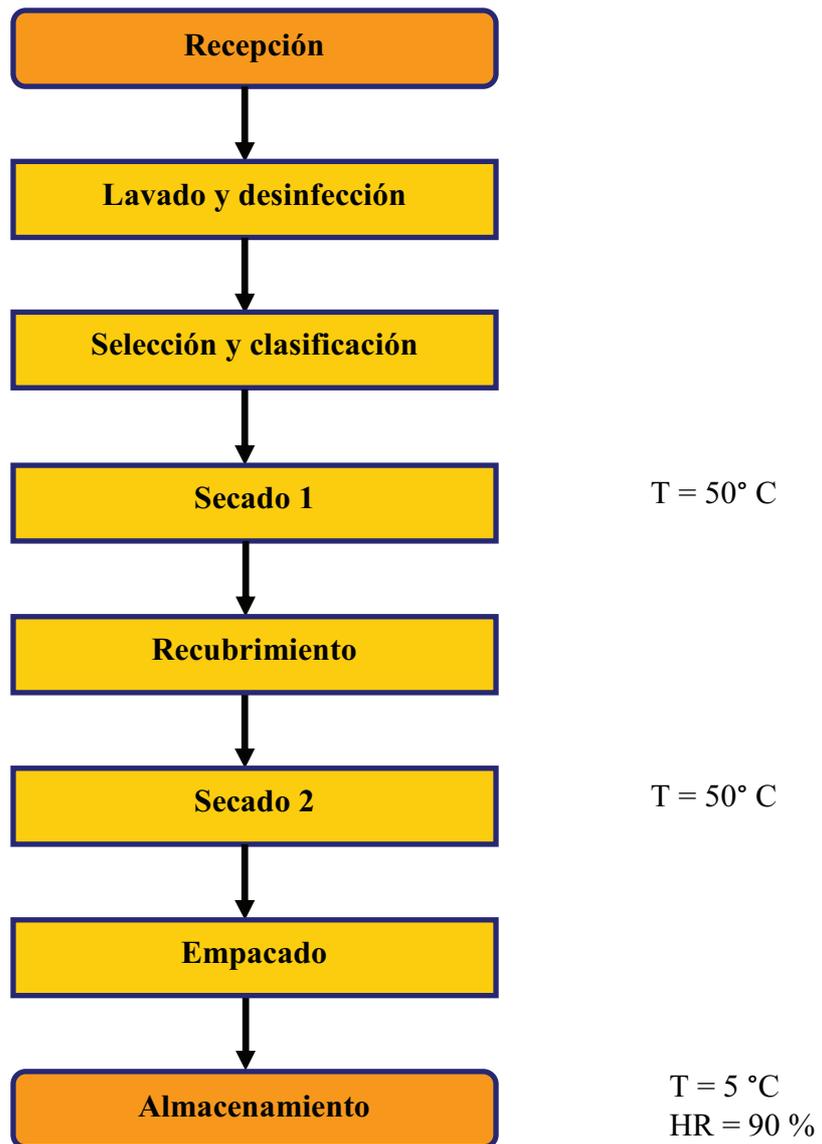


Figura 3.12. Diagrama de flujograma de la aplicación de recubrimiento HPMC-lípidos/cera Sta-Fresh 2505 en el tomate de árbol

Para la aplicación de recubrimiento HPMC-lípidos y cera Sta-Fresh el número de trabajadores se definió en 7, mientras que para el tratamiento sin recubrimiento fue de 5. El costo entre los frutos recubiertos varió a causa del costo del

recubrimiento y la cera, respectivamente. El costo para 1 litro de recubrimiento HPMC-Lípidos con base en su composición fue de \$ 3,9/L como se muestra en el Anexo XV (Tabla XV3). Además para considerar el costo de las instalaciones de trabajo, se estimó el costo de un Galpón de 200 m² (incluido terreno).

Los costos para cada tratamiento se muestran en la Tabla 3.9 y en el Anexo XV se observa con detalle los costos de depreciación para instalaciones, maquinaria, equipos y herramientas (Tabla XV1), además de los costos de luz y agua (Tabla XV2).

Al final se tuvo un costo de \$ 1 261,9 y \$ 1 254,0 para 833 kg de tomate árbol recubierto con recubrimiento HPMC-lípidos y con cera Sta-Fresh respectivamente, como se observa en la Tabla 3.9.

El costo de los frutos recubiertos fue mayor que el de los frutos sin recubrir en \$ 77,7 y \$ 69,8 para los frutos tratados con HPMC-lípidos y cera, respectivamente.

Al final los precios que se obtuvieron fueron de \$ 6,1 y \$ 6,0, con una utilidad del 30% para las cajas de 3 kg de tomates de árbol empacados y recubiertos con recubrimiento HPMC-lípidos o cera Sta-Fresh respectivamente, como se observa en la Tabla 3.10. La diferencia de precios entre los frutos sin recubrir y recubiertos fue de \$ 0,30 y \$ 0,20 por kg para los frutos tratados con recubrimiento HPMC-lípidos y con cera Sta-Fresh, respectivamente.

Tabla 3.9. Costos de la aplicación de recubrimiento HPMC-lípidos, cera Sta-Fresh 2505 y sin aplicación de recubrimientos

	Costo unidad \$	Dimensión	Cant.	Sin Recubrir	Con HPMC- lípidos	Con cera Sta-Fresh
				Costo total \$		
Materiales directos						
Tomate de árbol	16,5	gaveta	45,0	742,5	742,5	742,5
Recubrimiento HPMC- lípidos	3,9	L	8,5	-	33,2	-
Cera Sta-Freh 2505	3,6	L	7,1	-	-	25,3
Empaque (caja de cartón y alveólos)	0,6	U	277	152,4	152,4	152,4
Mano de obra directa						
Trabajadores	21,8	hombre/ día	5 (7)	108,8	152,3	152,3
Carga fabril						
a) Materiales indirectos						
Citrex (desinfectante)	20,0	L	2,0	40,0	40,0	40,0
b) Mano de obra indirecta						
Gerente	66,69	hombre/ día	1,0	66,7	66,7	66,7
Supervisor de producción	44,46		1,0	44,5	44,5	44,5
c) Depreciación						
Ventilador industrial	700	U	2	0,25	0,5	0,5
Mesa de selec. y clasif	500	U	2	0,3	0,3	0,3
Balanza (800 kg)	400	U	1	0,1	0,1	0,1
Cámara de refrigeración	9 411,2	U	1	3,2	3,2	3,2
Galpón de 220 m ² (incluido terreno)	55 000,0	U	1	9,5	9,5	9,5
d) Suministros						
Agua	1,0	m ³	4	4	4,0	4,0
Luz	0,09	kW/h	66,4	6	6,0	6,0
e) Herramientas varias						
Tinas de inmersión, lavado y desinfección	80,0	U	3	0,5	0,8	0,8
Mesas con superficie de malla plástica	12,0	u	4	-	0,1	0,1
Gavetas plásticas kaladas	5,0	u	25	0,4	0,4	0,4
f) Imprevistos						
Aprox. 3% de todos los rubros anteriores	-	-	-	5,2	5,3	5,3
Total				1 184, 2	1 261,9	1 254,0

Tabla 3.10. Precio de una caja de 3 kg de tomate de árbol sin recubrir y recubierto con recubrimiento HPMC-lípidos/ cera Sta-Fresh

Tipo de recubrimiento	Costo por 270 cajas \$	Costo por caja (3Kg, 25 unidades) \$	Precio de caja (con 30% de utilidad) \$
Sin recubrir	1 184,9	4,4	5,7
Recubrimiento HPMC y lípidos	1 261,9	4,7	6,1
Cera Sta-Fresh 2505	1 254,0	4,6	6,0

El precio de 1 kg de tomate de árbol es de \$ 1,0, en el mercado rural y \$ 1,85 en los supermercados, mientras que en el mercado internacional es de \$ 12,0/kg para el mercado estadounidense y \$ 17,7/kg (€ 13,1/kg) para el mercado europeo (IMPERIAL-FRUITS, 2013; Proexport Colombia y BID, 2004, p. 83).

Un kilogramo de tomate de árbol recubierto cuesta el doble que el del mercado rural, un 5% más que el de los supermercados, y es de 6 a 9 veces menor que el precio del fruto para el mercado internacional, estas dos últimas relaciones constituyen una ventaja para la comercialización de tomate de árbol recubierto en el mercado nacional (supermercados) y en el mercado internacional.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- El recubrimiento comestible HPMC-lípidos debido a su pH neutro facilita la incorporación de compuestos con características ácidas o alcalinas, tales como sustancias antimicrobianas, que protegen al producto y aumentan el tiempo de vida en estante y la calidad del fruto.
- La aplicación de recubrimientos redujo la tasa de respiración del tomate de árbol en un 27% con recubrimiento HPMC-lípidos y en un 42% con la cera Sta-Fresh 2505, en comparación con los frutos sin recubrir. La variedad mora presentó una tasa de respiración menor que la variedad amarillo gigante.
- Los recubrimientos comestibles aplicados en los frutos redujeron la pérdida de peso comparado con los frutos sin recubrir en un 16% con recubrimiento HPMC-lípidos y en un 39% con cera Sta-Fresh 2505.
- La firmeza de los frutos recubiertos con recubrimiento HPMC-lípidos y cera Sta-Fresh fue en promedio un 21 y 10% mayor que la de los frutos sin recubrir, respectivamente.
- La aplicación de los recubrimientos comestibles estudiados no afectó el contenido de SST, pH y acidez titulable de los frutos recubiertos.
- La calidad visual de los frutos recubiertos se mantuvo con características iniciales hasta los 30 y 45 días a 5 °C más 7 días a 20 °C, para los tomates de árbol tratados con recubrimientos, mientras que en los frutos sin recubrir las características iniciales se mantuvieron hasta los 15 días a 5 °C más 7 días a 20 °C. Al final del almacenamiento todos los tratamientos presentaron deterioro pero aún estaban aptos para el consumo.

- El aroma y la dureza de los frutos, descritos por los panelistas, fueron mayores en los frutos recubiertos que en los sin recubrir, y entre los frutos recubiertos con HPMC-lípidos y cera Sta-Fresh 2505 no existieron diferencias significativas. No se presentaron sabores extraños en los frutos de todos los tratamientos.
- El aspecto del recubrimiento de los frutos recubiertos con HPMC-lípidos fue igual que el de los frutos tratados con cera Sta-Fresh. El recubrimiento HPMC-lípidos proporcionó un aspecto opaco a los frutos tratados, siendo estos frutos menos brillantes que los sin recubrir, mientras que los frutos tratados con cera Sta-Fresh fueron los más brillantes, lo cual da un aspecto “artificial” a los frutos.
- El precio de 3 kg de tomate de árbol empacado, recubierto y almacenado para los frutos tratados con recubrimiento HPMC-lípidos y cera Sta-Fresh fueron de \$ 6,1 y \$ 6,0 respectivamente. El precio del tomate de árbol recubierto es menor que el precio del fruto sin recubrir en el mercado internacional, esto es una ventaja para la comercialización del tomate de árbol en los países extranjeros.

4.2 RECOMENDACIONES

- Realizar un adecuado manejo agronómico de la plantación de la cual provienen los frutos, para prevenir/reducir la contaminación por patógenos.
- Realizar investigaciones para aumentar el brillo que produce el recubrimiento a base de HPMC-lípidos sobre los frutos.
- Realizar investigaciones sobre formulaciones de recubrimientos comestibles a base de HPMC-lípidos con adición de antifúngicos para disminuir la incidencia de *Collectotrichum gloesporoides* y *Colletotrichum acutatum* que son los principales patógenos que atacan al tomate de árbol.

BIBLIOGRAFÍA

1. Academic. (2010). *Mesocarpio, hidrofílico*. Recuperado de <http://www.esacademic.com>, (Septiembre, 2012).
2. AENOR. (1997). *Análisis sensorial. Recopilación de Normas UNE. (Tomo 1)*. Madrid, España: AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación).
3. Aguilar, M. (2005). *Propiedades físicas y mecánicas de películas biodegradables y su empleo en el recubrimiento de frutos de aguacate*. (Maestro en Tecnología Avanzada). Instituto Politécnico Nacional, México D.F., México.
4. Amaya, J., Hashimoto, J. y Julca, J. (2006). *Tomate de árbol (Cyphomandra betacea Send.)*. Trujillo, Perú: Gobierno Regional La Libertad (GRLL).
5. AMDE. (1996). Transformación de los RTA utilizando métodos caseros de deshidratación. En Fairlie, T., Delgado, R. y Espinoza, P. (Ed.). *Programa colaborativo biodiversidad de raíces y tubérculos andinos* (pp. 291-301). Lima, Perú: Centro Internaional de la papa, Cooperación Técnica Suiza, Consorcio para el Desarrollo sostenible de la Ecorregión Andina, AMDE (Corporación Ambiente y Desarrollo).
6. Andueza, I., Ávila, G. y Attias, D. (2000). Caracterización de hidroxipropilmetilcelulosa con potencial aplicación oftalmológica: pH, tensión superficial, características de película. *Journal of the Mexican Chemical Society*. 44 (3), 224-228.
7. Anzaldúa, A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. (Ilustrada). Zaragoza, España: Acribia.

8. AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis of AOAC (Association of Official Analytical Chemist) International*. (18va ed.). Maryland, USA:
9. Ávila, J. (2007). Caracterización Postcosecha de 4 genotipos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) cultivados en Ecuador. *Alimentos Ciencia e Ingeniería* 16 (3), 138-140.
10. Bahn, P., Renfrew, C. (2007). *Arqueología, Biología, Teorías, Métodos y prácticas*. Madrid, España: Ediciones Akal.
11. Banco Central del Ecuador. (2012). *Comercio exterior, información estadística, Total de importaciones y exportaciones por nandina (tomate de árbol 0810903000)*. Recuperado de <http://www.portal.bce.fin.ec>. (Diciembre, 2012)
12. Baraona, M. y Sancho, E. (1983). *Fruticultura general*. (1era ed.). San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia San José.
13. Bedolla, C. y Martín, S. (2003). *Biología*. (1era ed.). México D.F., México: LIMUSA.
14. Beltrán, E. (2004). *Efecto de la aplicación de ceras y de la temperatura dealmacenamiento en la calidad postcosecha de babaco (*Vasconcellea x heilbornii* cv. babaco)*. (Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Químico). Escuela Politécnica Nacional Quito, Ecuador.
15. Bhat, R., Alias, K. y Paliyath, G. (2012). *Progress in food preservation*. (1era ed.). Iowa, Estados Unidos.
16. Bourtoom, T. (2008). Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal*, 15 (3), 2-11.

17. Boyes, S. y Strübi, P. (1997). Organic acid and sugar composition of three New Zealand grown tamarillo varieties (*Solarium betaceum* (Cav.)). *Journal of Crop and Horticultural Science of New Zeland*, 25 (1), 79-83.
18. Brito, B., Espin, S., Villacrés, E., Vaillant, F., Torres, N. y Sañaicela, D. (2008). *Tomate de Árbol. Características físicas y nutricionales de la fruta importantes en la investigación y desarrollo de pulpas y chips*. (Plegable N. 293). Quito, Ecuador: INIAP (Departamento de Nutrición y Calidad), FONTAGRO.
19. Caraza, R., López, R. y Chamorro, M. (2010). *Efectividad de las películas comestibles en la calidad y vida útil de las fresas (Fragaria vesca L.)*. (Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos). Universidad Peruana Unión, Lima, Perú.
20. Cisneros, L. y Krochta, J. (2003). Dependence of coating thickness on viscosity of coating solution applied to fruits and vegetables by dipping method. *Journal of Food Science*, 68 (2), 503-510.
21. CODEX. (2011). *Norma del Codex para el tomate de árbol*. (CODEX STAN 303-2011).
22. Coletto, J. (1995). *Crecimiento y desarrollo de las especies frutales*. (2da ed.) Madrid, España: Mundi Prensa Libros S.A.
23. Contreras, J., Gamba, H. y Fischer, G. (2007). Características químicas y organolépticas del tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) a dos temperaturas de almacenamiento y dos tipos de cera. *Ciencia y Agricultura*, 5 (2), 39-49.
24. CORPEI, C. (2009). *Perfil del tomate de árbol*. (1era ed.). Quito, Ecuador: Centro de información e inteligencia comercial (CICO), CORPEI.

25. Chakraverty, A., Mujumdar, A., Raghavan, V. y Ramaswamy, H. (2003). *Handbook of Postharvest Technology*. (1era ed.). California, Estados Unidos: CRC.
26. Díaz, O. (2005). *Guía para post cosecha y mercadeo de productos agrícolas* (1era ed.). Bogotá, Colombia: Editorial UPAR.
27. Fan, X., Niemira, B., Doona, C., Feeherry, F. y Gravani, R. (2009). *Microbial safety of fresh produce*. (1era edición). Iowa, Estados Unidos: Office.
28. FAO. (1995). *El cultivo de la soja en los trópicos. Mejoramiento y producción* (Colección FAO: Producción y Protección Vegetal No. 27). Roma, Italia: Empresa Brasileña de investigación agropecuaria, Centro Nacional de Investigación sobre la Soja.
29. FAO. (2003). Basic Harvest and Post-Harvest Handling Considerations for Fresh Fruits and Vegetables. En (Ed.). *Handling and preservation of fruits and vegetables by combined methods for rural areas (Technical Manual)* (pp. 19-37). Agricultural and Consumer Protection Department.
30. FAO. (2006). *Ficha técnica del tomate de árbol (Cyphomandra betacea)*. Recuperado de http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/TOMATEDEARBOL.HTM, (Noviembre, 2011).
31. Fernández, P. (2009). *Libros sobre ingeniería energética-IV Cargas térmicas y dimensionamiento*. Recuperado de: <http://es.libros.redsauce.net/>, (Noviembre, 2012).
32. Figueroa, J., Salcedo, J., Aguas, Y., Olivero, R. y Narváez, G. (2011). Recubrimientos comestibles en la conservación del mango y aguacate, y perspectiva, al uso del propóleo en su formulacion *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 3 (2), 386-400.

33. Flórez, J. (2009). *Agricultura ecológica*. Madrid, España: Mundi-Prensa Libros S.A.
34. Fraume, N. J. (2007). *Diccionario Ambiental*. (1era ed.). Bogotá, Colombia: ECOE Ediciones.
35. Gallo, F. (1997). *Manual de Fisiología, Patología Post-Cosecha y Control de Calidad* (2da ed.). Armenia, Colombia: NRI, SENA, DFID.
36. García, L. M., García, R., Medina, C. I. y Lobo, M. (2002). *IV Seminario Nacional Frutales de Clima Frío Moderado*. Bogotá, Colombia: CORPOICA, Universidad Pontificia Bolivariana, Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales.
37. García, M. (2008). *Manual de manejo cosecha y poscosecha del tomate de árbol*. (1era ed., CORPOICA). Bogotá, Colombia: Produmedios.
38. García, M. y García, H. (2001). *Manejo cosecha y poscosecha de lulo, mora y tomate de árbol*. (1era ed.). Bogotá, Colombia: CORPOICA, PRGA, CIAT.
39. García, M., Pinotti, A., Martino, M., Zaritzky, N., Olivas, G. y Barbosa, G. (2009). Characterization of Starch and Composite Edible Films and Coating, Edible Film and Coating for Fruits and Vegetable. En Embuscado, M. y Huber, K. (Ed.). *Edible Films and Coating for Food Applications* (pp.169-209; 210-244). New York, Estados Unidos: Springer.
40. García, S., Flores, C. y Bocardo, B. (2004). *Biología 2*. (1era ed.). Jalisco, México: Editorial UMBRAL.
41. Gil, Á. (2010). *Tratado de Nutrición. Composición y Calidad nutritiva de los alimentos*. (2da ed. Tomo II). Madrid, España: Panamericana.

42. Gonzáles, G. L. (2006). *Los árboles y arbustos de la península Iberica e Islas Baleares*. (2da ed.). Madrid, España: Mundi Prensa Libros S.A.
43. González, G. A., Ruíz, S., Cruz, R., Ayala, J. F., Rosa, L. A. D. I. y Álvarez, E. (2008). New technologies to preser quality fresh-cut produce. En Gutierrez, G., Barbosa, G., Chanes, J. y arias, E. (Ed.). *Food engineering: Integrated Approaches* (pp. 105-116). New York, U.S.A: Springer.
44. Grau, M. A., Fortuny, R. S. y Belloso, O. M. (2011). Use of Edible Coating for Fresh-Cut Fruits and Vegetables. En Belloso, O. M. y Fortuny, R. S. (Ed.). *Advances in Fresh-Cut fruits and vegetables processing* (pp. 285-312). New York, United States: Taylor and Francis Group.
45. Greener, I. y Fennema, O. (1994). Edible films and coating: Characteristics, formation, definitions, and testing methods. En Krochta, J., Baldwin, E. y Nisperos, M. (Ed.). *Edible Coating and Films to improve Food Quality* (pp. 1-24). Technomic Publishing Company, Inc.
46. Guilbert, S. (1986). Technology and application of edible protective films. En Mathlouthi, M. (Ed.). *Food Packaging and Preservation: Theory and Practice* (pp. 371-394). London, UK: Elsevier Applied Science Publishing Co.
47. Guilbert, S., Guillaume, C. y Gontard, N. (2011). New Packaing Materials Based in Renewable Resources: Properties, Aplications and Prospects. Edible Coating to improve Food Quakity and Safety. En Unidos, E. (Ed.). *Food Engineering Interfaces* (pp. 619-630; 631-660). New York, U.S.A.: Springer.
48. Gutiérrez, H. y Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. (2da ed.). México D.F., México: McGraw-Hill/Interamericana.

49. Hagenmaier, R. y Baker, R. (1997). Edible Coatings from Morpholine-Free Wax Microemulsions. *Journal of agricultural and food chemistry*, 45 (2), 349-352.
50. Hagenmaier, R. D. y Baker, R. A. (1995). Layered coatings to control weight loss and preserve gloss of citrus fruit. *Horticultural Sciences*, 30 (3), 296-298.
51. Han, J. (2005). *Innovations in Food Packaging*. (1era ed.). California, Estados Unidos: Elsevier Ltda.
52. Hardenburg, R., Watada, A. y Wang, C. (1988). *Almacenamiento comercial de frutas, legumbres y existencias de floristerías y viveros*. (1era edición). San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
53. Hernández, M. y Sastre, A. (1999). *Tratado de nutrición*. Madrid, España: Editorial Díaz y Santos S.A.
54. Hinestrosa, A. y Peláez, D. (2007). *Manual Fitosanitario para la protección de cultivos de fruta pequeña de clima frío moderado*. (1era edición). Antioquía, Colombia: Centro Ciencia y Tecnología de Antioquía.
55. IICA (Instituto Interamericano para la Cooperación y Agricultura). (1988). *Almacenamiento comercial de frutas, legumbres y existencias de floristerías y viveros*. (1era ed.). San José, Costa Rica: Colección Investigación y Desarrollo/IICA No. 16.
56. IICA-PROCIANDINO. (1997). *Estudio Global para identificar oportunidades de Mercado de frutas y hortalizas de la región Andina-Fruthex*. (Informe final). Bogotá, Colombia: IICA-PROCIANDINO.

57. INAMHI. (2006). *Anuario Meteorológico*. (46ta edición). Quito, Ecuador: Ministerio de Minas y Petróleo.
58. IMPERIAL-FRUITS. (2013). *Productos-frutas exóticas-tomate de árbol*. Recuperado de: <http://www.imperialfruits.com>, (Agosto, 2012)
59. INTERFAL. (2012). *Natural oils, Goma laca 63 FO-FK*. Recuperado de http://www.interfat.com/uploads/documents/122/goma_laca_63_fo-kh_ft.pdf, (Enero, 2013).
60. Jibaja, H. (2010). *Modelado de la cinética de absorción de aceite durante el proceso de fritura al vacío de hojuelas de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.)*. (Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
61. Kader, A. (2005). *Tamarillo-Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha*. Recuperado de http://postharvest.ucdavis.edu/frutasymelones/Tamarillo_1/,
62. Kader, A. (2007). *Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas*. (3era ed.). California, Estados Unidos: Universidad de California.
63. Kader, A. (2011). *Tamarillo: Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha*. Recuperado de http://postharvest.ucdavis.edu/frutasymelones/Tamarillo_1/, (Noviembre, 2011).
64. Kojima, T., Fujita, S., Tanaka, M. y Sirisomboon, P. (2004). Plant Compound and fruit texture: the case of pear. En Kilkast, D. (Ed.). *Texture in Food* (pp. 275-276). Abington, Inglaterra: Woodhead Publishing Limited.
65. León, J., Viteri, P. y Cevallos, G. (2004). *Manual del cultivo de tomate de árbol* (Manual No.61). Quito, Ecuador: INIAP

66. Lewis, D. y Considine, J. (1999). Pollination and fruit set in the tamarillo (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 27 (1), 101-112.
67. Lin, D. y Zhao, Y. (2007). Innovations in the Development and Application of Edible Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables. *Food Science and Food Safety (Comprehensive reviews)*, 6 (2), 60-75.
68. Lissant, J. K. (1970). Geometry of Emulsions. *Journal of the Society of Cosmetic Chemists*, 21 (1), 141-154.
69. Lojolo, F. M. y Henzel, E. (2006). *Carbohidratos en alimentos regionales iberoamericanos*. Sau Paulo, Brasil: Edusp.
70. MAGAP y SIGAGRO. (2011). *Tomate de árbol: superficie, producción y rendimiento a nivel nacional-Serie histórica 2000-2010*. Recuperado de <http://www.magap.gob.ec/sinagap/index.php?option=&view=wrapper&Itemid=414>, (Abril, 2012).
71. Márquez, C., Otero, C. y Cortés, M. (2007). Cambios fisiológicos, texturales, fisicoquímicos y microestructurales del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) en poscosecha. *VITAE*, 14 (2), 9-16.
72. Martínez, A. (2003). *Cítricultura*. (2da edición). Madrid, España: Editorial Aedos.
73. Martínez, A., Lee, R., Chaparro, D. y Páramo, S. (2003). *Postcosecha y mercadeo de frutas de clima frío bajo prácticas de producción sustentable*. (1era ed.). Bogotá, Colombia: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

74. Martínez, J., Cotes, J. y Marín, M. (2010). Detección serológica y molecular de virus en áfidos asociados a cultivos de tomate de árbol con síntomas de virosis en Antioquía, Nariño (Colombia). *Facultad de Ciencias Básicas* 6 (2), 182-197.
75. McGrath, H. y Taucher, J. (1987). Red tamarillos (*Cyphomandra betacea*): post-harvest control of fungal decay with hot water and imazalil dips. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, 15 (1), 223-228.
76. McHug, T., Avena, R. J. y Du, W.-X. (2009). Extension of shelf life and control of human pathogens in produce by antimicrobial edible film and coating. En Fan, X., Niemira, B., Doona, C., Feeherry, F. y Gravani, R. (Ed.). *Microbial safety of fresh produce* (pp. 225-227). Iowa, U.S.A: Wiley Blackwell.
77. McHugh, T., Aujard, F. y Krochta, J. (1994). Plasticized whey protein edible films: water vapor permeability properties. *Journal of food science*, 59 (2), 416-419.
78. McHug, T. y Krochta, J. (1994). *Permeability properties of edible films*. En: *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. Pensilvania, Estados Unidos: Editorial Technomic Publishing Co. Lancaster.
79. Miller, K., S. y Krochta, J., M. (1997). Oxygen and properties barrier of edible coating: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 8 (7), 228-237.
80. Moreno, M. (2003). *Guía para la procesos de cerería, jabonería y cremas*. Bogotá Colombia: UPAR.
81. Navarro, M. (2007). *Efecto de la composición de recubrimientos comestibles a base de hidroxipropilmetilcelulosa y cera de abeja en la calidad de*

ciruelas, mandarinas y naranjas. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

82. NTC-4105. (1997). *Frutas frescas. Tomate de árbol. Especificaciones*. Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y certificaciones (ICOTEG), NTC (Norma Técnica Colombiana).
83. Nussinovitch, A. (2003). *Water-Soluble Polymer Applications in Foods*. Iowa, U.S.A.: Editorial Blackwell Science Publishing.
84. Ocampo, E., Barrera, E. y Yepes, D. (2009). Evaluación de las características fisicoquímicas del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) en tres estados de maduración. *Revista de la Universidad nacional de Colombia*, 20 (1), 1-6.
85. Ortiz, X., Acevedo, X. y Martínez, H. (2002). *Características y estructura de los frutales de exportación en Colombia*. Bogotá, Colombia: Documentos de trabajo No. 19.
86. Otegui, M. E. (2011). *Soya: planta autógama o alógama*. Recuperado de <http://fitomejoramiento2soya.blogspot.com/2011/09/soya-planta-alogama-o-planta-autogama.html>, (Septiembre, 2012).
87. Pérez, B., Bringa, E., Mercado, J., Saucedo, C., Cruz, L. y Báez, R. (2004). Aplicación de cera comestible en mango. Parte II: Estudios fisiológicos asociados a la maduración del fruto durante el almacenamiento comercial. *Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha*, 6 (1), 24-33.
88. Pérez, C., Regalado, C., Rodríguez, C.A., Barbosa, J.R., Villaseñor F. (2006). Incorporations of antimicrobial agents in food in packaging films and coatings. *Agricultural and Food Biotechnology*, 37/661 (2), 193-216.

89. Plackett, D. (2011). *Biopolymers: New materials for sustainable films and coating*. (1era ed.). West Sussex, Reino Unido: Wiley.
90. Pletney, V. (2007). *Focus on Food Engineering Research and Development*. New York, Estados Unidos: Editorial Nova Sciene Publishers, Inc.
91. Portela, S. (1999). Fisiología y manejo de postcosecha del tamarillo (*Cyphomandra betacea*). *Universidad de California*, 4 (1), 33-43.
92. Proexport Colombia y BID (Banco Interamericano de Desarrollo). (2004). *Estudio de mercado Canadá-Frutas exóticas*. Bogotá, Colombia: BID.
93. Producto y Empaque Ltda. (2012). *Empaques por producto: Tomate de árbol*. Recuperado de <http://www.productoyempaque.com>. (Agosto, 2012).
94. Prohens, J., Ruiz, J. y Nuez, F. (1996). Advancing the tamarillo harvest by induced posharvest reopening. *HortScience*, 31 (1), 109-111.
95. Pua, E. y Davey, M. (2010). *Bilogy Biotechnological Perspectives*. (1era ed.). New York, U.S.A: Springer-Verlag Berlín Heidelberg.
96. REA. (2001). *genotipo; carotenoides; antocianinas*. Recuperado de http://buscon.rae.es/drae/?type=3&val=a&val_aux=&origen=REDRAE, (Septiembre, 2012).
97. Reina, C., Guzmán, M. y Chamorro, O. (1998). *Manejo postcosecha y evaluación de la calidad para tomate de árbol (Cyphomandra betacea Sendt.) que se comercializa en la ciudad de Neiva*. Neiva, Colombia: Universidad surcolombiana.
98. Revelo M, J., Mora C, E. y Gallegos G, P. (2008). *Enfermedades, nematodos e insectos plaga del tomate de arbol (Solanum betaceum Cav.)*. (Boletín técnico). Quito, Ecuador: INIAP, MAGAP, SENACYT.

99. Revelo, V. (2011). *Evaluación de la calidad poscosecha en genotipos mejorados e injertos de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.)*. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
100. Robertson, G. (1993). *Food Packaging. Principles and practice*. New York, Estados Unidos: Marcel Dekker, Inc.
101. Rodov, V., Copel, A., Aharoni, N., Wiseblum, A., Horev, B. y Vinokur, Y. (2000). Nested modified-atmosphere packages maintain quality of trimmed sweet corn during cold storage and the shelf life period. *Postharvest Biology and Technology*, 18 (3), 259-266.
102. Román, Á. (2005). *Tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.), Método fácil para su cultivo y comercialización*. Quito, Ecuador:
103. Rong, Z. y Yao, H. (2003). Influence of hidroxypopyl methylcellulose edible coating on fresh keeping and storability of tomate. *Journal of Zhejiang University Science*, 4 (1), 109-113.
104. Ruano, J. F. (2005). *La distribución alimentaria en Ecuador*. Quito, Ecuador: Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Quito.
105. Salvador, A., Monterde, A., Navarro, P. y Cuquerella, J. (2003). Tecnologías de procesado, conservación y transporte. En Merodio, C. y Escribano, M. I. (Ed.). *Maduración y post-recolección de frutas y hortalizas* (p. 299-310). Madrid, España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).
106. Siller, J., Báez, M., Sañudo, A. y Báez, R. (2002). *Manual de Buenas Prácticas agrícolas*. (1era ed.). México D.F., México: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.

107. Skurtys, O., Acevedo, C., Pedreschi, F., Enrione, J., Osorio, F. y Aguilera, J. M. (2010). Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings. En Holligworth, C. (Ed.). *Food Hydrocolloids, characteristics, properties and structures* (pp. 41-80). Santiago de Chile, Chile: NOVA.
108. Statpoint, I. (2005). *Statgraphics Centurion XV*. Recuperado de http://www.statgraphics.net/Novedades_Centurion_XV.pdf, (Mayo, 2011).
109. Sun, D. (2012). *Handbook on frozen Food Processing and Packaging*. (2da ed.). New York, Estados Unidos: Taylor and Francis Group (CRC Press).
110. Tadeo, F., Cercós, M., Colmeneros, J., Iglesias, D., Naranjo, M., Ríos, G. y Carrera, E. (2008). Molecular Physiology of Development of Quality of Citrus. En Kader, J. C. y Delseny, M. (Ed.). *Advances in Botanical Research* (pp. 167). Nueva York, U.S.A: Elsavier Ltda.
111. Taherian, A., Fustier, P. y Ramaswamy, H. (2006). Effect of added oil and modified starch on rheological properties, droplet size distribution, opacity and stability of beverage cloud emulsions. *Journal of Food Engineering*, 77 (3), 687-696.
112. Taiz, L. y Zeiger, E. (2002). *Fisiología post-cosecha*. (3era ed.). Castellón de la Plana, España: Editorial Universitat Jaume.
113. Tamayo, A., Bernal, J., Hicapié, M. y Londoño, M. (2001). *Frutales de clima frío moderado*. Bogotá, Colombia: CORPOICA.
114. Tamayo, P. (2001). *Principales enfermedades del tomate de árbol, la mora y el lulo en Colombia*. (Boletín técnico 12, 1era ed.). Bogotá, Colombia: CORPOICA.

115. Thionov, A.I., Iavtushenko, S.V., Ichilov, V., Iarnih T.G. (1986). *Some Facts about beeswax extracted from propolis*. Recuperado de www.apimondiafoundation.org. (Enero, 2013).
116. Togores, J. H. (2003). *Tratado de Enología*. (Tomo I). Madrid, España: Aedos S.A.
117. Torres, N. (2006). *Determinación del potencial nutritivo y nutracéutico de cuatro cultivares de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.)*. (Tesis previo a la obtención del título de Doctora en Bioquímica y Farmacia). Escuela Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
118. Trezza, T. y Krochta, J. (2000). The gloss of edible coating as affected by surfactants, lipids, relative humidity and time. *Food Science*, 65 (4), 658-662.
119. Valencia, S. (2009). *Development of edible composite coatings with antifungal activity on citrus fruit*. (Disertación doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
120. Vargas, M., Pastor, C., Chiralt, A., McClements, D. y Gonzáles, C. (2008). Recent advance in edible coating for fresh and minimally processed fruits. *Food Science and Nutrition*, 48 (3), 496-511.
121. Wills, R., McGlasson, B., Graham, D. y Joyce, D. (1998). *Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales*. (2da ed.). Zaragoza España: Acribia S.A.
122. Zamora, J. D. (2007). Antioxidantes: Micronutrientes en lucha por la salud. *Revista Chilena de nutrición*, 34 (1), 1-11.
123. Zehuten, P. y Bagh, L. (2003). *Food preservation techniques*. Abington, Estados Unidos: Woodhead Publishing Limited.

ANEXOS

ANEXO I

EMPAQUE PARA EL TOMATE DE ÁRBOL

En las siguientes figuras se observa el empaque para tomate de árbol con alvéolos para 25 frutos para un peso aproximado de 3 kg de producto, y el apilamiento del producto empacado.



Figura AI1. Caja de cartón para empaque de tomate de árbol
(Producto y Empaque Ltda., 2012)

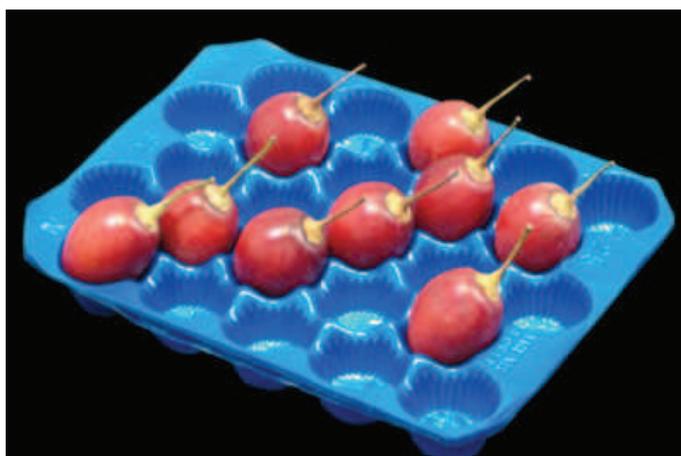


Figura AI2. Tomate de árbol en alvéolos
(Producto y Empaque Ltda., 2012)



Figura AI3. Empaque y apilamiento de tomates de árbol
(Producto y Empaque Ltda., 2012)

ANEXO II

CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE CERA COMERCIAL STA-FRESH 2505

FORMULA CONFIDENCIAL Y DE PROPIEDAD DE JBT

Producto: Santa Fresh 2505

Nombre Técnico: Solución salobre de Resina Alcalina

Por medio de la presente certificamos que:

**Corporación JBT, Tecnología de Alimentos JBT
California y Florida Estados Unidos
Ciudad de Cape-Sud Africa. Ningbo-China**

Producen la cera Santa Fresh 2505, lista para ser usada como capa protectora en frutas.

La cera Santa Fresh 2505 no contiene productos derivados de animales y los equipos utilizados para su elaboración tampoco son usados para procesar productos provenientes de animales y sus derivados.

Los ingredientes para producir la cera 2505 son:

Ingredientes:	Porcentajes
Cera básica de procedencia vegetal (carnauba)	18.0 al 21.0 %
Sales de Ácidos grasos vegetales	9.5 al 11.5%
Sulfactantes y Agua	Eqv. a 100%

Acatando las regulaciones de comidas, alimentos y drogas de los Estados Unidos
Capitulo 21 del Código de las Regulaciones Federales

En todos los cartones de embalaje debe rezar marcados que las frutas están:

“Las Frutas están recubiertas con la cera Sta Fresh 2505 que es elaborada a base de cera vegetal o resina vegetal mantiene la frescura.

JBT vende este producto bajo el nombre de Sta Fresh 2505 en los Estados Unidos como en otros países ya sea directamente o a través de sus distribuidores y representantes.

Sta Fresh es una Marca Registrada de JBT Corporación.

ANEXO III

APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO HPMC-LÍPIDOS Y CERA STA-FRESH 2505

En las siguientes figuras se observa la aplicación de recubrimiento al fruto de tomate de árbol por el método de inmersión (A) y el proceso de sacado del recubrimiento a temperatura ambiente sobre mallas plásticas.

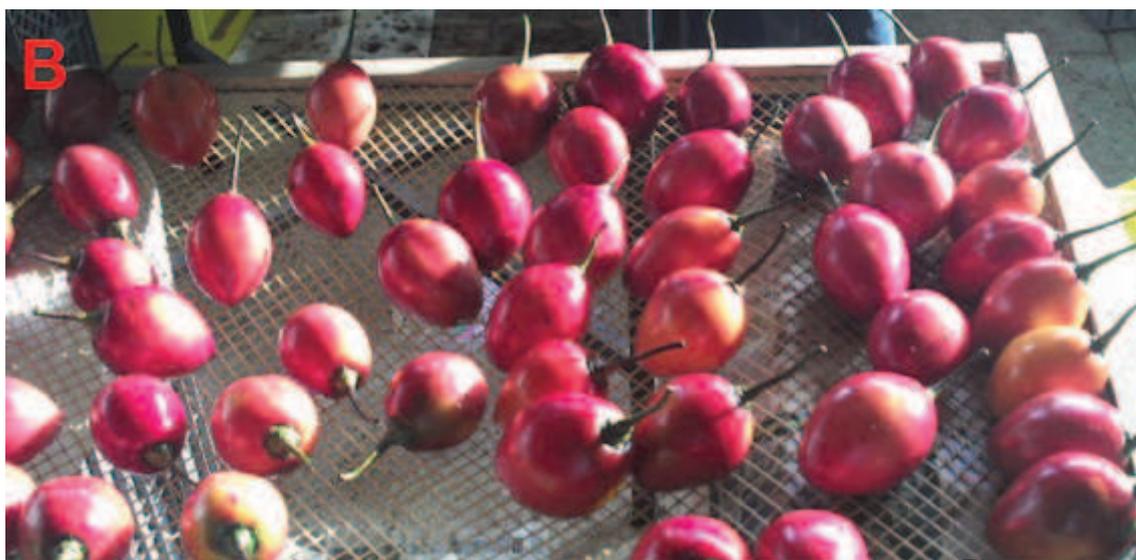


Figura AIII. (A) Aplicación de recubrimiento por inmersión y (B) secado del recubrimiento

ANEXO IV

SISTEMA DE RESPIRACIÓN PARA TOMATE DE ÁRBOL ALMACENADO A 5 °C Y 90% HR

En la siguiente figura se observan los equipos y materiales utilizados para establecer el sistema de respiración de los frutos de tomate de árbol almacenados a 5 °C y 90% HR hasta 60 días más 7 días como tiempo de vida en estante.

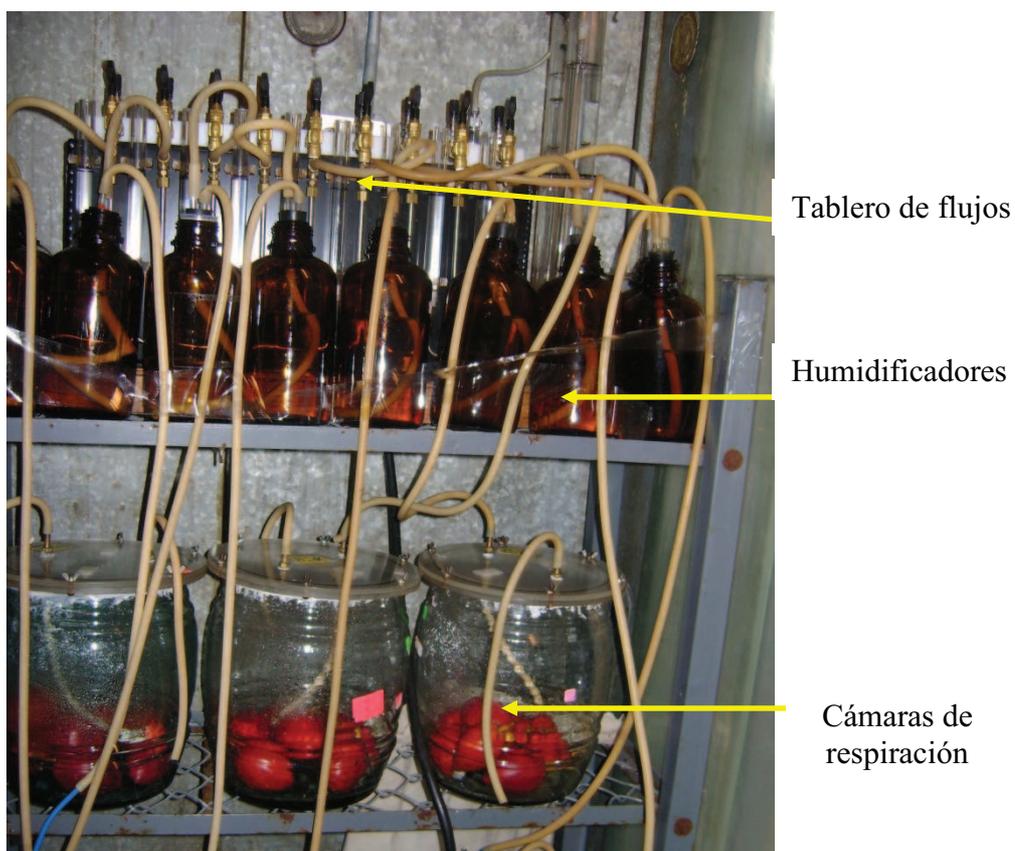


Figura AIV. Sistema de respiración; tablero de flujos, humidificadores y cámaras de respiración

ANEXO V

**CÁLCULO DEL FLUJO DE AIRE REQUERIDO PARA EL ANÁLISIS
DE LA TASA DE RESPIRACIÓN DEL TOMATE DE ÁRBOL
ALMACENADO A 5 °C Y 90% HR**

La tasa de respiración del tomate de árbol a 20 °C es:

$$T=4 \text{ °C} \longrightarrow R1 = 3,95 \text{ mLCO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \text{h}^{-1}$$

$$T=20 \text{ °C} \longrightarrow R2 = 12 \text{ mLCO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \text{h}^{-1}$$

Cálculo de Q_{10} :

$$Q_{10} = \left(\frac{R2}{R1} \right)^{\frac{10}{T2-T1}} \quad [\text{AV.1}]$$

$$Q_{10} = 2$$

Cálculo de la tasa de respiración a 5 °C:

$$R2 = (R1 \times Q_{10})^{\frac{T2-T1}{10}} \quad [\text{AV.2}]$$

$$R2 = 4,24 \text{ mLCO}_2 / \text{Kg} \cdot \text{h}$$

Calculo del flujo de aire:

$$\text{Flujo de aire} = \frac{R2 \times \text{peso del producto}}{[\text{CO}_2]} \quad [\text{AV.3}]$$

$$\text{Flujo de aire} = \frac{4,24 \text{ mLCO}_2 / \text{kg} \cdot \text{h} \times 1 \text{ kg}}{0,002 \text{ mLCO}_2 / \text{mL aire}}$$

$$\text{Flujo de aire} = 2120 \text{ mL aire/h} ; \text{Flujo de aire} = 35,33 \text{ mL aire/min}$$

Calculo del flujo de aire (más 40%):

$$\text{Flujo de aire} = 35,33 \text{ mL aire/min} \times 1,4 = 49,47 \text{ mL aire/min}$$

Calculo del flujo de aire para el número de jarras de respiración:

$$\text{Flujo de aire} = 49,47 \text{ mL aire/min} \times 18 (\text{Número de jarras}) = 890,4 \text{ mL aire/min}$$

ANEXO VI

CONDICIONES DE TRABAJO DEL ANALIZADOR DE GASES POSTHARVEST RESEARCH PARA DETERMINACIÓN DE PRODUCCIÓN DE CO₂ EN LA RESPIRACIÓN DEL TOMATE DE ÁRBOL

Volumen de muestra: 1 mL

Gas portador: Nitrógeno; **Flujo de gas portador:** 100 mL/min

Presión gas portador: 15 psi

Estándar de CO₂: 0,49%; **Rango del detector de CO₂:** 0,2%

Rango del registro de CO₂ (estándar): 10v

Rango del registro de CO₂ (muestra): 1v

En la siguiente figura se observa el analizador rápido de CO₂-O₂ utilizado para analizar el aire de respiración del tomate de árbol por cada 3 días durante los 60 días de almacenamiento a 5 °C y 90% HR.

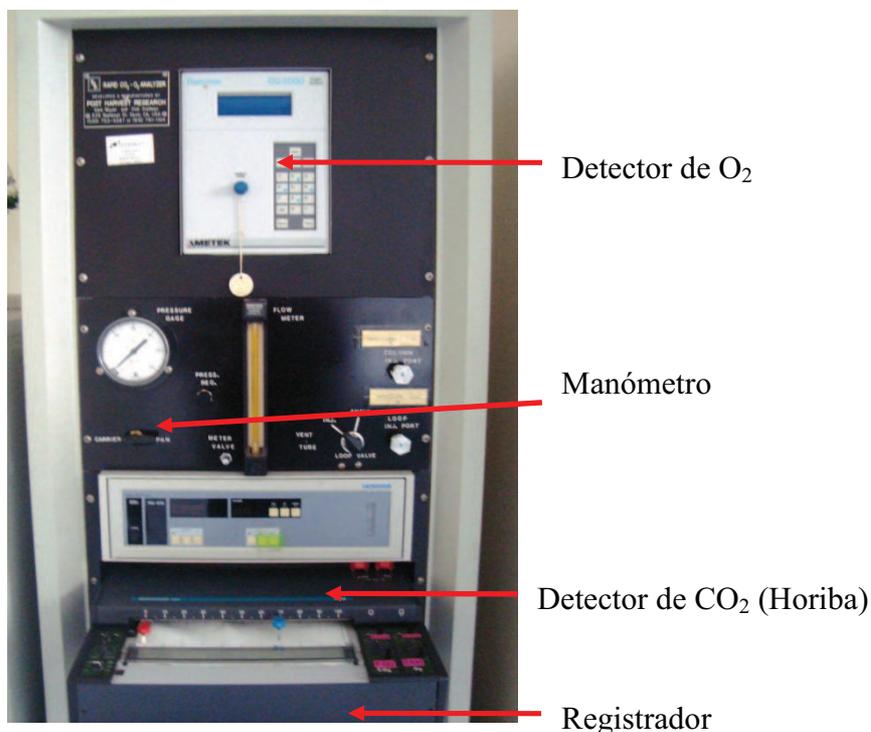


Figura AVI. Analizador rápido de CO₂-O₂ Postharvest Research

ANEXO VII

TURGENCIA DE LOS FRUTOS DE TOMATE DE ÁRBOL

En la siguiente figura se observa la escala de turgencia elaborada en la presente investigación, utilizada para la evaluación de la calidad visual del tomate de árbol.

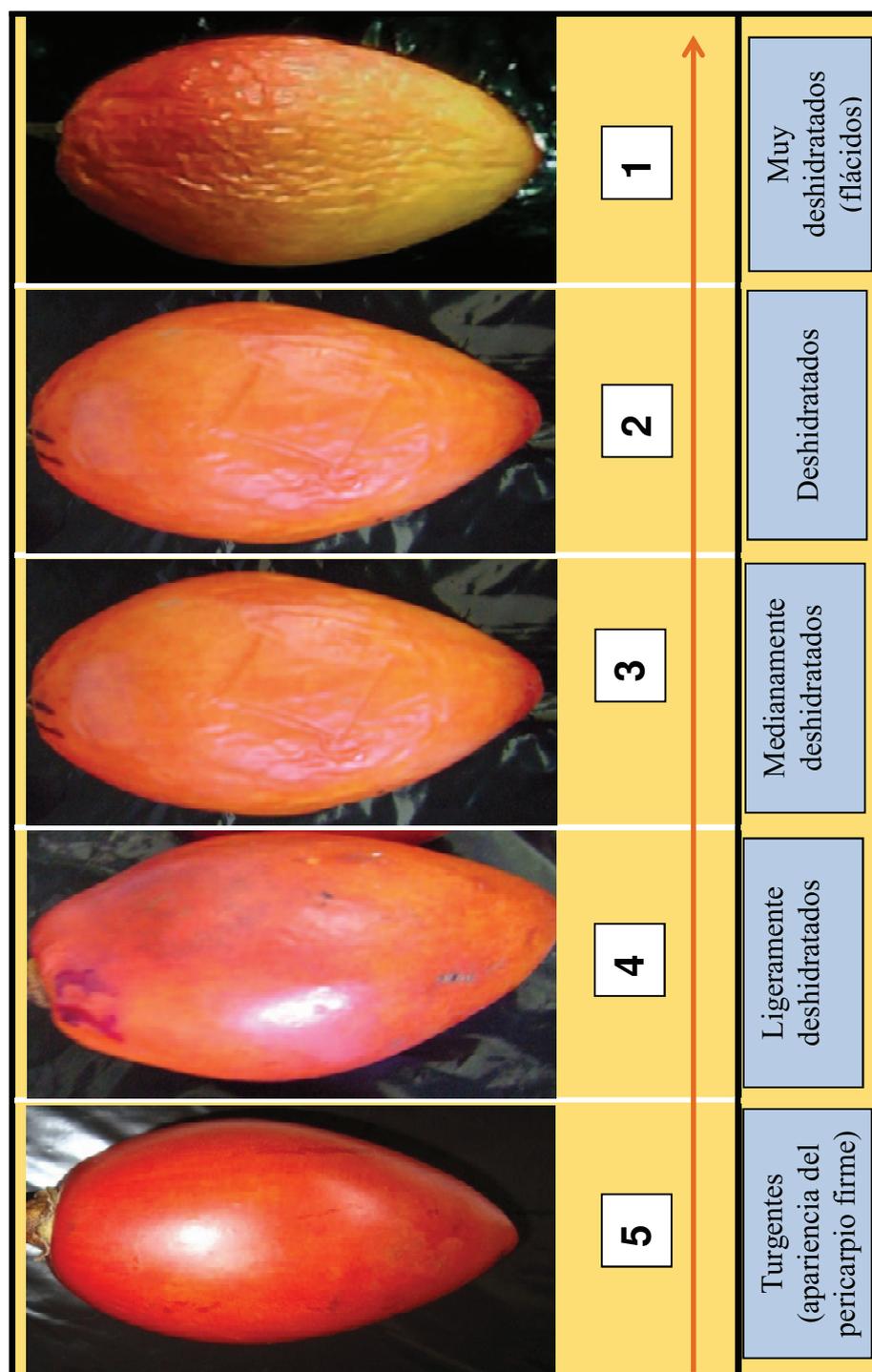


Figura AVII. Escala de turgencia del tomate de árbol

ANEXO VIII

MARCHITEZ DEL PEDÚNCULO DEL TOMATE DE ÁRBOL

La siguiente figura muestra la escala de marchitez del pedúnculo elaborada en la presente investigación para la evaluación de la calidad visual del tomate de árbol.



Figura AVIII. Escala de marchitez del pedúnculo

ANEXO IX

DAÑOS FÍSICOS Y MANCHAS EN TOMATE DE ÁRBOL

En las siguientes figuras se muestran los daños físicos como golpes, rasgaduras y cortes que se pueden presentar en el tomate de árbol a causa del manejo del producto durante los procesos poscosecha, además de las manchas ocasionadas en algunos casos por golpes.

(A)



(B)



Figura AIX. (A) daños físicos y (B) manchas

ANEXO X

PODREDUMBRE DEL TOMATE DE ÁRBOL

La siguiente figura muestra la escala de podredumbre elaborada en la presente investigación para la evaluación de la calidad visual del tomate de árbol.

	1	Extremo (> 50% del fruto esta afectado)
	2	Severo (30 a 50%)
	3	Moderado (10 a 30%)
	4	Leve (0-10% del fruto)
	5	Ninguna (0% del fruto se encuentra afectado)

Figura AX. Escala de podredumbre del tomate de árbol

ANEXO XI

**FORMATO PARA EVALUACIÓN SENSORIAL DE FRUTOS DE
TOMATE DE ÁRBOL RECUBIERTOS Y SIN RECUBRIR**



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
LABORATORIO DE ANÁLISIS SENSORIAL**

PRODUCTO: Tomate de árbol

NOMBRE:..... **FECHA:**.....

HORA:.....

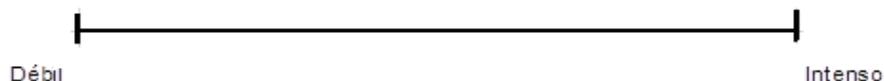
Usted está recibiendo seis muestras para evaluar. La prueba es simple, consiste en evaluar cada una de las muestras según el orden definido y señalar en la escala con una raya vertical la calificación que detecte en cada uno de los atributos. Sobre la raya coloque el número de muestra según corresponda.

CÓDIGO DE MUESTRA

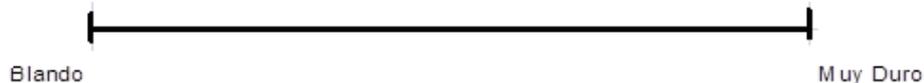
No.....
No.....
No.....
No.....
No.....
No.....

ATRIBUTO

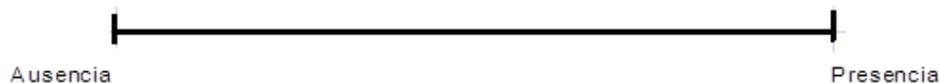
Aroma (Sabor + olor)



Firmeza



Sabores Extraños



AC/SV

Califique el aspecto del recubrimiento de las seis frutas según la valoración indicada.

ASPECTO DEL RECUBRIMIENTO
Homogeneidad, manchas, grietas
1. Bueno 2. Aceptable 3. Malo

Código	Calificación

BRILLO

Ordena de izquierda a derecha los códigos de +Brillo a -Brillo en las siguientes casillas

+Brillo					- Brillo

OBSERVACIONES:.....

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN.

ANEXO XII**BRILLO DE LOS TOMATES DE ÁRBOL, RECUBIERTOS Y SIN RECUBRIR**

En la siguiente figura se observa la diferencia de brillo entre un fruto recubierto con la cera comercial Sta-Fresh 2505 y uno sin recubrir.



Figura AXII. (A) Tomate de árbol brillante (recubierto con cera comercial Sta-Fresh 2505), y (B) tomate de árbol con aspecto opaco (sin recubrir).

ANEXO XIII**ANTRACNOSIS EN EL TOMATE DE ÁRBOL RECUBIERTO Y SIN RECUBRIR, ALMACENADO A 5 °C Y 90% HR**

En las siguientes figuras se observan frutos de tomate de árbol afectados con antracnosis a causa del ataque de hongos (*Colletotrichium gloesporoides*).



Figura AXIII1. (A) Frutos de tomate de árbol con antracnosis u ojo de pollo, fruto de la variedad mora, sin recubrir



Figura AXIII2. (B) Frutos de tomate de árbol con antracnosis u ojo de pollo, fruto de la variedad amarillo gigante, sin recubrir



Figura AXIII3. (C) Frutos de tomate de árbol con antracnosis u ojo de pollo, fruto de la variedad amarillo gigante, recubierto con recubrimiento HPMC-lípidos

ANEXO XIV

CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CARGA CALÓRICA DE LA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN PARA EL ALMACENAMIENTO DEL TOMATE DE ÁRBOL

Tabla AXIV1. Condiciones, dimensiones y características de los componentes e implementos de la cámara de refrigeración para el almacenamiento de tomate de árbol a 5 C y 90% HR y cálculo de la carga calórica debido a perdida en paredes

DATOS DE DISEÑO				
Temperatura ambiental	20	°C	Temperatura cá	5 °C
Dimensiones externas de la cámara		Dimensiones internas de la cámara		
Largo	5,1	m	Largo	4,8 m
Ancho	4,7	m	Ancho	4,4 m
Altura	2,8	m	Altura	2,5 m
Material de aislamiento	(poliuretano de 38 kg/m ³)			
Espesor de aislamiento	10,0	cm (4 pulgadas)		
R = Factor de resistencia del material de aislamiento	339,1	kJ/*m ² * día		
Producto almacenando	tomate de árbol	Cant. de fruto	833,3	Kg
Carga Miscelaneas				
# Personas horas	1	Pers./h	Carga motores	1,0 HP
Luces	120	W/h		
CARGA CALÓRICA DE LA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN				
PERDIDAS EN PAREDES: $A * R$	Área A (m ²)	Factor R de resistencia del material aislamiento	Valor	
Área piso	24,0	339,1	8 127,4	kJ/día
Área cielo	24,0	339,1	8 127,4	kJ/día
Área pared 1	14,3	339,1	4 841,9	kJ/día
Área pared 2	13,2	339,1	4 462,1	kJ/día
Área pared 3	14,3	339,1	4 841,9	kJ/día
Área pared 4	13,2	339,1	4 462,1	kJ/día
1.-TOTAL PERDIDA PAREDES			34 862,8	kJ/día

Tabla AXIV2. Cálculo de la carga calórica total (kJ/día) de la cámara de refrigeración para el almacenamiento de tomate de árbol a 5 C y 90% HR por pérdida en aire de reemplazo, por motores y luces, por personas y por producto, y carga calórica total (kJ/día)

CARGA CALÓRICA DE LA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN					
PERDIDA EN AIRE DE REPLAZO	Volumen interno (m3)	Número de renovaciones (cambios/día)	Factor F de calor removido en el aire de enfriamiento (kJ/m3)	Valor	
Calor de aire renovado ($V \cdot N_{\text{renovaciones}} \cdot F$)	52,8	12,0	62,0	39 283,2	kJ/día
2.-TOTAL PERDIDA AIRE				39 283,2	kJ/día
PERDIDAS POR MOTORES Y LUCES	Potencia (HP) (W)	Tiempo de funcionamiento	Factor K (kJ/h*HP) (kJ/h*W)	Valor	
Motores ($P_M \cdot t \cdot K$)	1,00	20	2 685,1	53 702,4	kJ/día
Luces ($P_L \cdot t \cdot K$)	120	3	3,6	1 297,5	kJ/día
3.- POR MOTORES Y LUCES				54 999,8	kJ/día
PERDIDAS POR PERSONAS	Nº personas (unidades)	Tiempo de trabajo Horas/día	Calor por personas (kJ/h*día)	Valor	
Por personas $N_{\text{personas}} \cdot t \cdot Q_{\text{pers}}$	1,0	2,0	886,2	1 772,5	kJ/día
4.- TOTAL POR PERSONAS				1 772,5	kJ/día
CARGA DEL PRODUCTO	Masa (kg)	ΔT (°C)	C_p (kJ/kg*°C)	Valor	
Calor a extraer del producto = $Masa \cdot \Delta T \cdot C_p$ (calor especf.)	833,3	15	0,9	31 322,5	kJ/día
Calor de respiración $Masa \cdot Q_{\text{respiración}}$	Masa (kg)		Calor de respiración	Valor	
	833,3		1,6	1 343,	kJ/día
5.- TOTAL CARGA PRODUCTO				32 665,6	kJ/día
TOTAL SUMA 1+2+3+4+5				163 583,8	kJ/día
SEGURIDAD 10% DEL TOTAL				16 358,4	kJ/día
GRAN TOTAL				179 942,2	kJ/día
DETERMINACION DEMANDA HORARIA DIVIDIENDO GRAN TOTAL /18 HORAS OPERATIVAS (horas para sistema con temperaturas de evaporador + 0 °C)				9 996,8	kJ/día

ANEXO XV

COSTOS DE DEPRECIACIONES Y CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y AGUA, PARA LA APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO/CERA EN EL TOMATE DE ÁRBOL Y COSTO DEL RECUBRIMIENTO HPMC-LÍPIDOS

Tabla AXVI. Depreciación de terreno e instalaciones, maquinaria, equipos y herramientas en la aplicación de recubrimiento para el tomate de árbol

Concepto	Vida útil (años)	Costo unitario \$	Unidades	Costo total \$	Valor anual \$	*Valor diario \$
Terreno e instalaciones						
Galpón de 220 m2 (incluido terreno)	20	55 000,0	1	55 000,0	27 50,0	9,5
Total						9,5
Maquinaria y equipos						
Ventilador industrial	10	700	2	1 400,0	140,0	0,5
Mesa de selec. y clasif	10	500,0	2	1 000,0	100,0	0,3
Balanza (800 Kg)	10	400,0	1	400,0	40,0	0,1
Cámara de refrigeración	10	9 411,2	1	9 411,2	941,1	3,2
Total						4,2
Herramientas						
Tinas de inmersión, lavado y desinfección	1	80,0	3	240,0	240,0	0,8
Mesas con superficie de malla plástica	1	10,0	4	40,0	40,0	0,1
Gavetas plásticas kaladas	1	5,0	25	125,0	125,0	0,4
Total						1,4

* 290 días laborables

Tabla AXV2. Consumo de electricidad y agua en la aplicación de recubrimiento para el tomate de árbol

Concepto	Consumo	Unidades	Cantidad	Costo unitario \$	Costo total \$
Agua potable					
Lavado de frutos	2	m ³ /día	1	1,00	2
Desinfección	1,5	m ³ /día	1	1,00	1,5
Lavado de mesas, tinas etc	0,5	m ³ /día	1	1,00	0,5
Total					4,0
Gasto de energía eléctrica					
Secado (ventiladores)	1,1	kW/h	8	0,09	0,8
Refrigeración	4,8	kW/h	12	0,09	5,2
Total					6,0

Tabla AXV3. Costos de un litro de recubrimiento HPMC-lípidos

Compuesto	Costo unitario (\$)	Unidad	Cantidad	Costo total (\$)
Metocel	0,03	g	16	0,4
Goma Laca (shellac)	0,04	g	15	0,6
Cera de abeja	0,03	g	15	0,4
Glicerol	0,03	g	8	0,2
Ácido esteárico	0,01	g	6	0,0
Amoniaco	0,16	mL	2,5	0,4
Antiespumante	0,00	mL	0,5	0,0
Agua desionizada	0,00	g	940	1,9
Total				3,9