

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y METALURGIA

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL**



**“EFECTO DEL TIPO DE RECUBRIMIENTO Y EL
TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN LA CALIDAD DE
LA CARAMBOLA (*Averrhoa carambola* L.)
ALMACENADA EN REFRIGERACIÓN”**

**Tesis para optar el Título de
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

Presentado por:

Bach. Camilo RODRIGUEZ MEDRANO




AYACUCHO – PERÚ

2015

Tesis
AI159
Rod

ACTA DE CONFORMIDAD DEL TRABAJO FINAL DE TESIS
CORREGIDO

Los que suscribimos, miembros del jurado designado para el acto público de sustentación de tesis titulado "EFECTO DEL TIPO DE RECUBRIMIENTO Y EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN LA CALIDAD DE LA CARAMBOLA (*Averrhoa carambola* L.) ALMACENADA EN REFRIGERACIÓN" presentado por el Bachiller Camilo RODRÍGUEZ MEDRANO, el cual fue sustentado el día 01 de Diciembre del 2015, en mérito a la Resolución Decanal N° 080-2015-FIQM-D, damos la conformidad al trabajo final corregido, aceptando la publicación final de la mencionada tesis y declaramos el documento APTO, para que pueda iniciar sus gestiones administrativas, que conduzcan a la expedición y entrega del Título Profesional de **Ingeniero Agroindustrial**.

Miembros del Jurado	DNI	Firma
M. Sc. Ing° Eusebio DE LA CRUZ FERNANDEZ	07272511	
M. Sc. Ing° Alberto Luis HUAMANI HUAMANI	06161943	
Ing° Cronwell Eduardo ALARCÓN MUNDACA	28225147	

DEDICATORIA

A DIOS fuente de vida y sabiduría

A mis queridos Padres Héctor y Eusebia por su paciencia y apoyo diario durante mi formación profesional, sin la cual no hubiese sido posible culminar mis metas.

AGRADECIMIENTOS

- *A mi alma mater Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a mis docentes de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, de manera especial a los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Agroindustrial por su empeño y esfuerzo que me brindaron durante mis estudios.*

- *Un agradecimiento especial a los Docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Agroindustrial por sus enseñanzas y consejos durante mi formación académica en las aulas de la Universidad.*

- *Al Ing. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA por su apoyo invaluable e incondicional en el seguimiento y culminación del presente trabajo.*

- *A mis hermanos, amigos y a todos quienes contribuyeron de una u otra forma en mi formación profesional.*

ÍNDICE GENERAL

	Pág.	
I		
INTRODUCCION	1	
JUSTIFICACIÓN	3	
PROBLEMA	3	
OBJETIVOS	4	
II		
REVISION DE LITERATURA		
2.1	LA CARAMBOLA (<i>Averrhoa carambola L.</i>)	5
2.1.1	Generalidades	5
2.1.2	Clasificación taxonómica y características morfológicas	5
2.1.3	Composición química	8
2.1.4	Valor nutricional	10
2.1.5	Características y perspectivas del mercado	11
2.1.6	Cosecha	12
2.1.7	Manejo poscosecha y transporte	13
2.2	MADURACIÓN EN LOS FRUTOS	14
2.2.1	Madurez fisiológica	15
2.2.2	Índice de madurez	16
2.2.3	Cambios en la maduración	18
2.2.4	Determinación de la madurez	21
2.2.5	Factores que influyen en la maduración y senescencia de los frutos	22
2.2.6	Pautas de la maduración de los frutos	23
2.3	EL ETILENO	25

2.3.1	Efectos benéficos del etileno en frutas y hortalizas frescas	26
2.3.2	Efectos dañinos del etileno en frutas y hortalizas frescas	26
2.4	EL PROCESO DEL DETERIORO EN EL FRUTO	27
2.4.1	Indicadores del deterioro en el fruto	28
2.5	FENÓMENO CLIMATÉRICO	34
2.5.1	Frutos climatéricos y no climatéricos	35
2.6	PRESERVACIÓN DE LAS FRUTAS	36
2.6.1	Métodos de preservación física	36
2.7	ENCERADO	41
2.7.1	Generalidades	41
2.7.2	Las ceras	41
2.7.2.1	Cera animal	42
2.7.2.2	Cera vegetal	45
2.7.3	Descripción de la técnica del encerado en frutas	48
2.7.4	Aplicaciones del encerado	49
2.7.5	Beneficios del encerado	50
2.7.6	Factores que influyen en el encerado	50
III	MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1	MATERIALES	53
3.1.1	Materia prima	53
3.1.2	Insumos	54
3.1.3	Reactivos	55
3.1.4	Materiales de laboratorio y otros	55

3.1.5	Equipos e instrumentos	56
3.2	MÉTODOS DE ANÁLISIS	57
3.2.1	Análisis fisicoquímico de la materia prima	57
3.3	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	58
3.3.1	Recepción y selección	58
3.3.2	Calibrado	59
3.3.3	lavado	59
3.3.4	Sanitizado	60
3.3.5	Pre secado	60
3.3.6	Encerado	61
3.3.7	Secado	61
3.3.8	Calibrado	62
3.3.9	Envasado	63
3.3.10	Almacenamiento	63
3.4	DISEÑO ESTADÍSTICO	65
3.4.1	Diseño experimental	65
3.4.2	Análisis de varianza	65
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CARAMBOLA	67
4.2	CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA CARAMBOLA	68
4.3	EFFECTO DEL TIPO DE RECUBRIMIENTO Y EL TIEMPO EN LA CARAMBOLA ALMACENADA EN REFRIGERACIÓN	69
4.3.1	Evaluación de la variación de vitamina C de la carambola	71

4.3.2	Evaluación de la variación de peso de la carambola	77
4.3.3	Evaluación de la variación de sólidos solubles de la carambola	85
4.3.4	Evaluación de la variación del pH de la carambola	92
4.3.5	Evaluación de la variación de la acidez titulable de la carambola	100
V	CONCLUSIONES	108
VI	RECOMENDACIONES	110
VII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
	ANEXOS	115

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Hojas de carambola	7
Figura 2	Panícula de carambola	7
Figura 3	Fruto de carambola	8
Figura 4	Patrones de respiración de frutas climatéricas y no Climatéricas durante la maduración	34
Figura 5	Cera de abejas	44
Figura 6	Cera de carnauba	46
Figura 7	Fruto de carambola utilizado en la investigación	54
Figura 8	Cera de carnauba, grado comercial	54
Figura 9	Cera de abeja, grado comercial	55
Figura 10	Balanza analítica digital	56
Figura 11	Espectrofotómetro digital	56
Figura 12	Potenciómetro digital	57
Figura 13	Refractómetro	57
Figura 14	Carambolas precalibradas	59
Figura 15	Lavado de carambolas	59
Figura 16	Sanitizado de la fruta	60
Figura 17	Presecado de las carambolas	60
Figura 18	Encerado de carambolas	61
Figura 19	Secado de la fruta encerada	62
Figura 20	Calibrado de las carambolas enceradas	62

Figura 21	Carambolas envasadas en bandejas de tecnopor	63
Figura 22	Carambolas envasadas almacenadas en refrigeración	63
Figura 23	Diagrama de flujo para el encerado de carambola	64
Figura 24	Variación de la vitamina C de carambolas durante el tiempo de almacenaje y según el tipo de recubrimiento	74
Figura 25	Variación de la vitamina C según el tipo de recubrimiento Durante el tiempo de almacenaje en refrigeración	77
Figura 26	Variación de pérdida de peso de carambolas durante el tiempo de almacenaje y según el tipo de recubrimiento	81
Figura 27	Variación de pérdida de peso de carambola según el tipo de recubrimiento durante el tiempo de almacenaje en refrigeración	84
Figura 28	Variación de sólidos solubles de carambolas durante el tiempo de almacenaje y según el tipo de recubrimiento	88
Figura 29	Variación de sólidos solubles de carambolas según el tipo de recubrimiento durante el tiempo de almacenaje en refrigeración	91
Figura 30	Variación del pH de carambolas durante el tiempo de almacenaje y según el tipo de recubrimiento	96
Figura 31	Variación del pH de carambolas según el tipo de recubrimiento durante el tiempo de almacenaje en refrigeración	99
Figura 32	Variación del acidez de carambolas durante el tiempo de almacenaje y según el tipo de recubrimiento	103

Figura 33 Variación de la acidez de carambolas según el tipo de recubrimiento durante el tiempo de almacenaje en refrigeración

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Composición química de la carambola	9
Tabla 2	Características fisicoquímicas de la carambola	11
Tabla 3	Índice de madurez de algunas frutas y hortalizas	17
Tabla 4	Componentes de la calidad de las frutas y hortalizas	19
Tabla 5	Clasificación de productos hortofrutícolas según su producción de etileno	25
Tabla 6	Ritmo respiratorio de algunas frutas tropicales.	29
Tabla 7	Alteraciones por el frío en frutas y hortalizas	30
Tabla 8	Temperaturas recomendadas para el almacenamiento de algunas frutas (estos valores pueden variar para las diferentes variedades y cultivares de la fruta)	32
Tabla 9	Clasificación de algunos frutos comestibles de acuerdo a su patrón respiratorio	35
Tabla 10	Conservación de frutas por frío	38
Tabla 11	Análisis de Varianza	65
Tabla 12	Matriz de evaluación del diseño experimental	66
Tabla 13	Características físicas de los frutos de carambola	67
Tabla 14	Características fisicoquímicas del jugo de la carambola	69
Tabla 15	Resultados de la matriz de evaluación del diseño	70
Tabla 16	ANVA para vitamina C según la matriz del experimento	71
Tabla 17	Prueba de comparaciones múltiples para el tipo de recubrimiento en la variación de vitamina C	72

Tabla 18	Prueba de Tukey para el tipo de recubrimiento en la variación de vitamina C de la carambola	73
Tabla 19	Prueba de comparaciones múltiples para el tiempo de almacenaje en la variación de vitamina C	75
Tabla 20	Prueba de Tukey para el tiempo de almacenaje en la variación de vitamina C	76
Tabla 21	ANVA para variación de peso según la matriz experimental	78
Tabla 22	Prueba de comparaciones múltiples para el tipo de recubrimiento en la variación de peso de la carambola	79
Tabla 23	Prueba de Tukey para el tipo de recubrimiento en la Variación de peso de la carambola	80
Tabla 24	Prueba de comparaciones múltiples para el tiempo de almacenaje en la variación de pérdida de peso	82
Tabla 25	Prueba de Tukey para el tiempo de almacenaje en la variación de pérdida de peso de la carambola	83
Tabla 26	ANVA para variación de sólidos solubles de carambola	85
Tabla 27	Prueba de comparaciones múltiples para el tipo de recubrimiento en la variación de °brix de la carambola	86
Tabla 28	Prueba de Tukey para el tipo de recubrimiento en la variación de °brix de la carambola	87
Tabla 29	Prueba de comparaciones múltiples para el tiempo de almacenaje en la variación de sólidos solubles	89
Tabla 30	Prueba de Tukey para el tiempo de almacenaje en la variación de sólidos solubles de la carambola	90

Tabla 31	ANVA para variación del pH de carambola	93
Tabla 32	Prueba de comparaciones múltiples para el tipo de recubrimiento en la variación del pH de la carambola	94
Tabla 33	Prueba de Tukey para el tipo de recubrimiento en la variación del pH de la carambola	95
Tabla 34	Prueba de comparaciones múltiples para el tiempo de almacenaje en la variación del pH de carambolas	97
Tabla 35	Prueba de Tukey para el tiempo de almacenaje en la variación del pH de la carambola	98
Tabla 36	ANVA para variación de acidez titulable de carambola	100
Tabla 37	Prueba de comparaciones múltiples para el tipo de recubrimiento en la variación de la acidez de la carambola	101
Tabla 38	Prueba de Tukey para el tipo de recubrimiento en la variación de la acidez titulable de la carambola	102
Tabla 39	Prueba de comparaciones múltiples para el tiempo de almacenaje en la variación de la acidez de la carambola	104
Tabla 40	Prueba de Tukey para el tiempo de almacenaje en la variación de la acidez titulable de la carambola	105

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 ANÁLISIS FISICOQUIMICOS	116
Anexo 2 INFORME TÉCNICO DE LA CERA DE CARNAUBA	118

I. INTRODUCCION

Una de las bondades más importantes en las frutas es su contenido considerable en azúcares, vitaminas C y sales minerales, esto hace prioritario su consumo para un adecuado proceso metabólico y evitar enfermedades causantes por nuestra variada alimentación a base de alimentos de origen animal. Por su alto contenido en vitaminas y sales minerales pertenece al grupo de alimentos reguladores. Sin embargo, para aprovechar estos productos a largo plazo es necesario conservarlos aplicando técnicas adecuadas para prolongar su vida útil.

La carambola es una fruta tropical que además de poseer sabores, olores y colores exóticos aportan nutrimentos que son cada vez más demandados por los consumidores, en particular en países desarrollados donde no cuentan con estas frutas. También es de conocimiento que la carambola es exótica, oriunda de las zonas tropicales de los países asiáticos, adaptada y explotada en las últimas décadas en la región amazónica del continente americano.

Gracias al desarrollo técnico y científico, se ha aplicado el encerado como método de preservación de las frutas.

Esta técnica de conservación de frutas, se basa en la aplicación de un recubrimiento, formando una película protectora alrededor de la fruta, evitando pérdidas de agua y por consiguiente retrasa el proceso de maduración, ya que restringe la entrada de oxígeno y evita la producción de anhídrido carbónico, por tanto casi no hay producción de la hormona etileno que es la responsable del proceso de maduración.

En consecuencia, el encerado mantiene la integridad física y calidad del producto fresco, así como ofrece mejor aspecto a la vista del consumidor.

Con esta tecnología se trata de incentivar que las plantas empacadoras de fruta fresca apliquen la técnica del encerado a fin de que la fruta pueda ser transportada a lugares más lejanos sin que sufran cambios propios de la maduración, dándole una mejor apariencia a la fruta se asegura una mejor comercialización y una gran aceptación en el consumidor.

En el presente trabajo se plantea estudiar el efecto que tiene la cera de abeja y cera de carnauba como recubrimiento en la carambola durante un tiempo limitado de almacenamiento en refrigeración.

JUSTIFICACIÓN

Una de las formas de evitar el proceso acelerado del proceso de maduración de las frutas es aplicar recubrimientos con el fin de alargar su vida útil.

Las ceras vegetales y animales son sustancias que cumplen estos fines con óptimos resultados.

La carambola es una fruta exótica con mucha aceptación en el mercado internacional, una de las formas de alargar la vida útil de esta fruta es utilizando recubrimientos a fin de retardar el proceso respiratorio y por ende evitar su pronto deterioro.

Existen muchos productos que no se les aprovecha como materia prima, son las ceras, la finalidad de este trabajo es utilizar ceras de abeja y de carnauba a fin de preparar un recubrimiento para retrasar el proceso respiratorio de la carambola.

PROBLEMA GENERAL

Cuál será el efecto del tipo de recubrimiento y el tiempo de almacenamiento en la calidad de la carambola (*Averrhoa carambola L.*) almacenada en refrigeración

PROBLEMAS ESPECIFICOS

- Cuál será el efecto de los dos tipos de recubrimiento natural (ceras de abeja y carnauba) en la vida útil de la carambola.
- Qué efecto tendrá el tiempo con la combinación de recubrimientos (ceras de abeja y carnauba) durante el almacenamiento en refrigeración, en la calidad y vida útil de la carambola

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto del tipo de recubrimiento y el tiempo de almacenamiento en la calidad de la carambola (*Averrhoa carambola L.*) almacenada en refrigeración

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el efecto de los dos tipos de recubrimiento natural (ceras de abeja y carnauba) en la vida útil de la carambola.
- Evaluar el efecto del tiempo con la combinación de recubrimientos de ceras (ceras de abeja y carnauba) durante el almacenamiento en refrigeración en la calidad y vida útil de la carambola.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 LA CARAMBOLA (*Averrhoa carambola L.*)

2.1.1 Generalidades

Se supone que fue introducida en América a finales del siglo XVIII. Desde entonces, se le sigue cultivando en el continente a nivel de “patio” mayormente.

La carambola (*Averrhoa Carambola L*), pertenece a la familia Oxalidaceae y es originaria de Asia tropical. Actualmente esta fruta se encuentra en numerosos lugares de los trópicos y subtrópicos, en países tales como: Australia, Brasil, China, Estados Unidos, Francia, Haití, Indochina, Malasia, México y Tailandia. (Nakasone y Paull, 1998).

En el Perú, esta fruta se desarrolla en zonas sub-tropicales, en lugares como Chanchamayo y Satipo (Junín), Tingo María (Huánuco) e Iquitos, en los centros de productos agropecuarios y en otras zonas sub-tropicales. (Calzada, 1988).

También se encuentra en Pichari, Santa Rosa y San Francisco. Son diversos y numerosos los nombres como se le conoce a la fruta del árbol

Averrhoa Carambola Linn, en el mundo: “carambolo”, “carambola” y “tiriguro” en Costa Rica; “cornichón” en las Antillas francesas; “limas de cayena” en Brasil; “tamarindo chino” y “tamarindo culi” en Venezuela; “fruta estrella” (star fruit) en los Estados Unidos; “fruta de cinco esquinas” (five corner fruit) en Australia y como “durazno exótico” en la provincia china de Fukien.

2.1.2 Clasificación taxonómica y características morfológicas

La carambola tiene la siguiente clasificación taxonómica:

División	: Angiosperma
Clase	: Dicotiledónea
Orden	: Cruinales
Familia	: Oxalidacea
Género	: Averrhoa
Especie	: Carambola
Nombre científico	: <i>Averrhoa Carambola L.</i>
Nombre común	: Carambola

Fuente: Calzada, (1988).

El árbol de carambola exhibe un follaje denso con hojas compuestas, alternas, pecioladas, imparipinadas, de color bronceado cuando jóvenes y color verde en la madurez (Figura 1). Las hojas poseen entre 9 y 13 folíolos pubescentes en el envés y en la zona central del haz, los folíolos se encuentran más o menos inclinados. Los árboles poseen estructuras reproductivas en diferentes estados de desarrollo. (González, 2000).



Figura 1: Hojas de carambola.

Fuente: Gonzales, (2000).

Las inflorescencias de la carambola se desarrollan en las axilas de las hojas, concentrándose hacia la periferia del árbol; estas se caracterizan por ser panículas de tonalidades rojas y púrpuras (Figura 2). Las panículas se desarrollan por un período de 4 a 6 semanas, presentan longitudes entre 1.8 y 8 cm y exhiben desde muy pocas hasta cerca de 80 estructuras en diferente grado de desarrollo.



Figura 2: Panícula de carambola.

Fuente: Gonzales, (2000).

Las flores son completas y de estilo largo (*longistilia*), están conformadas por cinco sépalos, cinco pétalos, cinco estambres, cinco estaminodios y un ovario súpero con cinco estilos. (González, 2000).

El fruto es una baya carnosa de forma ovoide a elipsoidal variada (Figura 3), con cuatro a seis aristas longitudinales y redondeadas que lo dotan de una típica sección en forma de estrella, algunas veces modificada.

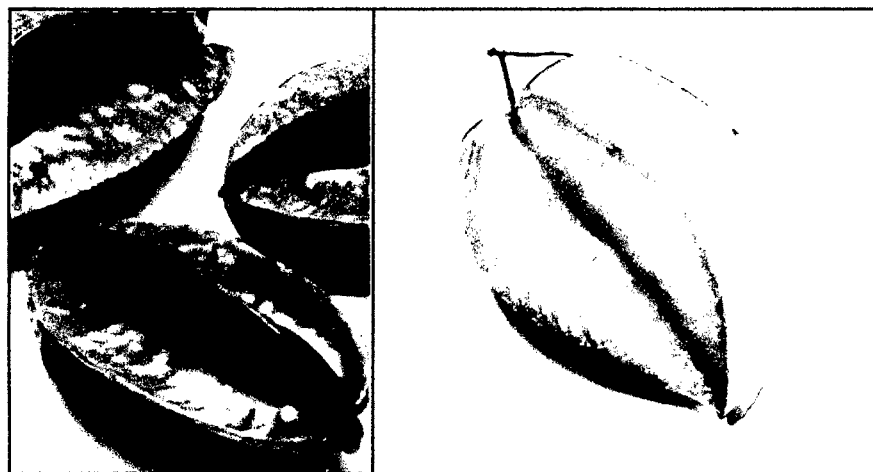


Figura 3: Fruto de carambola.

Fuente: González, (2000)

2.1.3 Composición química.

En la Tabla 1 se muestran los datos concernientes a la composición química de los frutos de carambola.

Tabla 1: Composición química de la carambola en base a 100 g de la parte comestible

Componente	A	B
Humedad, (g)	90,6	92
Calorías, (cal)	35	24
Proteína, (g)	1,0	0,7
Grasa, (g)	0,6	0,1
Carbohidratos, (g)	7,4	5,0
Fibra, (g)	0,6	1,8
Ceniza, (g)	0,4	0,4
Vitamina A, (mg)	90	155
Vitamina B1, (mg)	0,04	0,1
Vitamina B2, (mg)	0,08	0,1
Vitamina B6, (mg)	-	0,35
Vitamina C, (mg)	35,0	25,8
Ca, (mg)	5,0	7,0
P, (mg)	9,0	-
Fe, (mg)	0,3	0,4

Fuente: A: Collazos, (1993). B: Nagy et al., (1991).

En el ámbito mundial se reporta que la carambola es un fruto bajo en calorías, buena fuente de potasio y vitamina A, y una fuente moderada de vitamina C. Asimismo, se registra que las variedades extremadamente ácidas son ricas en ácido oxálico y el fruto de carambola puede contener hasta 14 aminoácidos (Galán, (1991); Holman, (1998); Morton, (1987).

2.1.4 Valor nutricional

La carambola es muy rica en agua (90%) y bastante pobre en glúcidos; es muy poco calórica, y puede consumirse sin restricciones. Bien provista de vitamina C (entre 25 y 35 mg/100g), es muy conveniente comprarla en invierno, ya que esta tiene un papel importante en la lucha contra los deterioros que suelen producirse durante la estación fría.

Hasta hace poco tiempo la carambola se ha considerado un fruto ácido de relativamente alto contenido de ácido oxálico y en consecuencia de escaso interés comercial, sin embargo Galán, (1991) manifiesta que el contenido en ácido oxálico encontrados en carambola no llega a la mitad de los reseñados para un producto tan conocido y consumido como la espinaca.

Su aporte en carotenos es también destacado (protección celular por neutralización de los radicales libres) y contribuyen a cubrir nuestras necesidades. Su contenido en minerales es, al contrario, bastante bajo, salvo en fosforo.

La carambola es muy tónica, lo cual representa un buen complemento de vitamina C; se puede mezclar con frutas menos ricas en esta vitamina para completar su aporte: plátano, uva, piña, etcétera. Muy poco dulce, esta fruta es perfecta para los regímenes hipocalóricos, gracias a su amplio contenido mineral y vitamínico.

En la Tabla 2, se observa algunas características fisicoquímicas de la carambola.

Tabla 2: Características fisicoquímicas de la carambola.

Característica	Limites
Acido oxálico, (g/100 g de jugo)	0,04-0,7
Acidez (mg / 100 g de jugo)	1,90-13,1
pH	2,4-2,5
Grados Brix	5,0-13,0
Azúcares totales (%)	3,5-11,09
Contenido de jugo (%)	60,0-75,0

Fuente: Nagy et al., (1991)

2.1.5 Características y perspectivas del mercado.

Las características exigidas por los mercados según Mendoza y Ramírez (1997) son las siguientes:

- Mercado nacional. El mercado nacional de carambola es muy restringido, actualmente la demanda se encuentra satisfecha con pocos volúmenes de producto, lo que implica una limitante para incrementar los volúmenes y expandir mercados. Otra limitante, es que los compradores de carambola encarecen fuertemente el precio de venta al consumidor final.
- Mercado internacional. Los mercados de exportación son muy exigentes, de cada 20 frutos sólo uno califica para exportación. Entre las causas están las rozaduras que se presentan en el fruto por crecer

en racimos, más no por la falta de características cualitativas idóneas, ya que la fruta es competitiva en el ámbito internacional.

Es una fruta que está empezando a abrirse mercado en los países industrializados, todavía es poco conocida por el público, por eso el consumo no es tan grande. Sin embargo, poco a poco se van ampliando los mercados de exportación. En los meses de junio a diciembre, cuando madura la carambola, los países como Estados Unidos, Japón, Canadá y Europa están saturados de fruta convencional (manzanas, peras, ciruelas), por lo tanto no se compran frutas exóticas; solamente en el periodo de marzo a mayo cuando la carambola escasea en los mercados. En la actualidad no existen muchos canales comerciales abiertos los países mencionados antes, pero indudablemente presentan una opción que vale la pena explorar. (Mendoza y Ramírez 1997).

2.1.6 Cosecha

Las características y calidad de la carambola dependen en gran medida de la forma en que ha sido cultivada. El tamaño, color y textura del fruto van a depender principalmente de la variedad.

La cosecha de la carambola se realiza a mano, mediante arranque o con una hoz, Para la cosecha de la carambola se toma en consideración el color de la cáscara. La fruta puede ser cosechada desde el estado verde-fisiológico, en este estado de madurez la fruta ha alcanzado su máximo desarrollo, la cáscara es dura, de color verde claro y se encuentra bien

adherida a la pulpa que cambia de color blanco a ligeramente amarilla o rojiza, dependiendo de la variedad.

Para fines de exportación la carambola se cosecha generalmente al estado pintón en el cual la cáscara es de color verde claro con un ligero desarrollo de color amarillo (menos de 1/4 de la superficie del fruto). A medida que se incrementa el color de la cáscara, la pulpa se vuelve más colorida y se torna más suave y aromática (O'Hare, 1993).

2.1.7 Manejo poscosecha y transporte

Debido a la fragilidad de la cáscara y del fruto en general, la carambola debe ser manejada con mucho cuidado para evitar cualquier daño físico. Los golpes, magulladuras, abrasiones y cortes incrementan el ritmo de maduración y deterioro fisiológico y patológico del producto cosechado disminuyendo su calidad comercial.

Es común observar en frutos recién cosechados, la presencia de hormigas que dejan manchas blancas en el pedúnculo, de esta forma, el ataque de insectos y la incidencia de enfermedades precosecha afectan sensiblemente la calidad y presentación de la fruta. La obtención de frutos de tamaño y calidad adecuados para los mercados nacionales y de exportación es el resultado de un buen manejo del cultivo (O'Hare, 1993).

La fruta cosechada debe ser transportada lo más rápido posible al centro de selección y empaque o a los centros de distribución y consumo, evitando exponerlos directamente a los rayos del sol y protegiéndolos de las inclemencias del tiempo, antes y durante su transporte.

Si bien la cosecha al estado verde-fisiológico asegura una mayor vida útil de poscosecha del producto, existe la dificultad en la práctica, para diferenciar entre un fruto verde- maduro de uno inmaduro.

Frutas cosechadas inmaduras no maduran normalmente con posterioridad, no desarrollan aroma ni dulzor normales, se deshidratan fácilmente y presentan mal aspecto, todo lo cual hace que pierda su valor comercial. Frutas cosechadas más maduras (1/4, 1/2 y 3/4 de amarillo) tienen una vida poscosecha menor por lo que sólo pueden ser comercializadas en el mercado interno. (O'Hare, 1993).

2.2. MADURACION EN LOS FRUTOS

El estado de madurez de las frutas y hortalizas es importante en relación a la determinación del momento de cosecha de estos productos y utilización de las técnicas adecuadas de manejo, transporte y comercialización; constituyendo además, un indicador de su potencial de vida y calidad post-cosecha. Así mismo, la madurez está vinculada a aspectos tales como la forma de consumo del producto (natural o procesado), su composición interna (sabor, olor, valor nutritivo) y, a la fecha y frecuencias de cosecha. Toledo (1995).

Según Flores (1994), la maduración es un estado de desarrollo que conduce a alcanzar madurez fisiológica u hortícola.

Según Toledo (1995), la maduración viene a ser un conjunto de procesos de crecimiento y desarrollo conducentes a la obtención de la madurez fisiológica u hortícola del producto.

2.2.1 Madurez fisiológica.- La madurez fisiológica es el estadio de desarrollo en que una planta o parte de esta puede continuar madurando normalmente aun después de cosechada.

También se refiere a aquel estado en el desarrollo de la fruta u hortaliza en el que se ha logrado el crecimiento y la maduración máxima. En una fruta, esta generalmente asociado con la comestibilidad óptima. El estadio de madurez fisiológica va seguido del envejecimiento. No siempre es fácil una clara distinción entre los tres estadios de desarrollo de una planta o un órgano vegetal, como el crecimiento, la maduración y el envejecimiento, ya que la transición entre ellos suele ser lenta y no muy marcada.

a) Madurez organoléptica o de consumo.- Es el conjunto de procesos que ocurren en etapa final del crecimiento y desarrollo e inicio de la senescencia, que resultan en características estéticas y/o nutritivas relacionadas con la capacidad de consumo del producto, y en donde la fruta alcanza su calidad comestible óptima. Estas características se evidencian por cambios típicos en composición, color, sabor, aroma, textura y otros atributos sensoriales del producto. Este término solo es aplicable a los frutos. La calidad potencial viene determinada por numerosos factores, entre los que alcanzan máxima relevancia al estadio del desarrollo en el que se procedió a su recolección. Antes de que la fruta haya alcanzado su comestibilidad óptima se encuentra inmadura (o verde) y después sobremadura (pasada). Estas etapas no pueden definirse claramente en términos fisiológicos, sino que son

resultados de juicios subjetivos que difieren con el consumidor que los emite.

Las frutas tras la recolección sufren numerosos cambios físicos–químicos determinantes de su calidad al ser adquiridos por el consumidor.

La maduración organoléptica es un proceso dramático en la vida de la fruta, donde transforma un tejido fisiológicamente maduro pero no comestible en otro visual olfatoria y gustativamente atractivo. Señala el final del desarrollo de una fruta y el comienzo de su senescencia.

b) Madurez Comercial.- Es aquel estado de un órgano vegetal en que el mercado exige que se encuentre. Generalmente guarda escasa relación con la madurez fisiológica y puede coincidir con cualquier estadio del proceso de desarrollo o envejecimiento; los términos inmaduro, maduro, sobremaduro se refieren también a estas exigencias. (Toledo, 1995).

2.2.2 Índice de madurez

Según Toledo (1995) se conoce como índice de madurez al conjunto de parámetros utilizados en un producto. El crecimiento y observación de los índices de madurez de un producto son importantes en relación con los cumplimientos al los estándares de calidad de los mercados de exportación; la aplicación de estos índices está regulada en algunos casos. Ejemplo de índice de madurez para algunas frutas y hortalizas y los métodos más comunes de determinación de la madurez en estos productos se presentan en las tablas 3 y 4 respectivamente.

Tabla 3: Índice de madurez de algunas frutas y hortalizas

ÍNDICE	EJEMPLO
Días transcurridos de la floración a la cosecha	Manzana ,pera
Unidades de color	Arveja, manzana, maíz , choclo
Desarrollo de zona de abscisión	Manzana, algunos melocotones
Morfología y estructura de la superficie	Formación de cutícula en uva y tomate , denticulación de algunos melones, brillo de algunos frutos (desarrollo de cera)
Tamaño	Todas las frutas y hortalizas
Gravedad específica	Sandía, papa, cereza
Forma	Angulosidad en el plátano, llenado de los "hombros" del mango
Solidez	Col ,lechuga, col de brúcelas
compactación	Brócoli, coliflor
Textura: -firmeza -ternura	Manzanas, peras, frutas de caroso Arveja , maíz choclo
Color -externo -interno	Todas las frutas y la mayoría de las frutas Color de pulpa de algunas frutas
Estructura interna	Desarrollo de la placenta (sustancia

	gelatinosa) en tomate
Factores composicionales;	Palta, kiwi
-sólidos totales	Mango
-sólidos solubles	Manzana, pera
-contenido de almidón	Manzana, pera, frutas de corozo
-contenido de azúcar	Uva
-contenido de ácido, proporción	Cítricos, papaya, melón ,kiwi
-contenido de jugo	Azúcar/acido
-contenido de aceite	Cítricos
-contenido de tanino	Palta
-concentración interna de etileno	Dátiles ,kaki(astringencia)
	Manzana, pera

Fuente: Kader, (1992)

2.2.3 Cambios en la maduración

Las transformaciones bioquímicas en procesos de maduración de frutos pueden ocurrir antes o después de la cosecha, dependiendo de la especie a la que pertenece. Entre tanto, en cualquiera de estas situaciones, innumerables transformaciones en la composición de estos productos se están realizando.

De ese gran número de alteraciones químicas de las frutas, las más importantes son las de significancia para el consumidor, por ser ellas

responsables de los evidentes cambios en su coloración, textura, sabor y aroma de estos productos.

Tabla 4: Componentes de la calidad de las frutas y hortalizas

FACTOR PRINCIPAL	COMPONENTES
Apariencia	Tamaño : dimensiones, peso, Volumen Forma: relación diámetro/profundidad, uniformidad Color: intensidad, uniformidad Brillo: ceras superficiales Deficiencias: externas e internas Morfológicos Físicos y mecánicos Fisiológicos Patológicos Estomatológicos
Textura	Firmeza rareza, suavidad, succulencia, jugosidad
Sabor y aroma	Dulzor, Acidez, Astringencia, Agrio, Aroma
Valor nutritivo	Carbohidratos (incluye fibra dietética) Proteínas Lípidos Vitaminas minerales
Seguridad para el consumo	Sustancia toxica naturales Contaminantes(residuos químicos, metales pesados) Micotoxinas Contaminación microbiana

Fuente: kader, (1992)

Entre las principales reacciones bioquímicas de la maduración están las modificaciones de los constituyentes glusídicos. En general el contenido en

osas y el sabor azucarado aumenta en el curso de la maduración, a pesar del consumo de una parte de esas osas por oxidación respiratoria. Esas osas provienen de la hidrólisis, tal como por ejemplo del almidón (plátano, pera) o bien de hemicelulosa de paredes celulares (manzana, pera). Se sabe que la glucosa, fructosa y sacarosa son interconvertibles, en los tejidos vegetales; en la manzana, la pera, las fresas, la uva; se observa una acumulación más o menos grande, de fructosa; por contrario en el albaricoque, cereza, melocotón, piña; es el contenido en sacarosa el que aumenta durante la maduración. Los azúcares constituyen fundamentalmente el residuo seco soluble de los zumos de fruta, lo que permite valorar su cantidad por refractometría. Mendoza y Ramírez (1997).

Por lo general, la maduración presupone un descenso de la acidez; de esta forma la relación azúcares/ácidos aumenta durante la maduración de la mayor parte de las frutas; en el caso de la naranja, toronja, que se recogen maduros, ese fenómeno prosigue durante el almacenamiento. Por el momento las reacciones de degradación de los ácidos orgánicos son poco conocida; una de ellas, la descarboxilación anaerobia del ácido málico, presente, por ejemplo, en cantidades elevadas en la manzana, podría explicar, en parte, el desprendimiento de anhídrido carbónico que caracteriza al pico climatérico, en efecto, la enzima málica, que cataliza esta reacción, se sintetiza, en cantidades crecientes, durante la maduración de la manzana y, probablemente, de otras frutas. (Cheftel y Cheftel, 1998).

Varios tipos de cambios acompañan a la madurez en la mayoría de las frutas:

- Cambios en textura y reducción de la firmeza.
- Cambios de color, generalmente pérdida de color verde y un aumento de colores rojo y amarillo.
- Cambios en sabor y aroma; generalmente volviéndose más dulce a medida que el almidón es convertido en azúcar, y con la producción de compuestos volátiles frecuentemente aromáticos.

(<http://postharvest.ucdavis.edu/produce/producefacts/español.html>)

2.2.4. Determinación de la madurez

Existen distintas medidas para conocer la madurez de un fruto:

Días desde la floración: cada fruto tiene un número de días desde la caída de los pétalos hasta la maduración y suele ser un número cte, pero puede variar con el clima, altura, latitud, etc.

Unidades de calor: cada fruto necesita $X^{\circ}\text{C}$ / día para que madure, así cuando acumula todas las horas e calor necesaria ya ha madurado. Cada fruto tiene una temperatura mínima a la cual se desarrolló y esto nos ayuda a saber su maduración.

Color de la pulpa o de la piel: se ve que con el cambio de color va a madurar el fruto, esto es según se va modificando es que va madurando. Otros frutos desarrollan un color de fondo típico. A parte de la vista para detectar ese cambio de color se pueden utilizar aparatos como el colorímetro Hunter.

Color de semillas: cuando el 75% de las semillas están de color bastante oscuro el fruto está maduro. El inconveniente de esta técnica es que he de partir el fruto luego es una medida destructiva.

Facilidad de desprendimiento del fruto: si el fruto se desprende fácilmente es que está maduro. A mayor resistencia menor madurez.

Tamaño, peso y densidad: por ejemplo la patata está muy relacionada con su cantidad de almidón

Dureza de la fruta: a medida que el fruto madura las sustancias pépticas se degradan, por lo que el producto se reblandece, así a mayor dureza menor maduración. Para valorar la dureza se utiliza la penetrometría, por la cual se introduce una aguja gruesa con cierta presión en el fruto. Según la resistencia que ponga el fruto se darán unos u otros datos en el ordenador. También lo que se puede utilizar es un texturómetro.

(Flores, 1994).

2.2.5. Factores que influyen en la maduración y senescencia de los frutos

Las variedades actuales no se parecen a las de procedencia; los productos actuales se diferencian de los salvajes en alguno de estos factores:

- ✓ Tasa de crecimiento.
- ✓ Sabor.
- ✓ Textura.
- ✓ Ausencia de semillas

Para ver la maduración necesitamos conocer el ciclo biológico del fruto:

- ✓ Formación del fruto: influyen la temperatura, luz y hormonas
- ✓ Crecimiento del fruto: tienen lugar la primera y segunda fase
- ✓ Maduración del fruto: tercera fase
- ✓ Envejecimiento del fruto: cuarta fase senescencia

En la primera fase tiene lugar la división celular, en la segunda fase tiene lugar la expansión celular (se agrandan las células). En la tercera fase tiene lugar la maduración, se dan los mayores cambios en el fruto: hay una modificación del color, mayor concentración de azúcares, menor acidez, se modifica el peso y la textura por la abscisión del fruto, y un aumento del desarrollo de las ceras. En la cuarta fase tiene lugar el envejecimiento, esto es, se dan los cambios que no necesariamente causan la muerte pero se aceleran con la edad. La senescencia son los cambios degenerativos que causan la muerte del tejido tisular. (Flores, 1994).

2.2.6 Pautas de la maduración de los frutos

Los distintos productos tienen distintas curvas de crecimiento, son sigmoideas. Hay una maduración organoléptica y otra fisiológica que es cuando madura el fruto. La maduración organoléptica se asocia a frutas y se llama "ripening", que es la madurez comercial.

Modificaciones fisiológicas: el fruto crece y termina su desarrollo.

"Ripening": es cuando se desarrolla el aroma, el sabor, es decir, la fruta pasa a ser comestible. En hortalizas no se habla de esto.

Desarrollo de fruto: se puede dividir en dos etapas:

- Crecimiento: en las frutas dura unas 15 semanas.
- Modificaciones fisiológicas

Para el crecimiento los parámetros que podemos mirar son: peso, longitud, volumen, etc. aunque para comprobar el desarrollo se suelen mirar dos: el peso y el volumen.

La madurez está relacionada con la vida de almacenamiento también con el crecimiento de la fruta, respiración climática, respiración no climática, etc.

La vida de almacenamiento es el tiempo que el producto puede estar almacenado: así para la manzana dispongo de 15 días para recolectarla; durante la vida de almacenamiento se da un aumento de la concentración de etileno, del crecimiento, de la respiración, desarrollo de los aromas, etc. A mayor tiempo en recolectar disminuirá la vida de almacenamiento pero a la vez se produce un aumento de peso del producto, hasta un 1% diario. Así tengo el problema de saber cuándo lo tengo que recolectar porque debo elegir entre más producción y menos vida de almacenamiento o recolectarla antes y tener menos producción pero más vida de almacenamiento, la puedo guardar durante más tiempo.

Podemos realizar diferentes recolecciones, escalar cultivos, etc. La producción y calidad es diferente pero puedo almacenar más fácilmente. Así con diferentes productos puedo distribuir durante todo el año: por ejemplo los guisantes congelados, enlatados (conservas) debo saber que clase me interesa para saber que tratamiento debo aplicarles (por ejemplo los de conservas deben tener la piel más dura). Debo conseguir texturas determinadas: a medida que el guisante madura se da una disminución de azúcares y un aumento de almidón y esto no es lo que gusta por lo que debo buscar el grado de madurez que me interesa. Hay instrumentos que me permiten saber qué consistencia tiene y que dureza. Esto me sirve para hacer una programación del cultivo. (Flores, 1994).

2.3. EL ETILENO

El etileno es una hormona vegetal que acelera los procesos metabólicos. La producción de etileno puede estar favorecida por los daños mecánicos sobre los tejidos vegetales. Podemos utilizar el etileno para acelerar la maduración en los frutos climatéricos debido a que se ha visto un paralelismo entre el punto climatérico y la producción de etileno en estos frutos. En los frutos no climatéricos la adición de etileno no mejorará la maduración sino que acelerará la senescencia por lo que no nos conviene añadir etileno en estos casos.

Tabla 5: Clasificación de productos hortofrutícolas según su producción de etileno

Clase	Etileno (ml/kg/h a 20°C)	Producto
Muy bajo	< 0.1	Cítricos
Bajo	0.1 - 1.0	Piña, melón casaba, sandía
Moderado	1.0 - 10.0	Mango, melón "Honey Dew", plátano
Alto	10.0 - 100.0	Melón reticulado, palta (aguacate), papaya
Muy alto	> 100.0	Maracuyá

Fuente: Kader, (1992)

2.3.1. Efectos benéficos del etileno en frutas y hortalizas frescas

- ❖ Maduración acelerada de frutas, de utilidad especialmente para mejorar la uniformidad en la maduración y para propagar los estadios de madurez, como en el tratamiento de plátano con concentraciones variables de etileno y a diversas temperaturas para lograr una comercialización más ordenada de acuerdo con la velocidad de maduración.
- ❖ Promover el desarrollo más uniforme de la coloración en las frutas para que pasen de verde a amarillo o rojo.
- ❖ Estimular un ablandamiento más uniforme, por ejemplo en peras y plátanos.
- ❖ Sustituir el requerimiento de almacenamiento en refrigeración en el caso de las peras de invierno.

2.3.2. Efectos dañinos del etileno en frutas y hortalizas frescas

- ✓ Maduración acelerada de frutas en almacenamiento y durante su manejo.
- ✓ Decoloración en vegetales de hoja y en ciertas frutas como calabaza, pepino y tomates verdes maduros.
- ✓ Estimulación de la brotación, como en papas.
- ✓ Reducción en la vida de almacenamiento y/o calidad de productos hortofrutícolas frescos.
- ✓ Reblandecimiento de frutas.
- ✓ Desarrollo de compuestos amargos (isocumarina) en zanahorias.
- ✓ Desordenes fisiológicos como la mancha café en lechugas.
- ✓ Estimulación de ciertos hongos patógenos. (Flores, 1994).

2.4. EL PROCESO DEL DETERIORO EN EL FRUTO

Las frutas y hortalizas cosechadas son estructuras vivas que experimentan una serie de procesos fisiológicos y cambios bioquímicos característicos, que contribuyen al deterioro de estos. El deterioro consiste en la reducción o pérdida de los atributos de calidad de las frutas y hortalizas desde la cosecha hasta su consumo, lo que se traduce en pérdidas cualitativa y cuantitativa del producto exportable. Es por eso que los alimentos, una vez cosechados o recolectados, si no son tratados con los cuidados y precauciones que ameritan, experimentan cambios que los conducen finalmente al deterioro, siendo imposibles de ser comercializados, ocasionando finalmente grandes pérdidas económicas. Toledo (1995).

Deterioro Físico

Incluye a los daños mecánicos donde los tejidos sufren roturas. El alimento experimenta pérdidas de agua, luego se arruga, pierde peso y textura. Guevara (1991).

Deterioro Químico y Bioquímico

Originan pérdidas nutritivas y sensoriales en el alimento. Las reacciones pueden ser de oxidación, oscurecimiento, rigor mortis, respiración, etc.

Deterioro Microbiológico

Las dos categorías de deterioro ya señaladas, originan al deterioro microbiológico, etapa en la cual intervienen los microorganismos (bacterias, levaduras y mohos) que producen fermentaciones y putrefacciones que hacen inservible al alimento. Los microorganismos excretan metabolitos, algunos venenos activos para el hombre (toxinas) que pueden ocasionar

alteraciones a corto largo plazo, dependiendo del tipo de metabolito. Así por ejemplo, una contaminación con salmonella, sus efectos son inmediatos, algo que si se ingiere productos que contiene aflatoxinas las consecuencias se verán después de muchos años. Guevara (1991).

Wills (1984), refieren que las pérdidas más importantes son las ocasionadas por hongos de los géneros *Alternaria*, *Botrytis*, *Diplodia*, *Monilinia*, *Penicillium*, *Phomopsis*, *Rhizopus*, *Sclerotinia* y las bacterias de los géneros *Erwinia* y *Pseudomonas*. La mayor parte de estos microorganismos son poco patógenos, en el sentido de que solo pueden invadir productos dañados. Una temperatura y una humedad relativa elevadas favorecen el deterioro y la lesión del frío, predisponiendo a las frutas tropicales y subtropicales al deterioro microbiano.

El pH del alimento también es decisivo, pH superiores a 4.5 facilitan la podredumbre de origen bacteriano.

2.4.1. Indicadores del deterioro en el fruto

a) La Respiración

Es el proceso por el cual las sustancias orgánicas de reserva (carbohidratos, proteínas, grasas y ácidos) son transformados en productos de estructura más simple, con liberación de energía al medio en forma de calor (calor vital).

Tabla 6: Ritmo respiratorio de algunas frutas tropicales.

Ritmo de respiración	Rango de respiración a 5°C (mg CO ₂ /kg/h)	Producto
Bajo	5 - 10	Cítricos, papaya, piña, melón "Honey Dew", sandía
Moderado	10 - 20	Mango, melón reticulado, plátano
Alto	20 - 40	Palta (aguacate)

Fuente: Kader, (1992).

✓ **Respiración aerobia**

Mediante la cual los frutos absorben O₂ y desprenden CO₂ y humedad a través de los microporos de la epidermis. (Una naranja normal tiene entre 1.300-1.500 microporos por cm² en su superficie, a través de los cuales se produce su intercambio gaseoso).

Proteínas, ácidos y azúcares son utilizados como fuente de energía, desdoblándose en sustancias simples (CO₂ y agua) mediante la oxidación que produce el O₂ que la fruta absorbe en su respiración.

✓ **Influencia de la temperatura en la respiración**

La temperatura influye directamente sobre la respiración y si se permite que incremente la temperatura del producto, igualmente incrementará velocidad de la respiración, generando una mayor cantidad de calor. Así, manteniendo

baja la temperatura, podemos reducir la respiración del producto y ayudar a prolongar su vida de poscosecha.

La temperatura además de la Influencia que ejerce sobre la respiración, también puede causar daño al producto mismo. Si el producto se mantiene a una temperatura superior a los 40°C, se dañan los tejidos y a los 60°C toda la actividad enzimática se destruye, quedando el producto afectivamente muerto. El daño causado por la alta temperatura se caracteriza por sabores alcohólicos desagradables, generalmente como resultado de reacciones de fermentación y de una degradación de la textura del tejido. Bajo temperaturas de refrigeración inadecuadas, el producto fresco se congela a alrededor de -2°C, ocasionando el rompimiento de los tejidos y sabores desagradables al retornar a temperaturas más altas, por lo que el producto generalmente no es comerciable. La mayoría de las frutas tropicales experimentan daño por frío a temperatura entre 5 y 14°C. Frutas tales como la papaya, el plátano y la piña muestran degradación de tejidos, ennegrecimiento y sabores desagradables si se las mantiene a temperaturas bajas por algún tiempo.

Tabla 7: Alteraciones por el frío en frutas y hortalizas

PRODUCTO	TEMPERATURA MINIMA SEGURA		TIPO DE ALTERACION PRODUCIDA BAJO DE LA TEMPERATURA MINIMA
	°F	°C	
Palta (aguacate)	40 - 55	4.5 - 13	Obscurecimiento de la pulpa y de la piel.

Banano (plátano)	55-60	12-15	Piel opaca, líneas pardas en la piel, placenta endurecida, sabor desagradable.
Pomelo Toronja)	50 - 60	10 - 15.5	Escaldado, manchas circulares corchosas, pérdida de agua.
Lima o Limón	45-50	7 - 10	Manchas chicas aisladas.
Mango	50-55	10 - 13	Ennegrecimiento de la pulpa y de la piel, madurez dispareja, sabor desagradable.
Melón	35-50	2 - 10	Manchas chicas aisladas, pudrición, Incapacidad para madurar.
Naranja	35-45	2 - 7	Manchas chicas aisladas, obscurecimiento superficial.
Papaya	40-55	4.5- 7	Manchas chicas aisladas, sabor desagradable, incapacidad para madurar.
Piña	45 - 55	7 - 13	Maduración Irregular, "deterioro vítreo", tendencia a mancha parda endógena.

Fuente: Kader, (1992).

Tabla 8: Temperaturas recomendadas para el almacenamiento de algunas frutas (estos valores pueden variar para las diferentes variedades y cultivares de la fruta)

Producto	Temperatura °C	Vida aproximada de almacenamiento
Guayaba	8 - 10	2 a 3 meses
Lima	8.5 - 10	1 a 4 meses
Limón verde	10 - 14	2 a 3 semanas
Limón coloreado	0 - 4.5	2 a 6 meses
Mango	7 - 12	3 a 6 semanas
Mandarina	4	2 a 4 semanas
Maracuyá	7 - 10	3 a 5 semanas
Melón	7 - 10	3 a 7 semanas
Naranja	3 - 9	3 a 12 semanas
Palta (aguacate)	7 - 12	1 a 2 semanas
Papaya	7 - 13	1 a 3 semanas
Piña verde	10 - 13	2 a 4 semanas
Piña madura	7 - 8	2 a 4 semanas
Plátano coloreado	13 - 16	20 días
Plátano verde	12 - 13	1 a 4 semanas

Toronja	10 - 15	6 a 8 semanas
---------	---------	---------------

Fuente: Kader, (1992).

b) La transpiración

Es la pérdida de agua que sufren los frutos, tanto en el campo, como después de la recolección.

En el campo, ésta pérdida de agua, la compensan tomándola del propio árbol y creando una barrera de defensa, que los protege de pérdidas excesivas, a base de segregar, las células de la epidermis, un material céreo, en forma de pequeñas capas superpuestas, en la superficie de la cutícula de los frutos.

Estas ceras, son mezclas complejas de productos químicos, en los que su principal componente, son esteres de ácidos grasos superiores con alcoholes de cadena larga, aunque también se encuentran, importantes porcentajes de hidrocarburos, cetonas, alcoholes y aldehídos.

La principal función de esta capa de ceras es la protección de los frutos frente a:

- Heridas
- Infecciones
- Deshidratación (pérdida de agua por transpiración)

Luego, para evitar en los posible, el deterioro de los frutos es necesario reducir su respiración y su transpiración, ambas pueden controlarse con las ceras adecuadas y con el frío.

Las ceras, deben adaptarse a estos dos procesos fisiológicos y en función del tipo de fruto, se debe aplicar una cantidad u otra de cera, que nunca debe reducir la respiración, hasta el extremo de anularla, ya que la fruta fermentaría por falta de oxígeno, produciéndose en su interior alcoholes y aldehídos no deseables, que junto con otros productos tóxicos, destruyen rápidamente fructosas, ácidos, las vitaminas y el sabor. (Flores, 1994).

2.5. FENÓMENO CLIMATÉRICO

Los vegetales se pueden dividir en dos grupos en función del distinto comportamiento con respecto a la actividad respiratoria. Se habla por tanto de frutos climatéricos y frutos no climatéricos.

Este hecho permite recolectar los productos antes de la maduración y posteriormente se produce la maduración de estos, lo cual posibilita la distribución comercial.

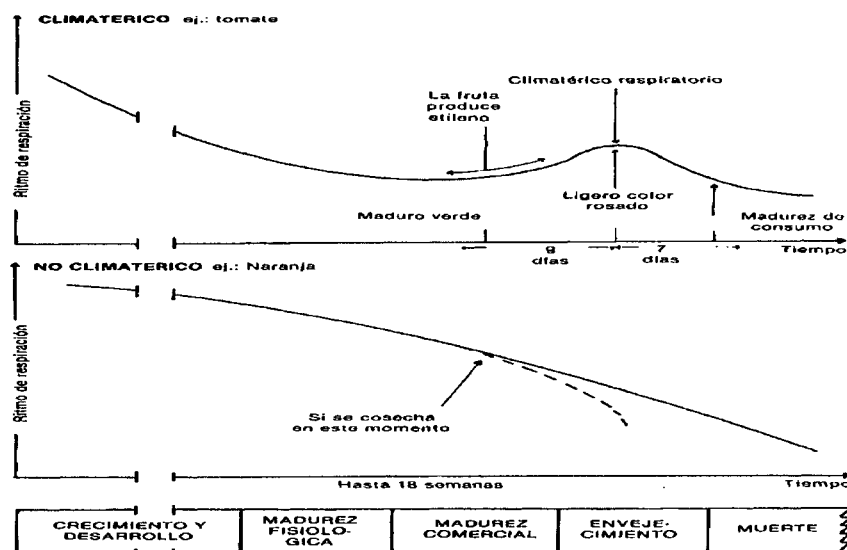


Figura 4: Patrones de respiración de frutas climatéricas y no climatéricas durante la maduración.

2.5.1. Frutos climatéricos y no climatéricos

El tomate es climatérico: es verde inicialmente y va cambiando a tonos rojos. La clorofila disminuye a medida que aumenta la maduración y el licopeno. Disminuye en la respiración el O₂ y aumenta el CO₂ y el etileno, el almidón, la dureza, los sólidos solubles y el ácido ascórbico.

El plátano es climatérico también. Se da una disminución de clorofila, pero aumentan los carotenos y xantofilas. La cantidad de materia seca, el almidón y la hemicelulosa disminuyen, por el contrario aumenta el contenido en azúcares. A medida que aumenta la maduración, el plátano transpira, por eso es importante la atmósfera en que se halle, ya sean modificadas o no. El O₂ disminuye y aumenta el CO₂.

Las hortalizas son no climatéricas, y climatéricas suelen ser las frutas de pepitas menos la cereza. Las fresas y los cítricos son no climatéricos.

Tabla 9: Clasificación de algunos frutos comestibles de acuerdo a su patrón respiratorio

FRUTOS CLIMATÉRICOS	FRUTOS NO CLIMATÉRICOS
manzana	pepino
aguacate	uva
banana	limón
chirimoya	piña
higo	fresa
mango	naranja
melón	carambola
papaya	
durazno	

Fuente: Kader (1992)

Hay frutas climatéricas como la manzana con actividad respiratoria muy baja por lo que se almacena muy fácilmente durante mucho tiempo. Otras como la pera, albaricoque o melocotón y tienen actividad respiratoria alta por lo que se estropean antes. También hay frutas no climatéricas como las naranjas por los limones que tienen una baja actividad respiratoria mientras que las fresas tienen una alta actividad respiratoria por lo que son más perecederas. (Wills et al, 1990).

2.6. LA PRESERVACIÓN DE LAS FRUTAS

La preservación implica el mantenimiento de las cualidades nutritivas del alimento durante bastante tiempo; a menudo meses e incluso años.

2.6.1 Métodos de preservación física

a) Por bajas temperaturas

El frío retrasa el deterioro de los alimentos. Muchos productos alimenticios, para llegar al consumidor final, requieren de plazos más o menos amplios, y para ello se recurre a equipos que acompañen al producto durante su vida y lo mantengan en condiciones óptimas de conservación, esto se logra con metodologías que tratan de disminuir la actividad de los agentes de alteración. Guevara (1991)

a.1) Conservación por refrigeración

La refrigeración consiste en hacer descender la temperatura de los alimentos hasta valores próximos a los 0 °C, pero sin llegar a la formación de hielo. Las neveras son un ejemplo del uso de la refrigeración para conservar alimentos. La refrigeración también se emplea a nivel industrial para

almacenar grandes cantidades de productos (frutas, hortalizas, carnes, etc.) y en el transporte (camiones, vagones de ferrocarril, barcos). Los alimentos refrigerados se pueden conservar durante un lapso de tiempo que va desde uno o dos días (mariscos, pescados) hasta meses (huevo).

La refrigeración o temperaturas cercanas al punto de congelación del agua son efectivas para reducir la velocidad a la cual se efectúa la respiración. Se ha encontrado que tales temperaturas son importantes en la conservación de alimentos por corto tiempo. Se estima que por cada 18 °F en la temperatura, la velocidad de reacción es reducida a la mitad. Desrosier (1995).

Conservar por refrigeración a los alimentos, involucra el uso de bajas temperaturas como medio de eliminar o retardar la actividad de los agentes degenerativos. Aun cuando las bajas temperaturas no son tan efectivas para inactivar a los organismos responsables de los cambios, el almacenamiento de productos dañables, a bajas temperaturas, reduce grandemente la actividad tanto de enzimas como de microorganismos y por lo tanto suministra una forma práctica de conservar estos alimentos en su estado fresco original, por periodos de tiempos variable. El grado de temperatura baja, requerido para la conservación adecuada, varía con el tipo de producto almacenado y con el periodo de tiempo en almacenaje. Guevara (1991).

Tabla 10: Conservación de frutas por frío

Frutas	T (°C)		Humedad relativa(%)	Tiempo de conservación
	Min.	Max.		
Palta	7	-10	85-90	2-4 semanas
Piña (verde)	10		90	4-5 semanas
Piña (madura)	5-7		85-90	3-4 semanas
Plátano	12		90	3 semanas
Cereza	0-2		90	2 semanas
Chirimoya	12		85-90	2-3 semanas
Higo	-1	- 0	90	1-2 semanas
Guayaba	5-8		90	2 semanas
Toronja	8-15		90	2-3 semanas
Naranja	6-7		90	3-4 semanas
Lima	7-8		90	6-8 semanas
Limón(verde)	12-14		85-90	1-3 meses
Manzana	3-3		85-90	2-4 meses
Papaya	8-10		90	2-3 semanas
Mango	8-10		90	3-4 semanas
Maracuyá	6-7		90	3-4 semanas
Membrillo	0		90	2-3 meses
Sandia	5		90	3-4 semanas
Melón	7-10		90-95	2-3 semanas
Fresas	0-2		70	4 días
Nueces	-2	- 0	90-95	8-12 meses
Pera	1		90	2-6 meses
Durazno	-1	- 0	90	2-6 semanas
Mandarina	6-7		85	4-6 semanas
Uva(americana)	-0.5		90	3-8 semanas
Uva(Europa Italia)	-2	- 1	90-95	2-6 semanas

Fuente: Guevara (1991)

a.2) Conservación por congelación

La congelación retrasa el deterioro de los alimentos y prolonga su seguridad evitando que los microorganismos se desarrollen y ralentizando la actividad enzimática que hace que los alimentos se echen a perder. Cuando el agua de los alimentos se congela, se convierten en cristales de hielo y deja de estar a disposición de los microorganismos que la necesitan para su desarrollo. No obstante la mayoría de microorganismos (a excepción de los parásitos) siguen viviendo durante la congelación, así pues, es preciso manipular los alimentos con cuidado tanto antes como después de esta.

(<http://www.euf.org/sp/foodcongelation.htm>).

Por lo general se aplica a productos que deben preservarse en un estado fresco original por periodos relativamente largos.

Los factores que rigen la calidad final y vida de almacenamiento de cualquier producto congelado son:

- ✓ La naturaleza y composición del producto a ser congelado.
- ✓ El Cuidado que se haya puesto en la selección, manejo y preparación del producto para su congelación.
- ✓ Las condiciones del almacenamiento.

Los vegetales y frutas a congelarse deben cosecharse en su máxima madures y ser procesados y congelados tan rápidamente como sea posible después de la cosecha, para evitar cambios químicos indeseables producidos por la acción enzimática y microbiana. Guevara (1991)

La temperatura a la cual se congelara un alimento bajo condiciones estándar, después depende de la concentración de solutos en la fase

acuosa. Puede usarse una temperatura de 18°F como punto de congelación promedio para los alimentos en general. Para congelar un alimento es necesario es primero, bajar la temperatura de masa a la del punto de congelación (32°F). Desrosier (1995).

1. Tipos de congelación

- Por aire: una corriente de aire frío extrae el calor del producto hasta que se consigue la temperatura final.
- Por contacto: una superficie fría en contacto con el producto que extrae el calor.
- Criogénico: se utilizan fluidos criogénicos, nitrógeno o dióxido de carbono, que sustituyen al aire frío para conseguir el efecto congelador.

2. Efectos de la congelación

- Aproximadamente el 80% del peso total de un animal e incluso más de una planta corresponde al agua.
- El agua es el componente mayoritario de los alimentos que derivan de animales y plantas.
- Al congelar un alimento, el agua se transforma en hielo y se produce un efecto de desecación.

b) Por altas temperaturas

La conservación de los alimentos por acción del calor, puede agruparse en 3 categorías: la pasteurización, la ebullición y la esterilización. A nivel industrial solo estas considerados la pasteurización y la esterilización. Los alimentos

que están tratados con esta tecnología experimentan cambios en su textura, color, olor, sabor, comparado al alimento fresco. Guevara (1991)

2.7. ENCERADO

2.7.1 Generalidades

Consiste en aplicar al producto una capa artificial de cera de espesor y consistencia adecuada con el fin de mejorar su apariencia y reducir las pérdidas de humedad. También existen cobertores de origen sintético que además retardan el proceso normal de maduración. (Flores, 1994).

La aplicación de ceras proporciona a la fruta una baja permeabilidad al vapor de agua, para así reducir las pérdidas por transpiración que llevan al arrugamiento, ablandamiento y a alteraciones fisiológicas (Monterde *et al.*, 2002).

Sin embargo, el uso de ceras tiene limitaciones, debido a que pueden obturar parcialmente las estomas y dificultar el intercambio gaseoso, sobre todo si la permeabilidad al O₂ y al CO₂ es baja. Si hay excesiva restricción puede iniciarse respiración anaeróbica y el aumento de volátiles como etanol, acetaldehído, etilbutanoato y α -pineno, con riesgo de malos sabores (Monterde *et al.*, 2002).

Hoy en día se utilizan fundamentalmente ceras al agua divididas en dos tipos: las soluciones de resinas y las emulsiones acuosas (Del Río *et al.*, 1999).

2.7.2 Las ceras

Según la FAO (1998), las ceras deben cumplir las siguientes funciones:

- Tener alto brillo natural, que intensifique el color de la fruta.
- Excelente control de la deshidratación o pérdida de peso.
- Debe evitar el ataque de hongos y bacterias.
- Deben tener alta resistencia a la humedad que asegura un mayor brillo de la fruta encerada después de un tiempo prolongado en frío.

2.7.2.1 Cera Animal

a) Cera de Abeja: La cera de abeja es llamada Cera blanca (cera alba) o Cera amarilla (cera Flava). Esta es segregada por las abejas al construir sus panales. La cera de abeja cruda se obtiene fundiendo y filtrando los panales para obtener una cera limpia. Esta cera cruda tiene un color entre café y amarillo, dependiendo del tipo de flores que existan donde viven las abejas. Contiene, entre otros componentes, ácido palmítico y cerótico, así como alcohol melísilico.

La cera de abeja es un propóleo (que viene del griego “pro” que significa en defensa de; y “polis” que significa ciudad), siendo una sustancia gomosa y balsámica de consistencia viscosa, recogida de algunos insectos en particular las abejas *Apis mellifera*, que lo transporta al interior de la colmena, modificándola en parte con sus secreciones (ceras y secreciones salivales).

La cera presenta una consistencia variable, dependiendo de su origen y de la temperatura. Su color es también variable, de amarillo claro a marrón oscuro, pasando por una gran cantidad de tonos castaña. Su olor también es muy variable, generalmente es agradable.

(www.multiceras.com/ceradeabejas)

El propóleo se compone de:

- 50-55% de resinas y bálsamos,
- 30-40% de cera de abeja,
- 5-10% de aceites esenciales o volátiles,
- 5% de polen y
- 5% de materiales diversos (orgánicos y minerales. Se han identificado más de 160 compuestos, de los cuales un 50% son fenólicos, los mismos a los que se atribuye acción farmacológica).

La cera de abeja es de naturaleza lipóide y contiene:

- Hidrocarburos saturados, siendo el más frecuente el heptacosano. Son hidrocarburos que contiene un número impar de átomos de carbono.
- Ácidos o hidroxiaácidos igualmente saturados, en la mayoría de los casos, pero cuyo número de átomos de carbono es par, como el ácido palmítico o el ácido tetracosanoico.
- Alcoholes, monoles y dioles.

A estos constituyentes de la cera pura se añaden en la cera extraída por los procedimientos corrientes, pigmentos diversos procedentes sobre todo del polen, de los propóleos.

En el plano físico, la cera se presenta como un cuerpo sólido a temperatura normal, frágil cuando la temperatura es baja, pero cuando esta es de unos 35 a 40°C se vuelve rápidamente plástica. Su punto de fusión se situa

alrededor de los 64 °C (+-1). Su densidad es de 0.95 (+-2) para una cera amarilla del comercio a 15 °C.

Los principales fenoles identificados son:

- Flavonoides (flavonas, isoflavonas, flavonas)
- Ácidos aromáticos y sus éteres (ácido cafeico, cinámicos y otros).
- Aldehídos aromáticos (vainilla e isovainilla).
- Cumarinas
- Triglicéridos fenolicos



Figura 5: Cera de abejas

Usos de la cera de abeja

La cera de abeja puede ser comercializada como extracto o utilizada en formulaciones de cosméticos y productos farmacéuticos.

También puede ser empleado en polvo, en presentaciones en capsulas y otros aplicaciones afines. La técnica a emplear requiere de equipamiento

adecuado, pues el secado "in natura" se efectúa entre 15 y 20 °C seguidamente se adicionan silicatos para evitar la aglomeración del producto.

Exportaciones de cera de abeja

Las exportaciones de cera de abeja tienen una representación marginal respecto a nuestras exportaciones agropecuarias totales. Desde 1993 a febrero del presente nuestras ventas alcanzaron un total de US\$ 4399.

Nuestros destinos han sido Colombia, Chile y Ecuador, y los exportadores fueron Warner Lambert Perú S.A., Productos Favel S.A. CETCO S.A. y Bristol-Myers Squibb Perú S.A.

Actualmente el precio de la cera de abeja blanca nacional oscila entre 60 a 70 nuevos soles el kilogramo según la Asociación Nacional de Apicultura.

Con respecto al mercado internacional, su precio oscila entre los 28 y 42 US\$ por kilo de cera virgen y la cera estampada se comercializa entre los 38 y 56 US\$ por Kg. (www.multiceras.com)

2.7.2.2 Cera Vegetal

a) Cera de Carnauba: La cera de carnaúba o carnauba es un tipo de cera que se obtiene de las hojas de la palma Copernicia prunifera. Esta palma es endémica de Sudamérica y crece en la región de Ceará, al noreste de Brasil. Para evitar que la palma pierda agua durante la época de sequía, que en la región noreste de Brasil dura hasta seis meses, la planta se cubre de una espesa capa de cera compuesta de ésteres, alcoholes y ácidos grasos de

alto peso molecular. Una vez que se cortan las hojas, se secan y trituran para que la cera se desprenda.

Esta cera se conoce también como la "reina de las ceras", por sus características e infinidad de aplicaciones. La cera de carnauba es reconocida por sus propiedades de brillo. Combina dureza con resistencia al desgaste. Su punto de fusión es de 78 a 85 °C, el más alto entre las ceras naturales. (*es.wikipedia.org/cera_de_carnauba*).

b) Composición de la cera de carnauba

La cera de carnauba contiene principalmente ésteres de ácidos grasos (80-85%), alcoholes grasos (10-16%), ácidos (3-6%) e hidrocarburos (1-3%). El específico para la cera de carnauba es el contenido de graso esterificada diols (el cerca de 20%), hidroxilado ácidos grasos (el cerca de 6%) y ácido cinámico (el cerca de 10%). Ácido cinámico, antioxidante, puede ser hidroxilado o metoxilado. (*es.wikipedia.org/cera_de_carnauba*).



Figura 6: Cera de carnauba

c) Aplicaciones de la cera de carnauba

La cera de Carnauba puede producir un final brillante y mientras que tal se utiliza adentro automóvil ceras, pulimentos del zapato, productos alimenticios tales como maíz de caramelo, instrumento pulimentos, y piso y muebles pulimentos, especialmente cuando está mezclado con cera de abejas. Se utiliza como capa encendido seda dental. El uso para las capas de papel es el uso más común de los Estados Unidos. Es el ingrediente principal adentro cera de la tabla de surf, combinado con aceite de coco.

La cera de carnauba es un ingrediente prominente que se utiliza para diferentes fórmulas en cosméticos : lápices labiales, yeliners, rimel, sombras del ojo, fundaciones, blushers, preparaciones del cuidado de la piel, preparaciones del cuidado del sol, etc.

En alimentos, se utiliza como una ayuda de la formulación, un lubricante, un agente del fusor, un agente antiendurecimiento, y agente de acabado de la superficie en alimentos y mezclas cocidos al horno, chicle, dulces, frostings, las frutas frescas y los jugos, salsas, salsas, procesaron las frutas y los jugos, suavidad caramelo, tacs tic y Altoids.

También se utiliza en la industria farmacéutica como agente de capa de la tableta.

En 1890, Charles Tainter patentó el uso de la cera de carnauba encendido cilindros del fonógrafo como reemplazo para una mezcla de parafina y cera de abejas.

Cuando está utilizado como un lanzamiento del molde, carnauba, desemejante silicón o PTFE, es conveniente para el uso con de epoxy líquido, de epoxy compuestos que moldean (EMC) y algunos otros tipos del

plástico. La cera de Carnauba es compatible con los epóxidos y realiza generalmente sus características junto con las de la mayoría de los otros plásticos de la ingeniería.

Un lanzamiento del molde del aerosol es formado suspendiendo la cera de carnauba en un solvente. Esta versión del aerosol se utiliza extensivamente en los moldes para los dispositivos de semiconductor. Los fabricantes del semiconductor también utilizan pedazos de la cera de carnauba para romperse en moldes de epoxy nuevos o para lanzar el émbolo cuando se pega. (es.wikipedia.org/cera_de_carnauba).

d) Características técnicas

- Nombre de INCI es *Cera de Copernicia Cerifera (carnauba)*
- Número de E es E903.
- Punto de fusión: 78-85 °C, entre el más alto de ceras naturales.
- La densidad relativa es cerca de 0.97
- Está entre el más duro de ceras naturales, siendo más duro que el concreto en su forma pura.
- Es prácticamente insoluble en el agua, soluble en la calefacción adentro acetato ethyl y adentro xileno, prácticamente insoluble adentro alcohol etílico. (es.wikipedia.org/cera_de_carnauba).

2.7.3 Descripción de la técnica del encerado en frutas

Esta técnica de preservación de frutas, se basa en la aplicación de un filme, formando una película protectora alrededor de la fruta.

Debido a la adherencia del filme en la fruta, restringe las cantidades de ingreso de oxígeno y salida de dióxido de carbono, permitiendo una respiración lenta, retardando así su maduración, sin causar condiciones anaeróbicas, evitando pérdidas de humedad a través de su transpiración.

Así con el uso de esta película, también lograremos retardar el efecto del etileno, producto volátil desprendido por vegetales (frutas y hortalizas).

El etileno es considerado como un indicador principal de la maduración de frutos o como un contribuyente al fenómeno de maduración y envejecimiento, pues hace perder al color verde de las frutas y hortalizas, incrementa la tasa de respiración de frutos y ocurre el desgaste rápido de reservas, aumentando las pérdidas en peso y azúcares.

2.7.4 Aplicaciones del encerado

La cera se aplica en solución (cera en agua), por medio de un método que asegure que la fruta se cubra completamente de la suspensión. Pueden efectuarse las siguientes técnicas:

a) Por inmersión

El objetivo es sumergir completamente la fruta en solución de cera preparada.

b) Por aspersión o rocío

Se puede aplicar, rociando con aspersiones finas, para ello se usará aspersores.

c) Por bañado

Para algunos cultivos el bañado en silos del producto a granel, podría ser el método más práctico de aplicación.

d) Por frotamiento o aplicación con esponja

Si se tiene poco volumen de producto para encerar, se puede aplicar la cera con una esponja de baño a cada fruta individualmente. (Flores, 1994)

2.7.5 Beneficios del encerado en frutas

- ❖ Evita pérdidas de agua, por maduración, senescencia o descomposición, ataque de patógenos de las frutas durante el transporte, tiempo de almacenamiento, manipulación y mercadeo.
- ❖ Posibilita el comercio de productos altamente perecederos, como las frutas, fuera de temporada y lugar.
- ❖ Preserva la integridad física y calidad del producto fresco, luego de la cosecha, hasta que este llegue al consumidor para su utilización al estado natural fresco; o hasta que el mismo sea usado como materia prima para su posterior procesamiento.
- ❖ Mantiene un conjunto de atributos, características y propiedades de una fruta fresca, definiendo la calidad del producto, a la vez esta calidad constituye un indicador de su valor comercial como alimento en el mercado nacional como el de exportación.
- ❖ Da mejor presencia, aspecto a la vista de las frutas.
(Wills et al., 1984).

2.7.6 Factores que influyen en el encerado

La práctica totalidad de los frutos cítricos, que se comercializan en la actualidad, se enceran como mínimo una vez. Entre los factores que influyen

en un buen encerado, citaremos dos como los más importantes: el lavado y el pre secado.

Lavado

Los frutos cítricos, cuando alcanzan su madurez comercial o la madurez suficiente para ser desverdizados, presentan en su epidermis una serie de elementos ajenos a los propios frutos, como polvo, residuos de tratamientos de campo, esporas de hongos, restos de tierra dejados por las lluvias cuando son intensas, en los frutos más próximos al suelo, etc.

Todos estos elementos extraños al fruto, hay que eliminarlos ante el encerado y ello se consigue mediante el lavado, con detergentes o con la mezcla de detergentes más fungicidas. Hay que tener en cuenta, que al lavar los frutos, también eliminamos la propia cera de la epidermis del fruto, que es un factor muy importante, para evitar pérdidas excesivas de agua, como hemos comentado. Esta operación se realiza en una maquina lavadora, destinada a la limpieza de la fruta, que ya hemos descrito.

Un fruto bien lavado, siempre podrá ser bien encerado.

Pre secado

Antes de encerar los frutos, es necesario, según el tipo de cera que se utilice, que estén secos o húmedos pero NUNCA mojados.

Los frutos que estén húmedos o mojados y se aplique sobre ellos cera solvente, en pocas horas se vuelven “blancos” o se pueden apreciar manchas blancas sobre la epidermis, más o menos extensas.

Para aplicar cera solvente los frutos deben estar perfectamente SECOS, en la superficie de aplicación. Hoy este tipo de ceras se utiliza, para proteger la última capa de los frutos empaquetados, de condensaciones de agua en su

superficie y para dar un brillo adicional a la parte más visible del empaçado. Este tipo de cera debe tener registrado en la U.E.

Para aplicar cera agua, los frutos pueden estar húmedos, pero no mojados, ya que en este caso, el agua del fruto, diluye el film originado por la cera y se pierden las ventajas del encerado.

Lo ideal, tanto en un caso como otro, es que estén los frutos perfectamente secos para ello se utiliza antes del encerado un túnel de presecado, y después del mismo un túnel de secado, para fijar la cera sobre los productos.

Como hemos dicho, la práctica de los frutos cítricos que se comercializan en la actualidad, se enceran y se hacen por tres fines diferentes:

- ✓ Restituir a los frutos la cera que se ha eliminado durante el lavado, para evitar pérdidas excesivas de peso.
- ✓ Mejorará la apariencia externa de los frutos, proporcionándoles un brillo más intenso y uniforme.
- ✓ Como vehículo de fungicidas, que permitirán reducir el podrido de los frutos, a lo largo de su vida comercial o conservación.

Han sido necesario extensos e intensos estudios de investigación, para encontrar la cantidad y tipo de cera que debe aplicarse tanto a frutas como a hortalizas.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación fue realizado en el Laboratorio de Biotecnología Agroindustrial y Planta Piloto de Jugos y Frutas de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga - Ayacucho.

El trabajo fue realizado de mayo a octubre del 2015.

3.1 MATERIALES

3.1.1 Materia prima

La materia prima utilizada fue la carambola (*Averrhoa carambola*), variedad aperada, procedente del VRAEM (Valle de los ríos Apurímac, Ene y Mantaro), adquiridas en el mercado Nery García Zárate.

Para la práctica, las frutas se seleccionaron de tamaño adecuado y uniforme, libres de daños mecánicos y/o fitopatológicos.

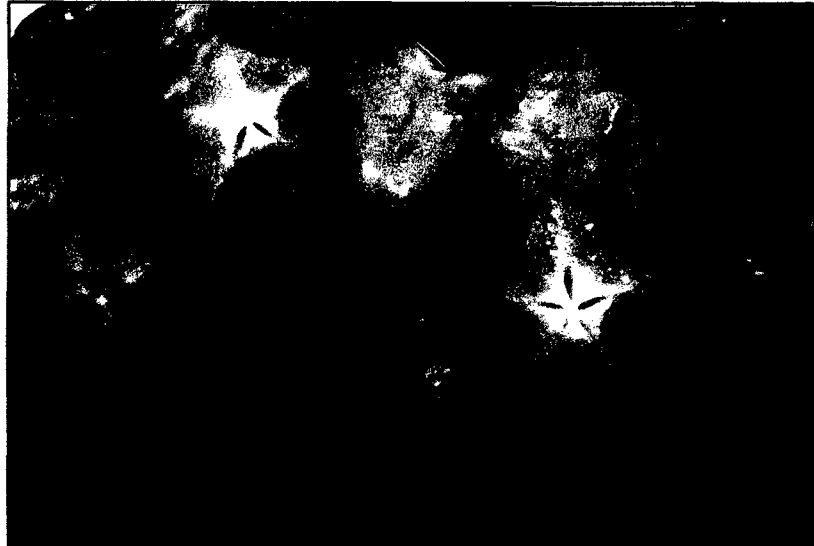


Figura 7: Fruto de carambola utilizado en el trabajo de investigación

3.1.2 Insumos

- Cera de abeja, grado comercial
- Cera de Carnauba SHIELD BRITE 9018-EU
- Agua
- Hipoclorito de sodio a 120ppm
- Agua destilada
- Detergente neutro

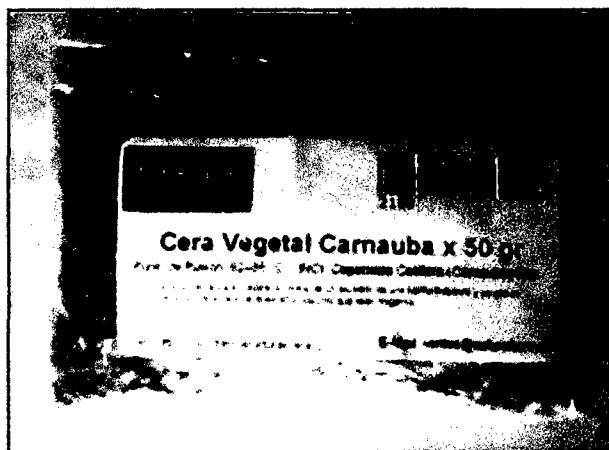


Figura 8: Cera de carnauba, grado comercial

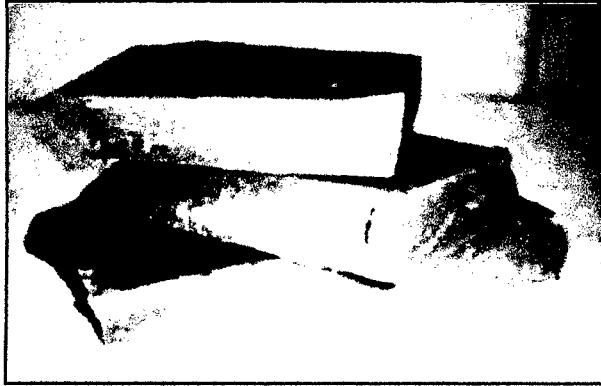


Figura 9: Cera de abeja, grado comercial

3.1.3 Reactivos

- Ácido ascórbico q.p.
- Ácido oxálico q.p.
- 2,6 diclorofenolindofenol
- Hidróxido de sodio 0.1 N
- Indicador: Fenolftaleina
- Bufer 4.01 y Bufer 7.01

3.1.4 Materiales de laboratorio

- ✓ Vasos de precipitado de 100, 250 y 500 ml.
- ✓ Pipetas de 1, 5 y 10 mL
- ✓ Fiola de 250, 100, 500 mL
- ✓ Matraz de 250 ml.
- ✓ Bureta de 50 mL
- ✓ Probeta graduada de 100 mL
- ✓ Tubos de ensayo con gradilla
- ✓ Papel filtro.

3.1.5 Equipos e instrumentos

- ✓ Balanza Analítica, Marca AND HR 200, precisión ± 10 mg



Figura 10: Balanza analítica digital

- ✓ Espectrofotómetro, Marca: LABOMED, modelo UV- visible

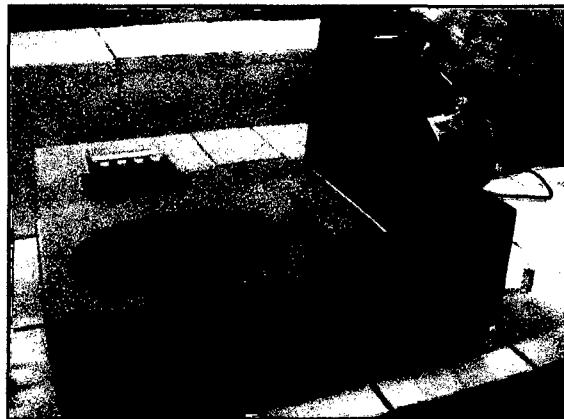


Figura 11: Espectrofotómetro digital

- ✓ pH - Metro: Marca: THERMO SCIENTIFIC



Figura 12: Potenciómetro digital

- ✓ Refractómetro, Marca: KJOWA

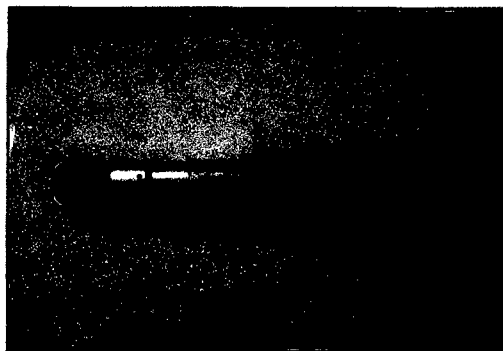


Figura 13: Refractómetro

3.2 METODOS DE ANALISIS

3.2.1 Análisis fisicoquímico de la materia prima

- ✓ **Determinación de vitamina C.**

Se empleó el método espectrofotométrico propuesto por el departamento de Agricultura de Canadá, basado en la reducción del colorante 2-6 Diclorofenolindofenol por efecto de la solución del ácido ascórbico. Pearson, (1976).

- ✓ **Determinación del porcentaje de zumo.**
Expresado en gramos de pulpa/100g de fruto.
- ✓ **Determinación de la pérdida de peso.**
Se determinó según el método reportado en el anexo 1.
- ✓ **Determinación de los sólidos solubles totales.**
Se determinó por refractometría expresándose los resultados en °Brix.
- ✓ **Determinación de la acidez.**
Se realizarán mediciones de acidez por titulación directa con NaOH 0,1N. Los valores de acidez se reportaron como g de ácido cítrico/100ml jugo. (AOAC, 1990).
- ✓ **Determinación del pH.**
Se determinó por el método potenciométrico.

3.3 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Se realizó las siguientes operaciones:

3.3.1 Recepción y Selección

Se empleó la carambola (Avherroa carambola). Se seleccionó en su estado de madurez comercial.

3.3.2 Calibrado

Las frutas seleccionadas fueron pesadas en una balanza digital. También se realizaron las medidas respectivas.



Figura 14: Carambolas precalibradas

3.3.3 Lavado

Las carambolas fueron lavadas en agua corriente a fin de eliminar materias extrañas a la superficie de la fruta.



Figura 15: Lavado de las carambolas

3.3.4 Sanitizado

Se desinfectó la fruta con solución de cloro a 120 ppm de cloro libre residual.



Figura 16: Sanitizado de la fruta

3.3.5 Pre secado

Se hizo un secado previo a la fruta con papel absorbente antes de ser encerado.

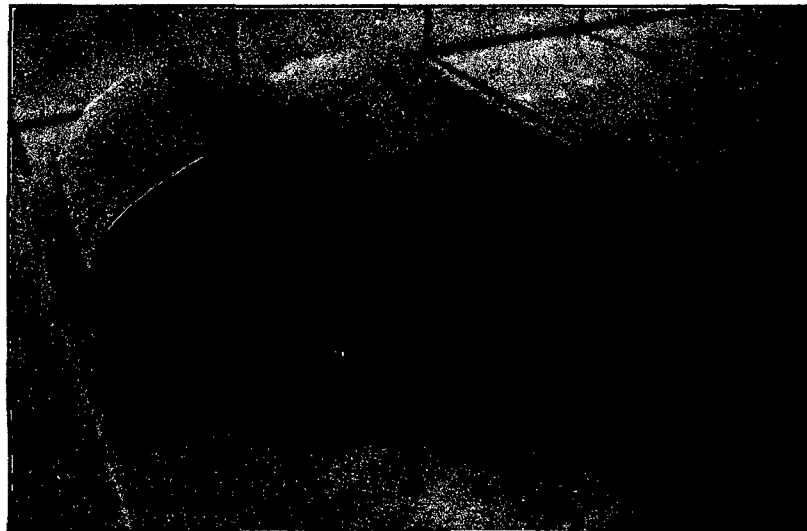


Figura 17: Presecado de las carambolas

3.3.6 Encerado

Las carambolas una vez secas se sumergieron en la suspensión líquida previamente emulsificada de abeja y de carnauba, por 30 segundos y se verificó que el encerado sea uniforme en todo el producto.

Para preparar la emulsión se utilizó 10% de cera de abeja y carnauba, según Navarro (2007) quien recomienda utilizar 10-20% de ceras de carnauba y de abeja para obtener resultados óptimos de encerado y alargar la vida útil de los frutos aplicados.



Figura 18: Encerado de carambolas

3.3.7 Secado

Se retiró el producto de las soluciones y se dejó secar con la ayuda de papel absorbente.

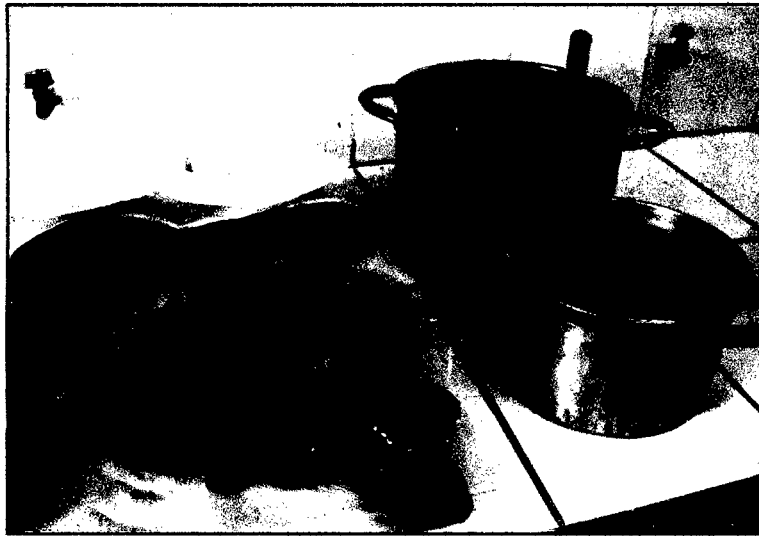


Figura 19: Secado de la fruta encerada

3.3.8 Calibrado

Luego de secado las carambolas, se procedió a pesar y a codificar dependiendo del tratamiento al que será sometido.



Figura 20: Calibrado de las carambolas enceradas

3.3.9 Envasado

Las frutas enceradas se envasaron en recipientes de tecnopor.

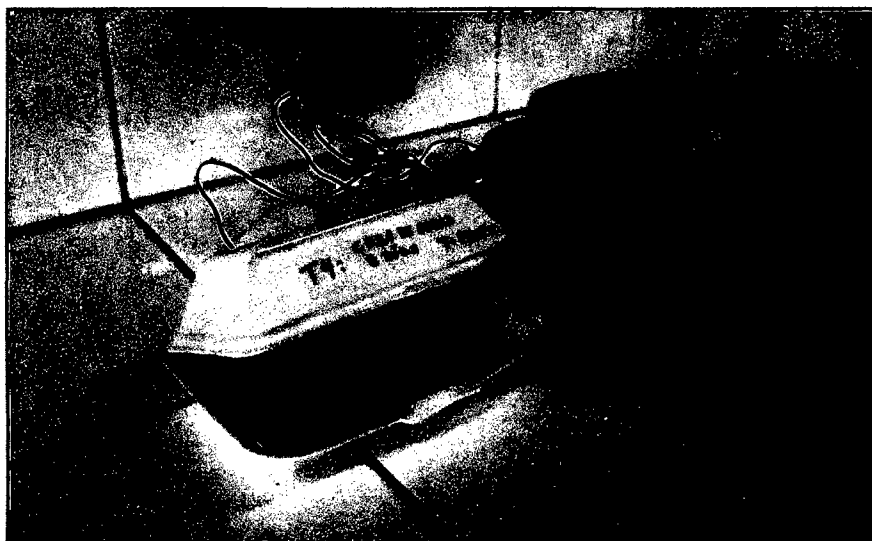


Figura 21: Carambolas envasadas en bandejas de tecnopor

3.3.10 Almacenamiento

Las frutas fueron almacenadas a temperaturas de refrigeración, durante 3, 6 y 9 días

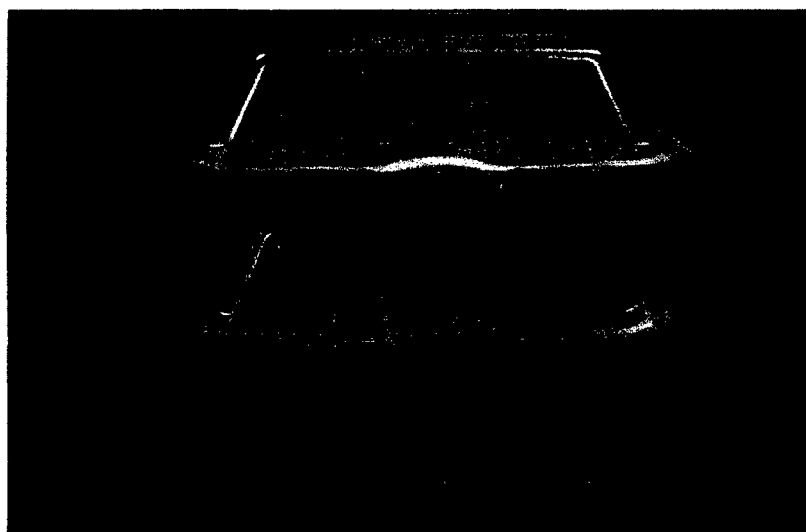


Figura 22: Carambolas envasadas almacenadas en refrigeración

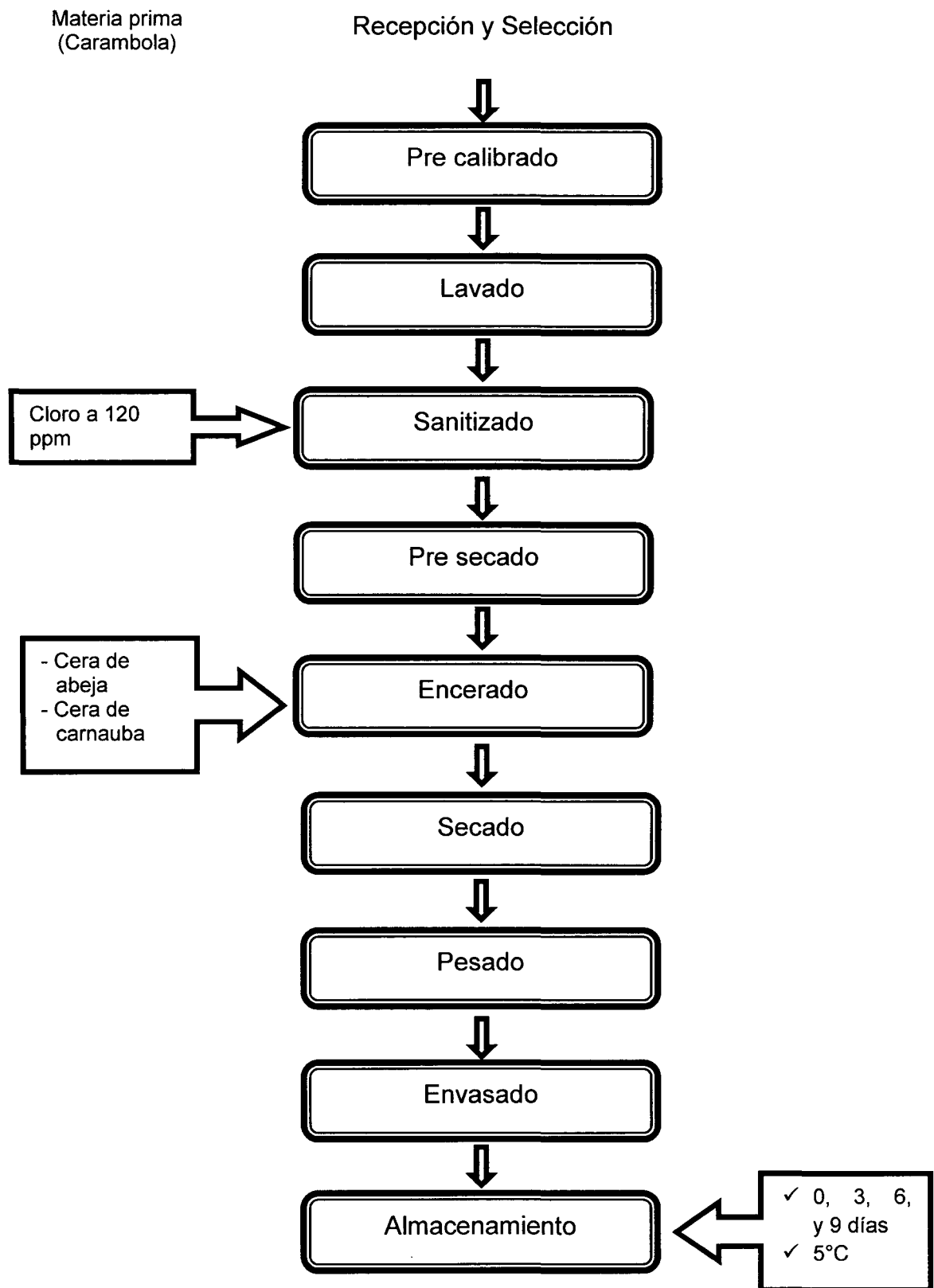


Figura 23: Diagrama de bloques para el encerado de carambola

3.4 DISEÑO ESTADÍSTICO

3.4.1 Diseño Experimental

Se empleó un Experimento Factorial de 3A x 3B en Diseño Completo al Azar (DCA) con 3 repeticiones, donde el modelo estadístico fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \delta_K + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \xi_{ijk}$$

$$i = 1, 2 \text{ y } 3$$

$$j = 1, 2, 3 \text{ y } 4$$

Donde:

- Y_{ijk} = Variable respuesta
- μ = Media general
- δ_K = Efecto del bloque: Tipo de cera y tiempo.
- A_i = Efecto del factor Tiempo: 3,6 y 9 días
- B_j = Efecto del factor Tipo de cera: sin cera, cera de abeja y cera de carnauba.
- (AB)_{ij} = Efecto de la interacción de los factores A y B.
- ξ_{ijk} = Efecto del error experimental

Tabla 11: Análisis de Varianza

Fuente de Variación	G. L.	SC	CM	F
Efecto del tipo de cera (A)	2			
Efecto de tiempo (B)	3			
Efecto de interacción (AB)	4			
Error	24			
Total	36			

3.4.2 Análisis de Varianza

Se utilizó la técnica estadística de análisis de varianza, que con base en el principio de t - Student, nos permitió estudiar si existe diferencia significativa entre la media de la calificaciones asignadas a las muestras.

Para los cálculos de la diferencia mínima significativa, se utilizó la prueba de Tuckey.

Tabla 12: Matriz de evaluación del diseño experimental

Muestra	Tipo de cera	Tiempo (días)	Vitamina C (mg/100ml)	Peso (%)	°Brix	pH	Acidez (%)
1	-1	0					
2	-1	0					
3	-1	0					
4	-1	3					
5	-1	3					
6	-1	3					
7	-1	6					
8	-1	6					
9	-1	6					
10	-1	9					
11	-1	9					
12	0	9					
13	0	0					
14	0	0					
15	0	0					
16	0	3					
17	0	3					
18	0	3					
19	0	6					
20	0	6					
21	0	6					
22	0	9					
23	0	9					
24	0	9					
25	1	0					
26	1	0					
27	1	0					
28	1	3					
29	1	3					
30	1	3					
31	1	6					
32	1	6					
34	1	6					
35	1	9					
36	1	9					

Codificación: -1 = Sin cera
 0 = Con cera de Carnauba
 1 = Con cera de Abeja

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CARAMBOLA

Los frutos adquiridos fueron cosechados debidamente seleccionados en base a tamaño, forma, color y grado de madurez; presentaron características físicas homogéneas, demostrado mediante rangos cortos de pesos y diámetros las que se muestran en la tabla 13.

Tabla 13: Características físicas de los frutos de carambola

Característica	Media	Rango
Peso (g)	96,31	93,27 – 98,22
Diámetro polar (cm)	12,54	12,34 – 12,76
Diámetro ecuatorial (cm)	8,37	8,09 – 8,65
Color		
L	57,36	56,77 – 58,09
a	-38,04	-37,33 / -38,67
b	18,18	17,88 – 18,59

El rango de variación de los pesos promedios de la carambola fue de 93,27 a 98,22 g; en cuanto a sus diámetros polares y ecuatoriales promedio fue de 12,54 y 8,37 cm respectivamente, con un color verde-amarillento ligero representado por valores promedio de luminosidad L de 57,36, el valor a* con -38,04 y el valor de b* de 18,18.

4.2. CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DE LA CARAMBOLA

Con relación a las características fisicoquímicas del jugo de carambola (Tabla 14) se encontró que el contenido de sólidos solubles fue de 7,2 y acidez de 0,35 (en % de ácido cítrico), indicativo de un fruto agridulce, lo cual representa su principal característica por la amplia aceptación del fruto para darle valor agregado.

El índice de madurez de 20,57 es considerado como adecuado para definir el momento de la cosecha, por coincidir con el aroma, sabor y color típico del cultivar.

Por otro lado, el contenido de vitamina C fue de 24,15 mg por 100 gramos de parte comestible, calculado experimentalmente, coincide lo determinado por Collazos *et al* (1993), lo mismo sucede con el valor de pH característico de esta fruta a este grado de madurez. Estas características determinaron que la calidad global de la carambola fue buena.

Aular *et al.*, (1995), refieren que el fruto de carambola de buena calidad será aquel que teniendo buen peso, tamaño y apariencia, pueda proveer una alta proporción de jugo de agradable sabor y aroma.

Tabla 14: Características fisicoquímicas del jugo de la carambola

Característica	Valor promedio	Rango
Sólidos solubles (°Brix)	7,2	7,0 – 7,5
Acidez titulable (ácido cítrico) (%)	0,35	0,32 – 0,37
Índice de madurez	20,57	20,27 – 21,87
pH	2,62	2,41 – 2,76
Vitamina C (mg)/ 100 g	24,15	23,33 – 26,26

4.3. EFECTO DEL TIPO DE RECUBRIMIENTO Y EL TIEMPO EN LA CARAMBOLA ALMACENADA EN REFRIGERACIÓN ($5 \pm 2^{\circ}\text{C}$)

En la tabla 15 se muestran los resultados de las características fisicoquímica de la carambola que fueron consideradas variables independientes del trabajo de investigación.

Los valores mostrados representan la matriz del diseño experimental, que corresponden a los valores de vitamina C, variación de peso, sólidos solubles (°brix), pH y acidez titulable de la carambola almacenadas en refrigeración.

Tabla 15: Resultados de la matriz de evaluación del diseño experimental

Muestra	Tipo de cera	Tiempo (días)	Vitamina C (mg/100ml)	Variación de peso (%)	°Brix	pH	Acidez (%)
1	-1	0	24,15	100	7,2	2,62	0,35
2	-1	0	24,15	100	7,2	2,62	0,35
3	-1	0	24,15	100	7,2	2,62	0,35
4	-1	3	23,34	84,33	8,1	2,82	0,30
5	-1	3	23,29	84,45	8,0	2,84	0,29
6	-1	3	23,35	84,39	8,2	2,85	0,28
7	-1	6	22,56	81,58	8,8	3,11	0,27
8	-1	6	22,65	81,61	8,9	3,15	0,26
9	-1	6	22,58	81,53	9,1	3,13	0,25
10	-1	9	20,77	80,78	9,8	3,57	0,22
11	-1	9	20,93	80,62	9,9	3,59	0,21
12	-1	9	21,02	80,71	10,1	3,63	0,22
13	0	0	24,15	100	7,2	2,62	0,35
14	0	0	24,15	100	7,2	2,62	0,35
15	0	0	24,15	100	7,2	2,62	0,35
16	0	3	23,65	87,46	7,8	2,79	0,32
17	0	3	23,67	87,68	7,7	2,80	0,30
18	0	3	23,71	87,59	7,9	2,82	0,31
19	0	6	23,05	85,21	8,2	3,02	0,30
20	0	6	23,12	85,16	8,3	3,03	0,29
21	0	6	22,88	85,23	8,4	2,96	0,30
22	0	9	21,56	84,72	9,0	3,19	0,28
23	0	9	21,71	84,71	8,9	3,08	0,29
24	0	9	21,66	84,63	9,2	3,15	0,28
25	1	0	24,15	100	7,2	2,62	0,35
26	1	0	24,15	100	7,2	2,62	0,35
27	1	0	24,15	100	7,2	2,62	0,35
28	1	3	23,95	89,03	7,4	2,71	0,33
29	1	3	23,89	89,17	7,5	2,73	0,32
30	1	3	23,83	88,85	7,3	2,72	0,33
31	1	6	23,37	87,79	7,8	2,87	0,30
32	1	6	23,41	87,68	7,7	2,88	0,31
33	1	6	23,52	87,91	7,8	2,91	0,30
34	1	9	22,84	86,23	8,2	3,02	0,29
35	1	9	22,77	86,31	8,1	3,01	0,30
36	1	9	22,81	86,28	8,0	3,03	0,28

Codificación: -1 = Sin cera
0 = Con cera de Carnauba
1 = Con cera de Abeja

4.3.1. Evaluación de la variación de vitamina C de la carambola.

Con respecto al análisis de vitamina C de la carambola, al realizar el análisis de varianza (ANVA) mostrado en la tabla 16 se comprobó que estadísticamente existe un efecto significativo entre los tipos de recubrimiento y el tiempo de almacenamiento, así como de la interacción de estos factores. Demostrando que para conservar o preservar la vitamina C de la carambola influyen el tipo de cera y el tiempo de almacenamiento en refrigeración.

Tabla 16: ANVA para vitamina C según la matriz del experimento

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
RECUBRIMIENTO	4,094	2	2,047	470,878	0,000
TIEMPO	28,001	3	9,334	2147,007	0,000
RECUBRIMIENTO * TIEMPO	2,947	6	0,491	112,999	0,000
Error	,104	24	0,004		
Total	19320,949	36			
Total corregida	35,146	35			

a. R cuadrado = .997 (R cuadrado corregida = .996)

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

De la tabla 16 ANVA se descompone la variabilidad de vitamina C en contribuciones debidas a varios factores. Los valores-p prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 3 valores-p

son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre vitamina C con un 95% de nivel de confianza.

Las pruebas de comparación múltiples, prueba de Tukey y gráficos sobre la variación de vitamina C según el tipo de recubrimiento utilizado (sin cera, cera de carnauba y cera de abeja), conservados en refrigeración se muestran a continuación:

Tabla 17: Prueba de comparaciones múltiples para el tipo de recubrimiento en la variación de vitamina C del experimento

(I) TIPO DE RECUBRIM.	(J) TIPO DE RECUBRIM.	MEDIA (mg/100 g)	Diferencia de medias (I-J)	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
SIN CERA	CERA DE CARNAUBA	22,74	-0,3767*	0,000	-0,4439	-0,3094
	CERA DE ABEJA		-0,8250*	0,000	-0,8922	-0,7578
CERA DE CARNAUBA	SIN CERA	23,12	0,3767*	0,000	0,3094	0,4439
	CERA DE ABEJA		-0,4483*	0,000	-0,5156	-0,3811
CERA DE ABEJA	SIN CERA	23,57	0,8250*	0,000	0,7578	0,8922
	CERA DE CARNAUBA		0,4483*	0,000	0,3811	0,5156

*. La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

De la tabla 17 notamos que aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, lo que nos determina este análisis es, que existe variabilidad entre los

tratamientos (tipo de recubrimiento) y que cada tratamiento tiene un efecto significativo y diferente en la vitamina C presente en la carambola durante el tiempo de almacenamiento.

Tabla 18: Prueba de Tukey para el tipo de recubrimiento en la variación de vitamina C de la carambola en el experimento

TIPO DE RECUBRIMIENTO	Subconjunto		
	1	2	3
SIN CERA	22,7450		
CERA DE CARNAUBA		23,1217	
CERA DE ABEJA			23,5700
Sig.	1,000	1,000	1,000

Alfa =0.05.

De la tabla 18 observamos que el tipo de recubrimiento cera de abeja es el que mejor retiene el contenido de vitamina C durante los 9 días de almacenamiento y bajo condiciones de refrigeración, cuyo valor promedio asciende a 23,57 mg/100 ml, que representa un 97,6% de retención.

De la figura 24, se observa que existe diferencia en la degradación de vitamina C durante el tiempo de almacenaje según el tipo de recubrimiento, notándose que cuando no se usa recubrimiento la pérdida de vitamina C es mayor que cuando se usa ceras, encontrándose que con cera de abeja es la

que mejor retiene la vitamina durante los 9 días de almacenaje en las condiciones de refrigeración.

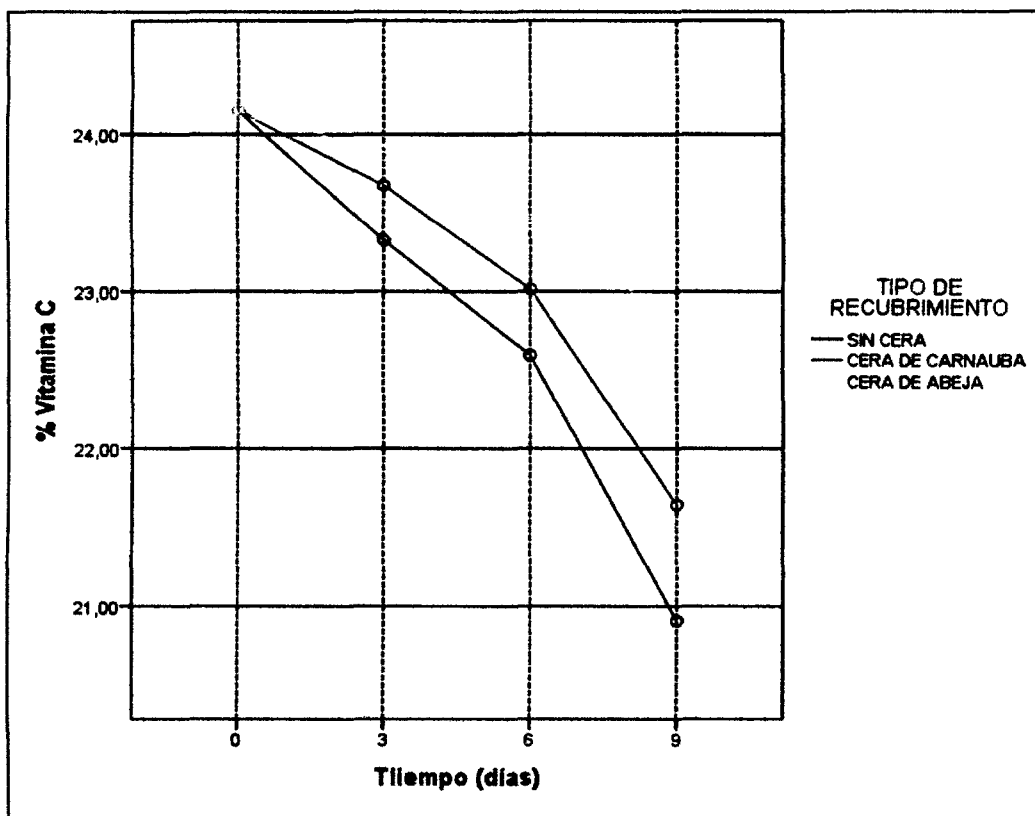


Figura 24: Variación de la vitamina C de carambola durante el tiempo de almacenaje y según el tipo de recubrimiento

Esto concuerda con ensayos realizados en limones por Kader y Watkins (2000), quienes encontraron evidencia suficientemente válida para diferenciar el uso de distintos recubrimientos en estos vegetales permitiendo su conservación de la concentración de vitamina C durante condiciones de refrigeración

Achipiz et al., (2013) concluyeron en su trabajo sobre maduración de guayaba utilizando recubrimientos a base de almidón, que cuando utilizaron 4% de almidón la retención de vitamina C fue de alrededor de 96,68% .

Las pruebas de comparación múltiples, prueba de Tukey y gráficos sobre la variación de vitamina C según el tiempo de almacenaje (0, 3, 6 y 9 días), conservados en refrigeración se muestran a continuación:

Tabla 19: Prueba de comparaciones múltiples para el tiempo de almacenaje en la variación de vitamina C del experimento

(I)TIEMPO (días)	(J)TIEMPO (días)	MEDIA (mg/100 g)	Diferencia de medias (I-J)	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0	3	24,15	0,5189*	0,000	0,4331	0,6046
	6		1,1344*	0,000	1,0487	1,2202
	9		2,3644*	0,000	2,2787	2,4502
3	0	23,63	-0,5189*	0,000	-0,6046	-0,4331
	6		0,6156*	0,000	0,5298	,7013
	9		1,8456*	0,000	1,7598	1,9313
6	0	23,02	-1,1344*	0,000	-1,2202	-1,0487
	3		-0,6156*	0,000	-0,7013	-0,5298
	9		1,2300*	0,000	1,1443	1,3157
9	0	21,79	-2,3644*	0,000	-2,4502	-2,2787
	3		-1,8456*	0,000	-1,9313	-1,7598
	6		-1,2300*	0,000	-1,3157	-1,1443

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05

De la tabla 19 notamos que aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, lo

que nos determina este análisis es, que existe variabilidad entre los tratamientos (tiempo de almacenaje) y que cada tratamiento tiene un efecto significativo y diferente en la vitamina C presente en la carambola con el tipo de recubrimiento utilizado.

Tabla 20: Prueba de Tukey para el tiempo de almacenaje en la variación de vitamina C del experimento

Tiempo de almacenaje (días)	Subconjunto			
	1	2	3	4
9	21,7856			
6		23,0156		
3			23,6311	
0				24,1500
Sig.	1,000	1,000	1,000	1,000

De la tabla 20 observamos que el tiempo de almacenaje influye en la retención del contenido de vitamina C para los tres tipos de recubrimientos utilizados y bajo condiciones de refrigeración, cuyo valor promedio asciende a 21,79 mg/100 g de muestra, que representa un 90,18% que corresponde al noveno día de almacenamiento.

De la figura 25, se observa que existe diferencia en la degradación de vitamina C durante el tiempo de almacenaje según el tipo de recubrimiento, notándose que cuando no se usa recubrimiento la pérdida de vitamina C es

mayor que cuando se usa ceras, encontrándose que con cera de abeja es la que tiene menores pérdidas de vitamina C, por tanto es mejor retiene la vitamina durante los 9 días de almacenaje en las condiciones de refrigeración.

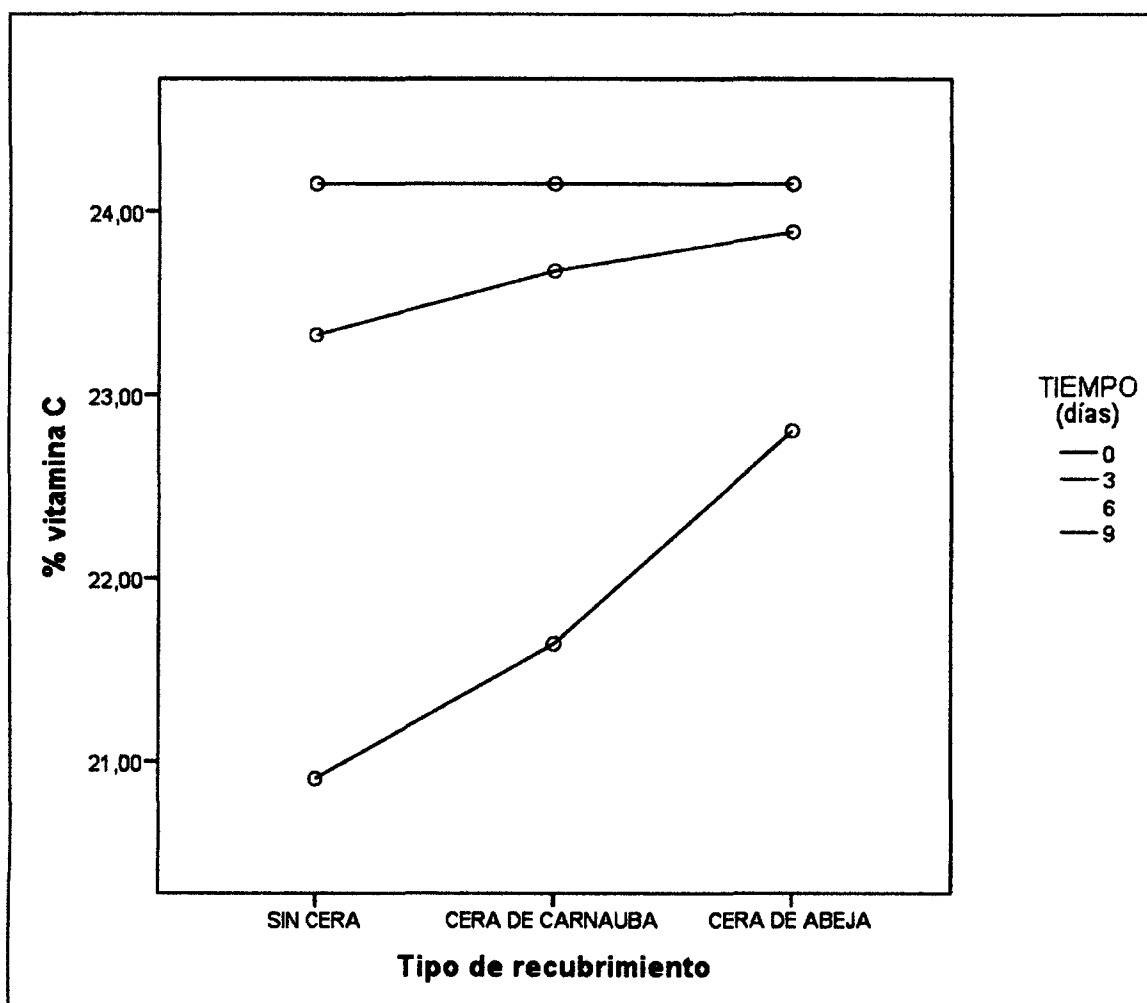


Figura 25: Variación de la vitamina C según el tipo de recubrimiento durante el tiempo de almacenaje en refrigeración

4.3.2. Evaluación de la variación de peso de la carambola.

Con respecto al análisis de la variación de peso de carambola, al realizar el análisis de varianza (ANVA) mostrado en la tabla 21 se comprobó que

estadísticamente existe un efecto significativo entre los tipos de recubrimiento y el tiempo de almacenamiento, así como de la interacción de estos factores. Demostrando que para que haya pérdida de peso de la carambola influyen el tipo de recubrimiento y el tiempo de almacenamiento en refrigeración.

Tabla 21: ANVA para variación de peso según la matriz experimental

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
RECUBRIMIENTO	104,415	2	52,207	9181,569	0,000
TIEMPO	1514,847	3	504,949	88803,909	0,000
RECUBRIMIENTO * TIEMPO	37,195	6	6,199	1090,244	0,000
Error	0,136	24	0,006		
Total	286392,668	36			
Total corregida	1656,593	35			

R cuadrado = .998 (R cuadrado corregida = .999)

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

De la tabla 16 el ANVA se descompone la variabilidad de variación de peso en contribuciones debidas a varios factores. Los valores-p prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 3 valores-p son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la variación de peso en la carambola con un 95% de nivel de confianza.

Las pruebas de comparación múltiples, prueba de Tukey y gráficos sobre la variación de pesos de la carambola según el tipo de recubrimiento utilizado (sin cera, cera de carnauba y cera de abeja), conservados en refrigeración se muestran a continuación:

Tabla 22: Prueba de comparaciones múltiples para el tipo de recubrimiento en la variación de peso (%) de la carambola en el experimento

(I)TIPO DE RECUBRIM.	(J)TIPO DE RECUBRIM.	MEDIA (%)	Diferencia de medias (I-J)	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
SIN CERA	CERA DE CARNAUBA	86,67	-2,6992*	0,000	-2,7760	-2,6223
	CERA DE ABEJA		-4,1042*	0,000	-4,1810	-4,0273
CERA DE CARNAUBA	SIN CERA	89,37	2,6992*	0,000	2,6223	2,7760
	CERA DE ABEJA		-1,4050*	0,000	-1,4819	-1,3281
CERA DE ABEJA	SIN CERA	90,77	4,1042*	0,000	4,0273	4,1810
	CERA DE CARNAUBA		1,4050*	0,000	1,3281	1,4819

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

De la tabla 22 notamos que aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, lo que nos determina este análisis es, que existe variabilidad entre los tratamientos (tipo de recubrimiento) y que cada tratamiento tiene un efecto significativo y diferente en la variación de peso de la carambola durante el tiempo de almacenamiento.

Tabla 23: Prueba de Tukey para el tipo de recubrimiento en la variación de peso de la carambola del experimento

TIPO DE RECUBRIMIENTO	Subconjunto		
	1	2	3
SIN CERA	86,6667		
CERA DE CARNAUBA		89,3658	
CERA DE ABEJA			90,7708
Sig.	1,000	1,000	1,000

Alfa =0.05.

De la tabla 23 observamos que el tipo de recubrimiento cera de abeja es el que menor variación de peso de carambola presenta durante los 9 días de almacenamiento y bajo condiciones de refrigeración, cuyo valor promedio asciende a 90,77%.

De la figura 26, se observa que existe diferencia en la variación de peso de la carambola durante el tiempo de almacenaje según el tipo de recubrimiento, notándose que cuando no se usa recubrimiento la variación de peso es mayor que cuando se usa recubrimientos, encontrándose que con cera de abeja es la que menor pérdida de peso presenta durante los 9 días de almacenaje en condiciones de refrigeración.

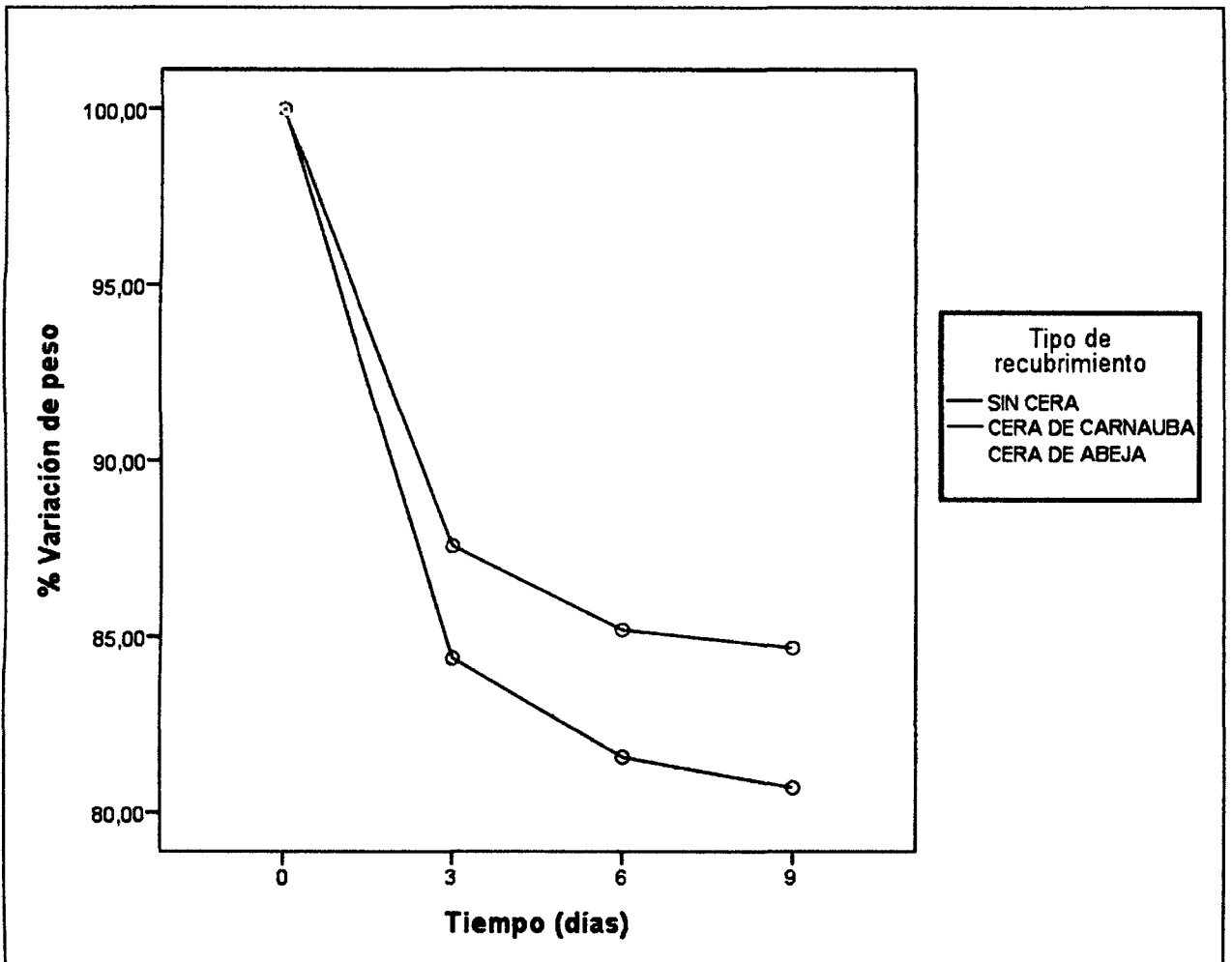


Figura 26: Variación de pérdida de peso de carambola durante el tiempo de almacenaje y según el tipo de recubrimiento

Esto concuerda con ensayos realizados en limones por Jara (1999) y por Villarroel (2005) quienes al utilizar distintos recubrimientos, tales como cera de abeja, almidón y cera de carnauba sobre la variación de peso, encontraron que cuando se usa cera de abeja en porcentajes de 3% presenta menores pérdidas de peso.

Achipiz et al., (2013) concluyeron en su trabajo sobre maduración de guayaba utilizando recubrimientos a base de almidón, que cuando utilizaron 4% de almidón la pérdida de peso fue de 22,21% en el octavo día de almacenaje.

Las pruebas de comparación múltiples, prueba de Tukey y gráficos sobre la variación de pérdida de peso según el tiempo de almacenaje (0, 3, 6 y 9 días), conservados en refrigeración se muestran a continuación:

Tabla 24: Prueba de comparaciones múltiples para el tiempo de almacenaje en la variación de pérdida de peso de la carambola del experimento

(I)TIEMPO (días)	(J)TIEMPO (días)	MEDIA (%)	Diferencia de medias (I-J)	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0	3	100	13,0056*	0,000	12,9075	13,1036
	6		15,1444*	0,000	15,0464	15,2425
	9		16,1122*	0,000	16,0142	16,2103
3	0	86,99	-13,0056*	0,000	-13,1036	-12,9075
	6		2,1389*	0,000	2,0408	2,2369
	9		3,1067*	0,000	3,0086	3,2047
6	0	84,85	-15,1444*	0,000	-15,2425	-15,0464
	3		-2,1389*	0,000	-2,2369	-2,0408
	9		0,9678*	0,000	0,8697	1,0658
9	0	83,88	-16,1122*	0,000	-16,2103	-16,0142
	3		-3,1067*	0,000	-3,2047	-3,0086
	6		-0,9678*	0,000	-1,0658	-0,8697

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05

De la tabla 24 notamos que aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, lo que nos determina este análisis es, que existe variabilidad entre los tratamientos (tiempo de almacenaje) y que cada tratamiento tiene un efecto significativo y diferente en la pérdida de peso presente en la carambola con el tipo de recubrimiento utilizado.

Tabla 25: Prueba de Tukey para el tiempo de almacenaje en la variación de pérdida de peso de carambola del experimento

Tiempo de almacenaje (días)	Subconjunto			
	1	2	3	4
9	83,8878			
6		84,8556		
3			86,9944	
0				100,00
Sig.	1,000	1,000	1,000	1,000

De la tabla 25 observamos que el tiempo de almacenaje influye en la pérdida de peso para los tres tipos de recubrimientos utilizados y bajo condiciones de refrigeración, cuyo valor promedio asciende a 83,89% que corresponde al noveno día de almacenamiento.

De la figura 27, se observa que existe diferencia en la pérdida de peso de carambola durante el tiempo de almacenaje según el tipo de recubrimiento,

notándose que los recubrimientos tienen influencia sobre la pérdida de pesos de carambolas, encontrándose que con cera de abeja es la que tiene menores pérdidas pesos, por tanto es la que menores pérdidas presenta durante los 9 días de almacenaje en las condiciones de refrigeración.

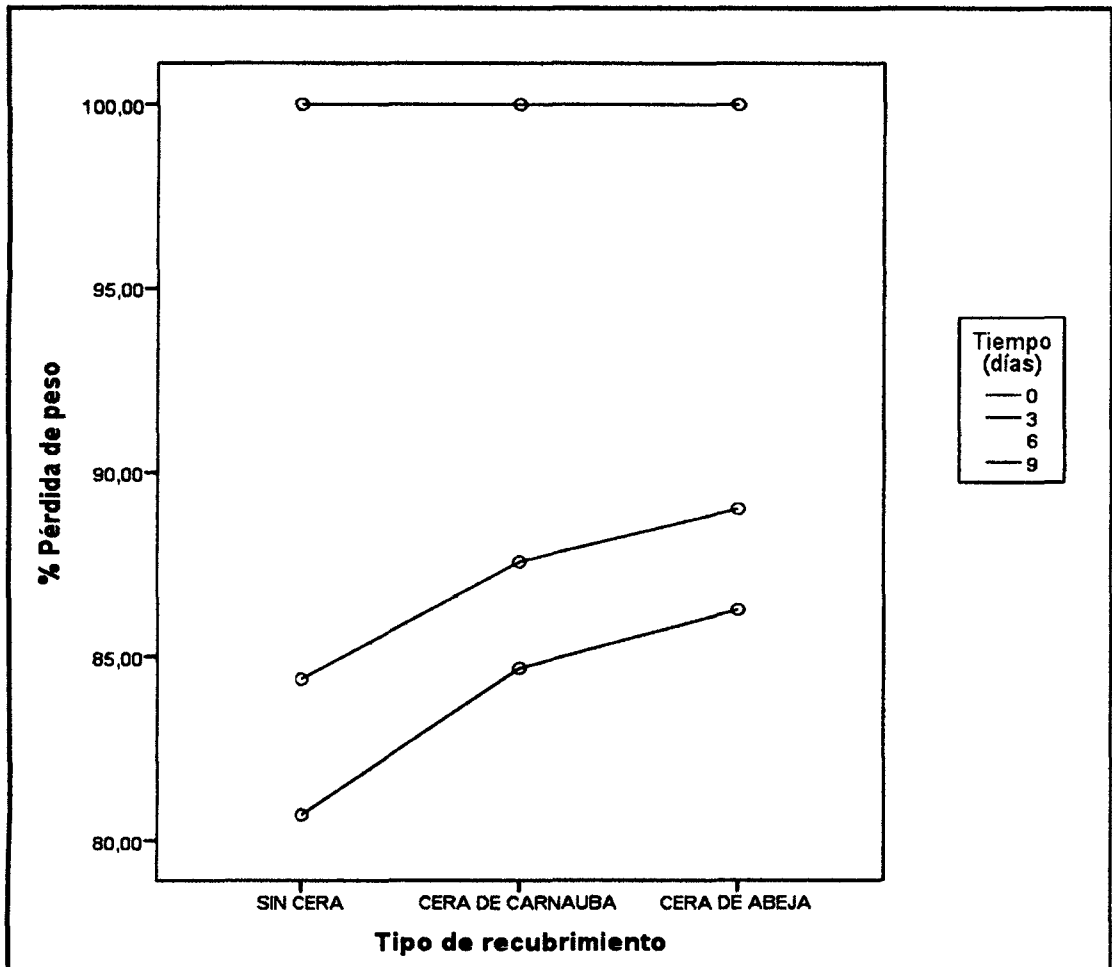


Figura 27: Variación de pérdida de peso de carambola según el tipo de recubrimiento durante el tiempo de almacenaje en refrigeración

Este comportamiento se debe a que la fruta una vez cosechada presenta una tendencia natural a la pérdida de peso, principalmente, por el fenómeno de la transpiración (Johnston y Banks, 1998).

4.3.3. Evaluación de la variación de sólidos solubles (°brix) de la carambola.

Con respecto al análisis de la variación de sólidos solubles (°brix) de carambola, al realizar el análisis de varianza (ANVA) mostrado en la tabla 26 se comprobó que estadísticamente existe un efecto significativo entre los tipos de recubrimiento y el tiempo de almacenamiento, así como de la interacción de estos factores. Demostrando que para que haya variación de sólidos solubles de la carambola influyen el tipo de recubrimiento y el tiempo de almacenamiento en refrigeración.

Tabla 26: ANVA para variación de sólidos solubles según la matriz del experimento

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
RECUBRIMIENTO	5,134	2	2,567	249,757	0,000
TIEMPO	16,421	3	5,474	532,568	0,000
RECUBRIMIENTO * TIEMPO	2,695	6	0,449	43,703	0,000
Error	0,247	24	0,010		
Total	2375,130	36			
Total corregida	24,496	35			

R cuadrado = .998 (R cuadrado corregida = .999)

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

De la tabla 26 el ANVA se descompone la variabilidad de variación de sólidos solubles en contribuciones debidas a varios factores. Los valores-p prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 3 valores-p son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la variación de sólidos solubles en la carambola con un 95% de nivel de confianza.

Las pruebas de comparación múltiples, prueba de Tukey y gráficos sobre la variación de sólidos solubles (°brix) de la carambola según el tipo de recubrimiento utilizado (sin cera, cera de carnauba y cera de abeja), conservados en refrigeración se muestran a continuación:

Tabla 27: Prueba de comparaciones múltiples para el tipo de recubrimiento en la variación de °brix de la carambola en el experimento

(I) TIPO DE RECUBRIM.	(J) TIPO DE RECUBRIM.	MEDIA (°brix)	Diferencia de medias (I-J)	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
SIN CERA	CERA DE CARNAUBA	8,54	0,4583*	0,000	0,3550	0,5617
	CERA DE ABEJA		0,9250*	0,000	0,8216	1,0284
CERA DE CARNAUBA	SIN CERA	8,08	-0,4583*	0,000	-0,5617	-0,3550
	CERA DE ABEJA		0,4667*	0,000	0,3633	0,5700
CERA DE ABEJA	SIN CERA	7,62	-0,9250*	0,000	-1,0284	-0,8216
	CERA DE CARNAUBA		-0,4667*	0,000	-0,5700	-0,3633

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

De la tabla 27 notamos que aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, lo que nos determina este análisis es, que existe variabilidad entre los tratamientos (tipo de recubrimiento) y que cada tratamiento tiene un efecto significativo y diferente en la variación de sólidos solubles (°brix) de la carambola durante el tiempo de almacenamiento.

Tabla 28: Prueba de Tukey para el tipo de recubrimiento en la variación de °brix de la carambola del experimento

TIPO DE RECUBRIMIENTO	Subconjunto		
	1	2	3
SIN CERA	7,6167		
CERA DE CARNAUBA		8,0833	
CERA DE ABEJA			8,5417
Sig.	1,000	1,000	1,000

Alfa =0.05.

De la tabla 28 observamos que el tipo de recubrimiento cera de abeja es el que mayor variación de sólidos solubles (°brix) de carambola presenta durante los 9 días de almacenamiento y bajo condiciones de refrigeración, cuyo valor promedio asciende a 8,54 °brix que representa un aumento del 18,61%.

De la figura 28, se observa que existe diferencia en la variación de sólidos solubles (°brix) de la carambola durante el tiempo de almacenaje según el tipo de recubrimiento, notándose que cuando no se usa recubrimiento la variación de sólidos solubles es mayor que cuando se usa recubrimientos, encontrándose que con cera de abeja es la que menor síntesis de sólidos solubles presenta durante los 9 días de almacenaje en condiciones de refrigeración.

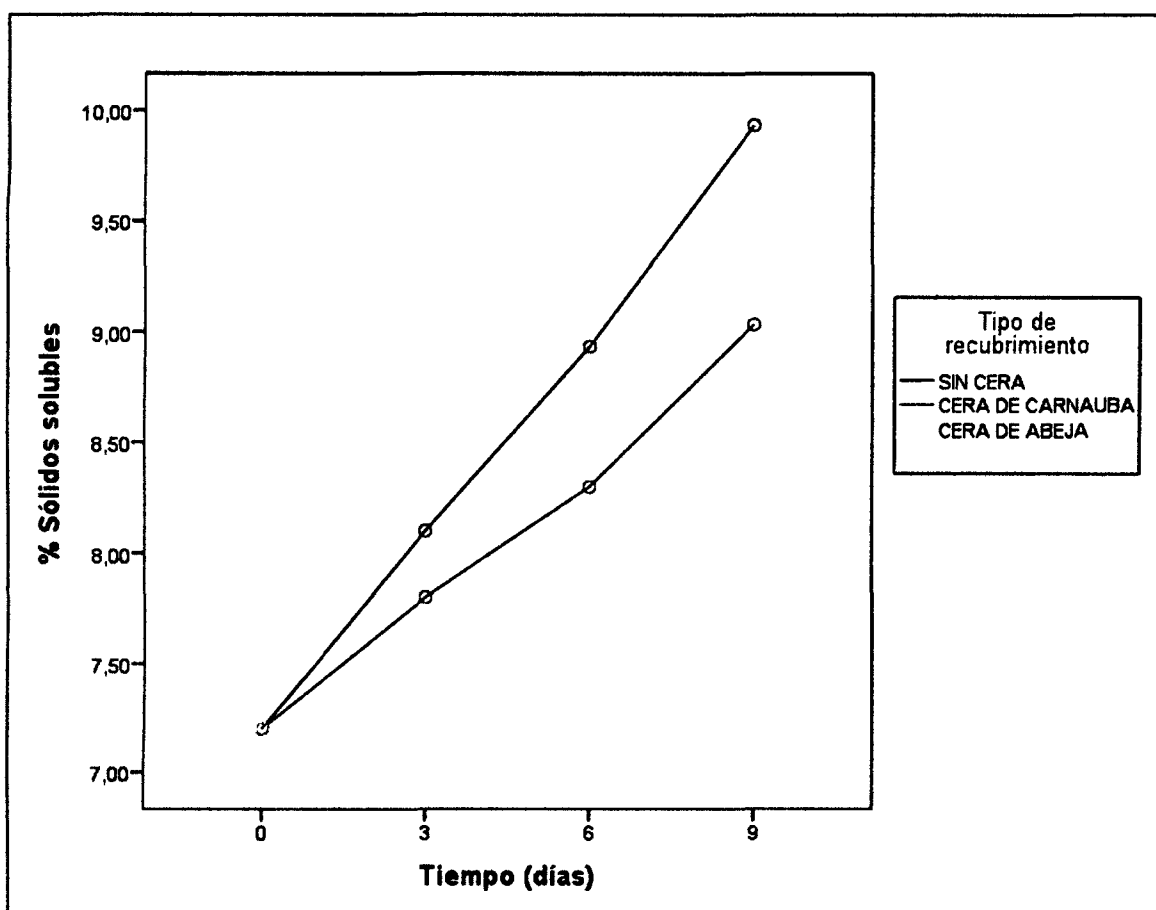


Figura 28: Variación de sólidos solubles de carambola durante el tiempo de almacenaje y según el tipo de recubrimiento

Las pruebas de comparación múltiples, prueba de Tukey y gráficos sobre la variación de sólidos solubles según el tiempo de almacenaje (0, 3, 6 y 9 días), conservados en refrigeración se muestran a continuación:

Tabla 29: Prueba de comparaciones múltiples para el tiempo de almacenaje en la variación de sólidos solubles de la carambola en el experimento

(I)TIEMPO (días)	(J)TIEMPO (días)	MEDIA (°brix)	Diferencia de medias (I-J)	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0	3	7,2	-0,5667*	0,000	-0,6985	-0,4348
	6		-1,1333*	0,000	-1,2652	-1,0015
	9		-1,8222*	0,000	-1,9541	-1,6904
3	0	7,77	0,5667*	0,000	0,4348	0,6985
	6		-0,5667*	0,000	-0,6985	-0,4348
	9		-1,2556*	0,000	-1,3874	-1,1237
6	0	8,33	1,1333*	0,000	1,0015	1,2652
	3		0,5667*	0,000	0,4348	0,6985
	9		-0,6889*	0,000	-0,8207	-0,5571
9	0	9,02	1,8222*	0,000	1,6904	1,9541
	3		1,2556*	0,000	1,1237	1,3874
	6		0,6889*	0,000	0,5571	0,8207

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05

De la tabla 29 notamos que aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, lo que nos determina este análisis es, que existe variabilidad entre los tratamientos (tiempo de almacenaje) y que cada tratamiento tiene un efecto

significativo y diferente en la variación de sólidos solubles presente en la carambola con el tipo de recubrimiento utilizado.

Tabla 30: Prueba de Tukey para el tiempo de almacenaje en la variación de sólidos solubles de carambola en el experimento

Tiempo de almacenaje (días)	Subconjunto			
	1	2	3	4
0	7,2000			
3		7,7667		
6			8,3333	
9				9,0222
Sig.	1,000	1,000	1,000	1,000

De la tabla 30 observamos que el tiempo de almacenaje influye en la variación de sólidos solubles para los tres tipos de recubrimientos utilizados y bajo condiciones de refrigeración, cuyo valor promedio asciende a 9,02 °brix, que corresponde a un aumento de 25,28% en el noveno día de almacenamiento.

De la figura 29, se observa que existe diferencia en la variación de sólidos solubles de carambola durante el tiempo de almacenaje según el tipo de recubrimiento, notándose que los recubrimientos tienen influencia sobre la variación de sólidos solubles de carambolas, encontrándose que con cera de abeja las variaciones de °brix son menores, por tanto es la que menores

síntesis de sólidos solubles presenta durante los 9 días de almacenaje en las condiciones de refrigeración.

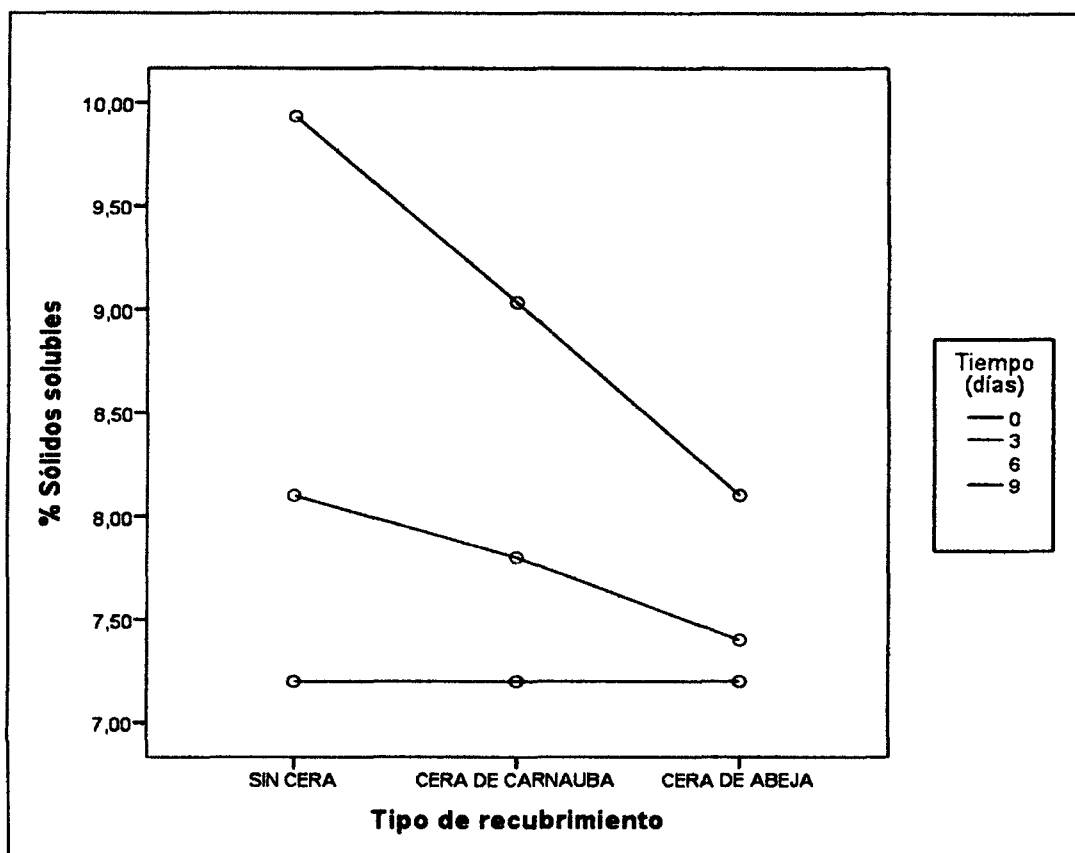


Figura 29: Variación de sólidos solubles de carambolas según el tipo de recubrimiento durante el tiempo de almacenaje en refrigeración

Esto concuerda con Echeverría *et al.* (1988) quienes señalan que existe un aumento de los sólidos solubles de los frutos cítricos en almacenamiento, aunque las razones son distintas para este aumento. En cítricos, el aumento correspondería a un incremento en los ácidos, mientras que carambolas esto se debería a un aumento de los azúcares solubles.

Según Biale (1998) el incremento de los sólidos solubles de los frutos cítricos se debería a que el contenido de azúcares experimenta un aumento inicial durante el almacenamiento, como resultado del metabolismo de los polisacáridos de la pared celular.

Según Restrepo (2009) refiere que el aumento de sólidos solubles se debe a la degradación de carbohidratos de cadena larga, dentro de los que destacan los polisacáridos de la pared celular y el almidón, los cuales se degradan a azúcares simples que pueden ser usados como sustrato en reacciones metabólicas de respiración.

Figuroa et al., (2011) precisa que la disminución de los grados brix en los frutos recubiertos puede estar relacionado con la menor tasa de respiración, afectando la síntesis y degradación de compuestos de reserva en el ciclo de Krebs, que en el caso de frutas son los azúcares y los ácidos orgánicos.

4.3.4. Evaluación de la variación del pH de la carambola.

Con respecto al análisis de la variación del pH de carambola, al realizar el análisis de varianza (ANVA) mostrado en la tabla 31 se comprobó que estadísticamente existe un efecto significativo entre los tipos de recubrimiento y el tiempo de almacenamiento, así como de la interacción de estos factores. Demostrando que para que haya variación de sólidos solubles de la carambola influyen el tipo de recubrimiento y el tiempo de almacenamiento en refrigeración.

Tabla 31: ANVA para variación del pH según la matriz del experimento

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
RECUBRIMIENTO	0,340	2	0,170	292,828	0,000
TIEMPO	2,030	3	0,677	1165,823	0,000
RECUBRIMIENTO * TIEMPO	0,326	6	0,054	93,593	0,000
Error	0,014	24	0,001		
Total	308,902	36			
Total corregida	2,710	35			

R cuadrado = .998 (R cuadrado corregida = .999)

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

De la tabla 31 el ANVA se descompone la variabilidad de variación del pH en contribuciones debidas a varios factores. Los valores-p prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 3 valores-p son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la variación del pH en la carambola con un 95% de nivel de confianza.

Las pruebas de comparación múltiples, prueba de Tukey y gráficos sobre la variación del pH de la carambola según el tipo de recubrimiento utilizado (sin cera, cera de carnauba y cera de abeja), conservados en refrigeración se muestran a continuación:

Tabla 32: Prueba de comparaciones múltiples para el tipo de recubrimiento en la variación del pH de la carambola en el experimento

(I) TIPO DE RECUBRIM.	(J) TIPO DE RECUBRIM.	MEDIA	Diferencia de medias (I-J)	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
SIN CERA	CERA DE CARNAUBA	3,05	0,1542*	0000	0,1296	0,1787
	CERA DE ABEJA		0,2342*	0,000	0,2096	0,2587
CERA DE CARNAUBA	SIN CERA	2,89	-0,1542*	0,000	-0,1787	-0,1296
	CERA DE ABEJA		0,0800*	0,000	0,0554	0,1046
CERA DE ABEJA	SIN CERA	2,81	-0,2342*	0,000	-0,2587	-0,2096
	CERA DE CARNAUBA		-0,0800*	0,000	-0,1046	-0,0554

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

De la tabla 32 notamos que aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, lo que nos determina este análisis es, que existe variabilidad entre los tratamientos (tipo de recubrimiento) y que cada tratamiento tiene un efecto significativo y diferente en la variación del pH de la carambola durante el tiempo de almacenamiento.

Tabla 33: Prueba de Tukey para el tipo de recubrimiento en la variación del pH de la carambola del experimento

TIPO DE RECUBRIMIENTO	Subconjunto		
	1	2	3
CERA DE ABEJA	2,8117		
CERA DE CARNAUBA		2,8917	
SIN CERA			3,0458
Sig.	1,000	1,000	1,000

Alfa =0.05.

De la tabla 33 observamos que el tipo de recubrimiento cera de abeja es el que menor variación del pH de carambola presenta durante los 9 días de almacenamiento y bajo condiciones de refrigeración, cuyo valor promedio asciende a 2,81 que representa una aumento del 3,30%.

De la figura 30, se observa que existe diferencia en la variación del pH de la carambola durante el tiempo de almacenaje según el tipo de recubrimiento, notándose que cuando no se usa recubrimiento la variación del pH es mayor que cuando se usa recubrimientos, encontrándose que con cera de abeja es la que menor variación del pH presenta durante los 9 días de almacenaje en condiciones de refrigeración.

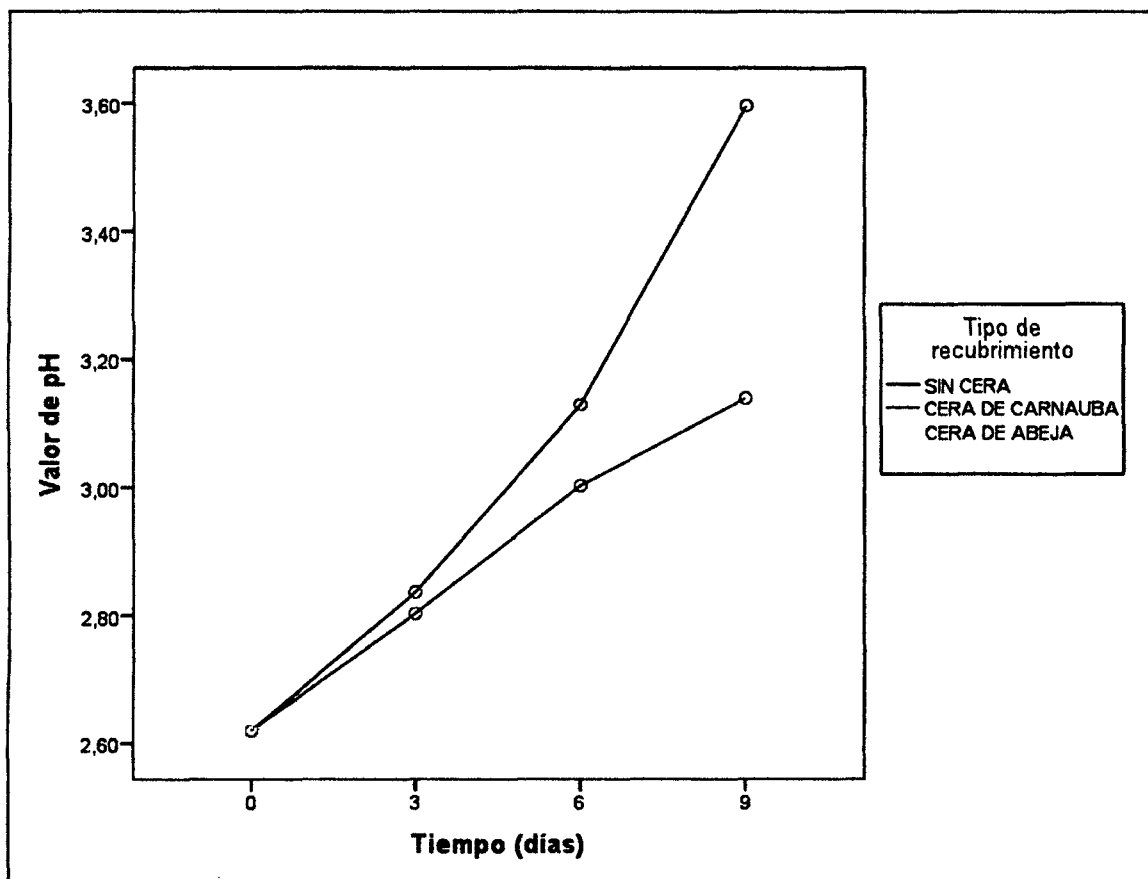


Figura 30: Variación del pH de carambola durante el tiempo de almacenaje y según el tipo de recubrimiento

Las pruebas de comparación múltiples, prueba de Tukey y gráficos sobre la variación del pH según el tiempo de almacenaje (0, 3, 6 y 9 días), conservados en refrigeración se muestran a continuación:

Tabla 34: Prueba de comparaciones múltiples para el tiempo de almacenaje en la variación del pH de la carambola en el experimento

(I)TIEMPO (días)	(J)TIEMPO (días)	MEDIA	Diferencia de medias (I-J)	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0	3	2,62	-0,1667*	0,000	-0,1980	-0,1353
	6		-0,3867*	0,000	-0,4180	-0,3553
	9		-0,6322*	0,000	-0,6636	-0,6009
3	0	2,84	0,1667*	0,000	0,1353	0,1980
	6		-0,2200*	0,000	-0,2513	-0,1887
	9		-0,4656*	0,000	-0,4969	-0,4342
6	0	3,13	0,3867*	0,000	0,3553	0,4180
	3		0,2200*	0,000	0,1887	0,2513
	9		-0,2456*	0,000	-0,2769	-0,2142
9	0	3,60	0,6322*	0,000	0,6009	0,6636
	3		0,4656*	0,000	0,4342	0,4969
	6		0,2456*	0,000	0,2142	0,2769

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05

De la tabla 34 notamos que aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, lo que nos determina este análisis es, que existe variabilidad entre los tratamientos (tiempo de almacenaje) y que cada tratamiento tiene un efecto significativo y diferente en la variación del pH presente en la carambola con el tipo de recubrimiento utilizado.

Tabla 35: Prueba de Tukey para el tiempo de almacenaje en la variación del pH de carambola en el experimento

Tiempo de almacenaje (días)	Subconjunto			
	1	2	3	4
0	2,6200			
3		2,7867		
6			3,0067	
9				3,2522
Sig.	1,000	1,000	1,000	1,000

De la tabla 35 observamos que el tiempo de almacenaje influye en la variación del pH para los tres tipos de recubrimientos utilizados y bajo condiciones de refrigeración, cuyo valor promedio asciende a 3,25, que corresponde a un aumento de 24,04% en el noveno día de almacenamiento.

De la figura 31, se observa que existe diferencia en la variación del pH de carambola durante el tiempo de almacenaje según el tipo de recubrimiento, notándose que los recubrimientos tienen influencia sobre la variación de pH de carambolas, encontrándose que con cera de abeja las variaciones de pH son menores, por tanto es la que menores síntesis de pH presenta durante los 9 días de almacenaje en las condiciones de refrigeración.

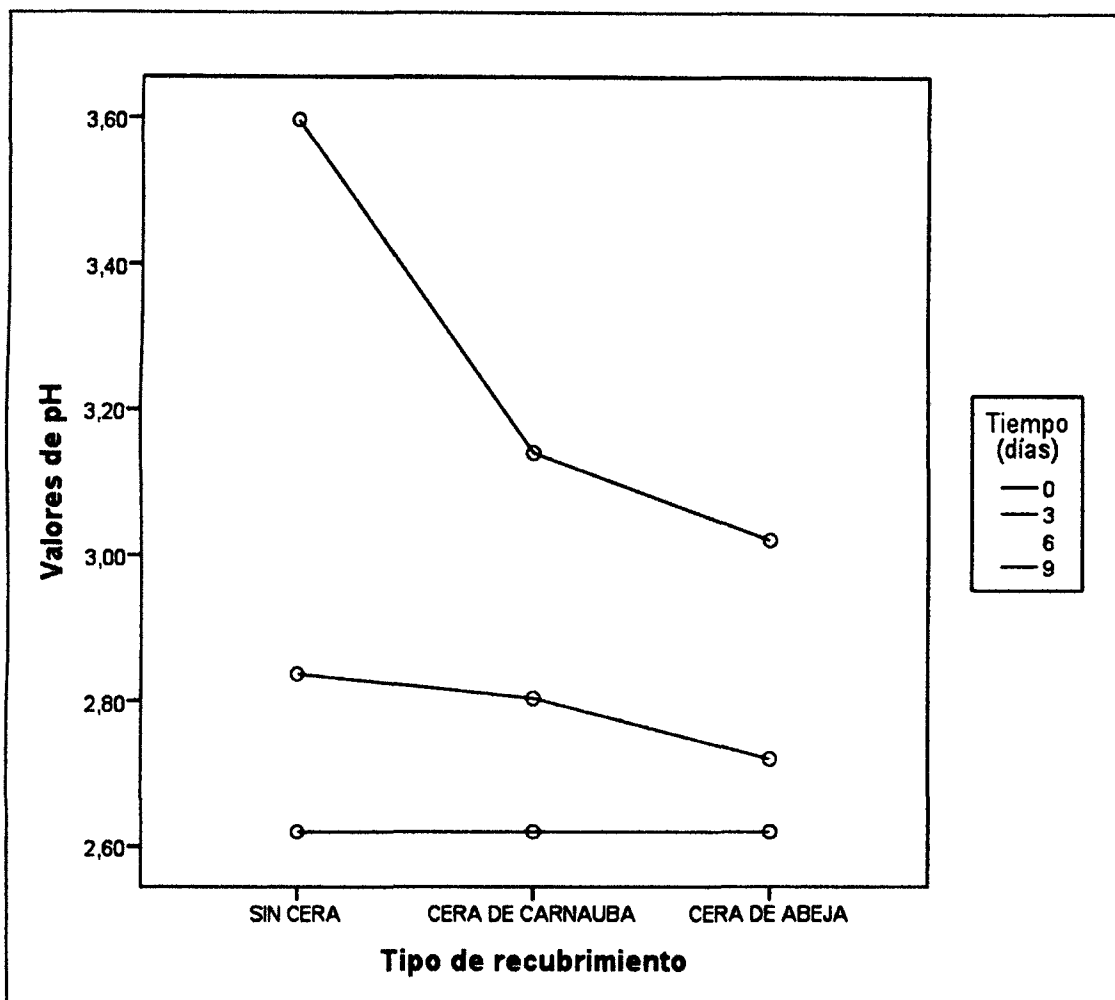


Figura 31: Variación del pH en carambolas según el tipo de recubrimiento durante el tiempo de almacenaje en refrigeración

Baldwin (1993) sostiene que a medida que la fruta madura disminuye la acidez y aumenta el pH.

La estabilización del pH después del almacenamiento, se puede explicar debido, que el pH del fruto aumenta a medida que el fruto madura, pero, según Cook (1983) por un efecto tampón cítrico-citrato en frutas cítricas, las variaciones de ácidos libres sólo generan cambios pequeños de pH, lo que no provocaría un aumento estadístico significativo de este.

4.3.5. Evaluación de la variación de la acidez titulable de la carambola.

Con respecto al análisis de la variación de la acidez titulable de carambola, al realizar el análisis de varianza (ANVA) mostrado en la tabla 36 se comprobó que estadísticamente existe un efecto significativo entre los tipos de recubrimiento y el tiempo de almacenamiento, así como de la interacción de estos factores. Demostrando que para que haya variación de la acidez titulable de la carambola influyen el tipo de recubrimiento y el tiempo de almacenamiento en refrigeración.

Tabla 36: ANVA para variación de la acidez titulable según la matriz del experimento

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
RECUBRIMIENTO	0,010	2	0,005	104,882	0,000
TIEMPO	0,037	3	0,012	259,294	0,000
RECUBRIMIENTO * TIEMPO	0,005	6	0,001	18,529	0,000
Error	0,001	24	4,722E-005		
Total	3,341	36			
Total corregida	0,053	35			

R cuadrado = ,979 (R cuadrado corregida = ,969)

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

De la tabla 36 el ANVA se descompone la variabilidad de variación de la acidez titulable en contribuciones debidas a varios factores. Los valores-p

prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 3 valores-p son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la variación de la acidez titulable en la carambola con un 95% de nivel de confianza.

Las pruebas de comparación múltiples, prueba de Tukey y gráficos sobre la variación de la acidez titulable de la carambola según el tipo de recubrimiento utilizado (sin cera, cera de carnauba y cera de abeja), conservados en refrigeración se muestran a continuación:

Tabla 37: Prueba de comparaciones múltiples para el tipo de recubrimiento en la variación de la acidez titulable de la carambola en el experimento

(I) TIPO DE RECUBRIM.	(J) TIPO DE RECUBRIM.	MEDIA (%)	Diferencia de medias (I-J)	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
SIN CERA	CERA DE CARNAUBA	0,279	-0,0308*	0,000	-0,0378	-0,0238
	CERA DE ABEJA		-0,0383*	0,000	-0,0453	-0,0313
CERA DE CARNAUBA	SIN CERA	0,310	0,0308*	0,000	0,0238	0,0378
	CERA DE ABEJA		-0,0075*	0,034	-0,0145	-0,0005
CERA DE ABEJA	SIN CERA	0,317	0,0383*	0,000	0,0313	0,0453
	CERA DE CARNAUBA		0,0075*	0,034	0,0005	0,0145

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

De la tabla 37 notamos que aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, lo que nos determina este análisis es, que existe variabilidad entre los tratamientos (tipo de recubrimiento) y que cada tratamiento tiene un efecto significativo y diferente en la variación de la acidez titulable de la carambola durante el tiempo de almacenamiento.

Tabla 38: Prueba de Tukey para el tipo de recubrimiento en la variación de la acidez titulable de la carambola del experimento

TIPO DE RECUBRIMIENTO	Subconjunto		
	1	2	3
SIN CERA	0,2792		
CERA DE CARNAUBA		0,3100	
CERA DE ABEJA			0,3175
Sig.	1,000	1,000	1,000

Alfa =0.05.

De la tabla 38 observamos que el tipo de recubrimiento cera de abeja es el que mayor promedio de variación de acidez titulable de carambola presenta durante los 9 días de almacenamiento y bajo condiciones de refrigeración, cuyo valor promedio asciende a 0,3175% que representa 90,71%.

De la figura 32, se observa que existe diferencia en la variación de la acidez titulable de la carambola durante el tiempo de almacenaje según el tipo de recubrimiento, notándose que cuando no se usa recubrimiento la variación de acidez titulable es mayor que cuando se usa recubrimientos, encontrándose que con cera de abeja es la que menor variación del pH presenta durante los 9 días de almacenaje en condiciones de refrigeración.

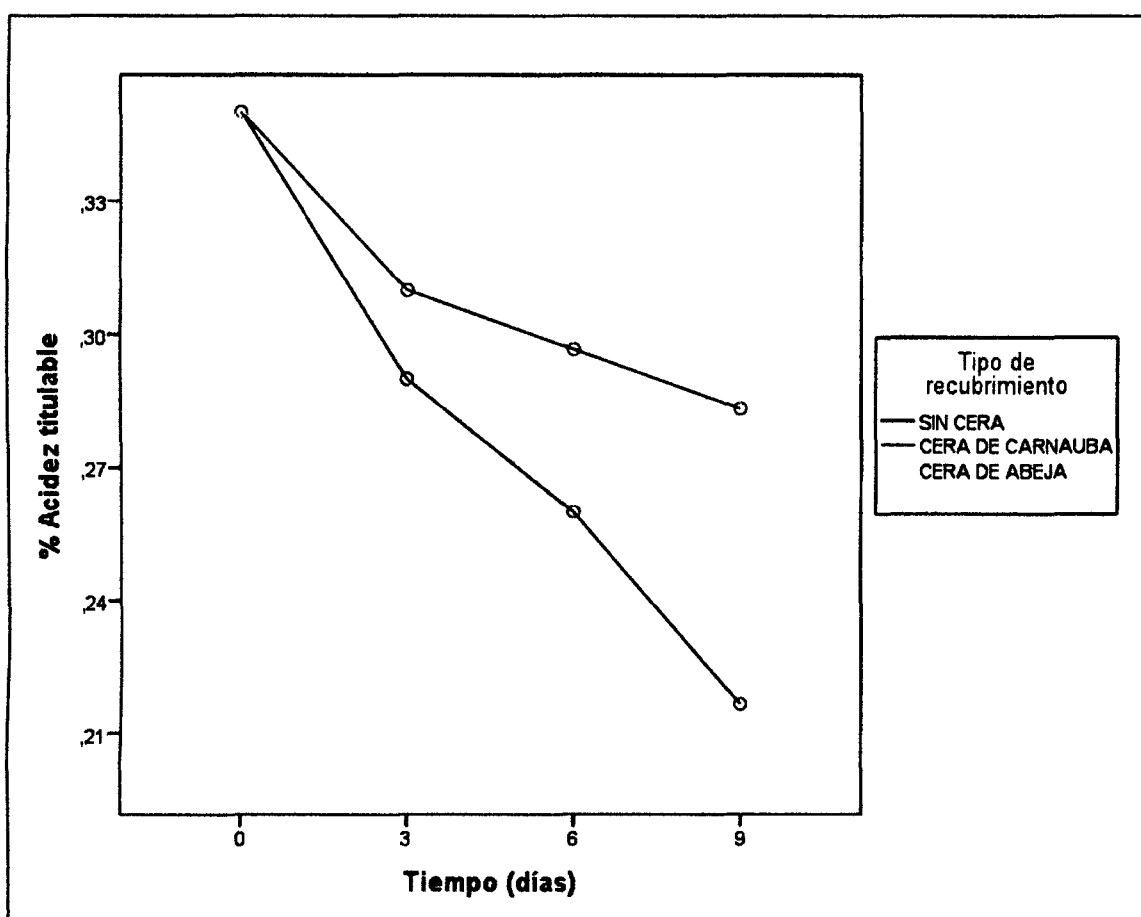


Figura 32: Variación de acidez titulable de carambola durante el tiempo de almacenaje y según el tipo de recubrimiento

Las pruebas de comparación múltiples, prueba de Tukey y gráficos sobre la variación de acidez titulable según el tiempo de almacenaje (0, 3, 6 y 9 días), conservados en refrigeración se muestran a continuación:

Tabla 39: Prueba de comparaciones múltiples para el tiempo de almacenaje en la variación de acidez titulable de la carambola en el experimento

(I)TIEMPO (días)	(J)TIEMPO (días)	MEDIA (%)	Diferencia de medias (I-J)	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0	3	0,350	0,0411*	0,000	0,0322	0,0500
	6		0,0633*	0,000	0,0544	0,0723
	9		0,0867*	0,000	0,0777	0,0956
3	0	0,309	-0,0411*	0,000	-0,0500	-0,0322
	6		0,0222*	0,000	0,0133	0,0312
	9		0,0456*	0,000	0,0366	0,0545
6	0	0,287	-0,0633*	0,000	-0,0723	-0,0544
	3		-0,0222*	0,000	-0,0312	-0,0133
	9		0,0233*	0,000	0,0144	0,0323
9	0	0,263	-0,0867*	0,000	-0,0956	-0,0777
	3		-0,0456*	0,000	-0,0545	-0,0366
	6		-0,0233*	0,000	-0,0323	-0,0144

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05

De la tabla 39 notamos que aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, lo que nos determina este análisis es, que existe variabilidad entre los tratamientos (tiempo de almacenaje) y que cada tratamiento tiene un efecto significativo y diferente en la variación de la acidez titulable presente en la carambola con el tipo de recubrimiento utilizado.

Tabla 40: Prueba de Tukey para el tiempo de almacenaje en la variación de acidez titulable de carambola en el experimento

Tiempo de almacenaje (días)	Subconjunto			
	1	2	3	4
9	0,2633			
6		0,2867		
3			0,3089	
0				0,3500
Sig.	1,000	1,000	1,000	1,000

De la tabla 40 observamos que el tiempo de almacenaje influye en la variación de la acidez titulable para los tres tipos de recubrimientos utilizados y bajo condiciones de refrigeración, cuyo valor promedio asciende a 0,2633%, que corresponde a una disminución de 76,08% en el noveno día de almacenamiento.

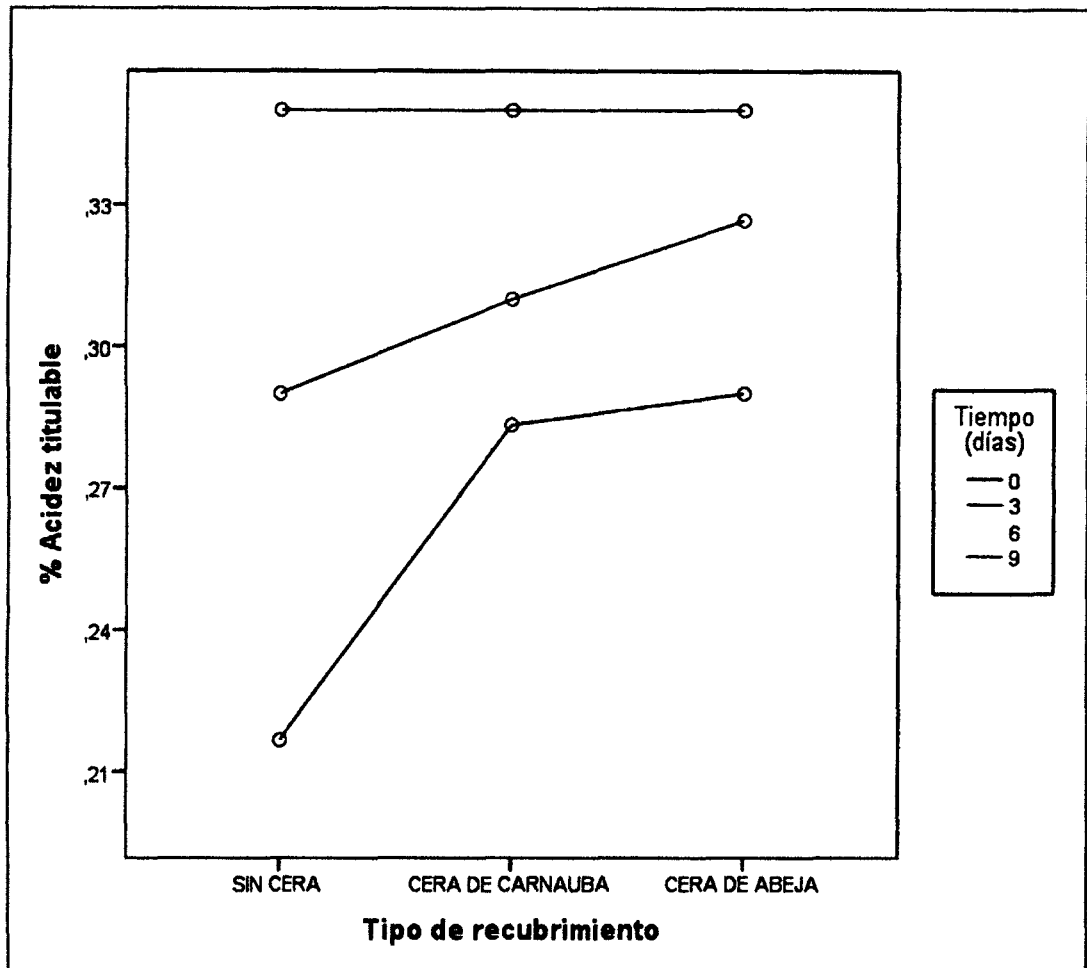


Figura 33: Variación de la acidez titulable en carambolas según el tipo de recubrimiento durante el tiempo de almacenaje en refrigeración

De la figura 33, se observa que existe diferencia en la variación de la acidez titulable de carambola durante el tiempo de almacenaje según el tipo de recubrimiento, notándose que los recubrimientos tienen influencia sobre la variación de acidez titulable de carambolas, encontrándose que con cera de abeja las variaciones de acidez titulable son menores, por tanto es la que menores producción de ácidos orgánicos presenta durante los 9 días de almacenaje en las condiciones de refrigeración.

Kader (1985) explica la disminución de la acidez de las frutas, sobre todo durante su maduración, señalando que los ácidos orgánicos pueden ser empleados en el proceso respiratorio o en su conversión en azúcares.

Según Braverman (1980), la disminución de la acidez en los frutos cítricos se debería a que el contenido de jugo aumenta y por lo tanto los compuestos ácidos se diluirían en el jugo disminuyendo el porcentaje de estos en la fruta.

Achipiz et al., (2013) refiere que los recubrimientos sirven de barreras en el proceso respiratorio, y por ello en su trabajo que realizó utilizando cobertores de cera de abeja en guayabas encontró disminuciones entre 79 y 87% de acidez titulable.

Restrepo (2009) precisa que las frutas tratadas con recubrimientos, impiden el intercambio normal de CO₂ y oxígeno en el proceso respiratorio de frutas y hortalizas y por ende la tasa de respiración es menor, por consecuencia menor consumo de sustratos de reserva; esto implica la disminución la concentración de ácidos orgánicos.

V. CONCLUSIONES

- 5.1 En la evaluación del efecto de la temperatura y el tipo de recubrimiento durante el almacenamiento en refrigeración sobre la calidad y vida útil de la carambola, se comprobó que el mejor resultado presenta la cera de abeja, mostrando una ligera variación de parámetros como vitamina C, pérdida de peso, pH y acidez titulable en su vida útil, durante los 9 días de almacenaje
- 5.2 El procedimiento de comparación múltiple nos permitió determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, lo que nos dice este análisis es que existe variabilidad entre los tratamientos (tipo de cera) y nos dice que cada tratamiento tiene un efecto diferente.
- 5.3 En la evaluación de vitamina C de la carambola, al utilizar cera de abeja como recubrimiento, se mantuvo un valor de 23,57 mg /100 g de parte comestible, que representa una retención de 97,6% durante los nueve días almacenados en refrigeración
- 5.4 En la evaluación de pérdida de peso de la carambola, durante los nueve días almacenados en refrigeración, el que mejor comportamiento tuvo fue al utilizar cera de abeja como recubrimiento, logrando retener un 90,77%
- 5.5 En la evaluación de los sólidos solubles (°brix) de la carambola, durante los nueve días almacenados en refrigeración, el que mejor

comportamiento tuvo fue al utilizar cera de abeja como recubrimiento, logrando un valor 8,54%, que representa un aumento de 18,61%

5.6 En la evaluación del pH de la carambola, durante los nueve días almacenados en refrigeración, el que mejor comportamiento tuvo fue al utilizar cera de abeja como recubrimiento, logrando un valor 2,81%, que representa un aumento de 3,30%.

5.7 En la evaluación de la acidez titulable de la carambola, durante los nueve días almacenados en refrigeración, el que mejor comportamiento tuvo fue al utilizar cera de abeja como recubrimiento, logrando un valor 0,32%, que representa una retención de 90,71%.

5.8 El mejor recubrimiento natural en la vida útil de la carambola almacenada en refrigeración durante los nueve días, fue la cera de abeja que tuvo una mejor influencia en cuanto a mantener la calidad y el tiempo de vida útil, durante este tiempo de almacenaje la variación de vitamina C, pérdida de peso, pH y acidez titulable fueron mínimas.

VI. RECOMENDACIONES

- 6.1 Evaluar otros porcentajes de cera de abeja y cera de carnauba en la aplicación de recubrimientos en frutas, para evaluar como influyen los indicadores de calidad, tales como: tasas de respiración, pH, acidez titulable entre otros.
- 6.2 Profundizar la técnica de la solubilización de la cera de abeja, utilizando aditivos naturales para ser usados en el recubrimiento de frutas.
- 6.3 Realizar estudios de optimización de las variables respuestas utilizando rangos de porcentajes de recubrimientos, temperaturas y tiempos de almacenaje

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Achipiz, S; Castillo, A; Mosquera, S; Hoyos, J y Navia, D. 2013. Efecto de recubrimiento a base de almidón sobre la maduración de la guayaba (*Psidium guajava*). Revista Colombiana de Biotecnología agropecuaria y agroindustrial. 2: 92-100.
- Anderson RA, Polansky MM, Bryden NA, Patterson KY, Veillon C, Glinsmann WH. 1987. Effects of vitamin C supplementation on urinary Cr excretion of human subjects and correlation of Cr excretion with selected clinical parameters. J Nutr 113:276-281.
- AOAC. 1995. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th. Washington D.C AOAC.
- Badui, S.; 1984. Química de los alimentos. Segunda reimpresión Editorial Alhambra-México.
- Berlinjn, Johan D. (1990). Fruticultura. Manuales para la educación agropecuaria. Edit. Trillas. México.
- Bessey et al. (1976). A method for the rapid determination of alkaline phosphatase with five cubic millimeters of serum. j. Biol. Chem. 24: 321-329.
- Calzada, M.S. 1988. Frutas y hortalizas promisorias de la Amazonía. Tratado de cooperación amazónica.
- Cantwell, M.; 1992. Postharvest handling systems; minimally processed fruits and vegetables. In: Kader,A.A.(Ed.).Postharvest technology of horticultural crops. Oakland, California-University of California, cap.32, Pág. 227-281.

- Cheftel, C.; Cheftel, H.; 1998. Introducción a la bioquímica y Tecnología de los alimentos. España, Acribia; Vol 1; p.333
- Collazos, C.; White, P.; Vinas, T.; Albistur, R.; Urquirta, R.; 1993. Composición de los Alimentos Peruanos. Séptima edición. Ministerio de salud/ Instituto Nacional de Nutrición.
- Del Río, M A.; M. Martínez-Javega; P. Navarro; J. Cuquerella. 1999. Recubrimientos para la comercialización de frutos cítricos: tendencias actuales. Levante Agrícola. Especial postcosecha (348): 301-307.
- Fennema, O. 2000. Química de alimentos. Segunda edición. Editorial Acribia, Zaragoza (España). pp. 593, 669, 805, 1191.
- Figueroa, J., Salcedo, J., Olivero, R. y Narvárez, G. Revisión: Recubrimientos comestibles en la conservación del mango y aguacate, y perspectiva, al uso del propóleo en su formulación. Revista Colombiana de Ciencias Animales, 3 (2), 2011, p. 386-400.
- Flores, A. 1994. Manejo postcosecha de frutas y hortalizas en Venezuela. UNELLEZ. San Carlos, Cojedes, Venezuela. 319 p.
- Galán, S. 1991. La carambola y su cultivo. FAO. Roma. Pág. 11-83
- González, D.V. 2000. Análisis del desarrollo de la fase reproductiva y determinación de parámetros de recolección de la carambola (*Averrhoa carambola* L.) variedad ácida, producida en el piedemonte amazónico colombiano. Tesis (pregrado). Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas 'SINCHI'. Bogotá.
- Guevara, A. 1991. Industrialización de la Carambola. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial. Lima - Perú.

- Holman, R. 1998. *StarFruit*. Sheridan Fruit Company, Inc. Portland, OR.
<http://www.sheridanfruit.com>
- Ibartz A. et al (2000). *Métodos Experimentales en la Ingeniería Alimentaria*. Edit. Acribia. Zaragoza. España.
- Kader, A. A. 1992. *Postharvest technology of horticultural crops*. Second Edition. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Pub. 3311. 296 p.
- Mafart, P. (1994). *Procesos Físicoquímicos de conservación*. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
- Mendoza, J.A. y F.L. Ramírez. 1997. *Pequeños productores, grandes negocios. El potencial económico de los productores agropecuarios comercialmente no tradicionales*. Memoria de la Primera Exposición Nacional, México.
- Monterde A., A. Salvador, J. Cuquerella, J. Matínez-Jávega. 2002. *Aplicación de productos naturales en la Poscosecha de Citricos*. *Levante agrícola* 361: 263-266.
- Morton, J. 1987. *Carambola*. In: *Fruits of warm climates*. Miami, FL.
<http://www.newcrop.hort.purdue.edu>
- Nagy, S.; S. Barros; R. Carter y S.C. Chin. 1991. *Production and characterization of carambola essence*. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 103: 277-279
- Nakasone, H.Y. y R.E. Paull. 1998. *Tropical Fruits*. CAB International. Biddles Ltd, Guildford y King's Lynn. London. Pág. 37–43, 57, 133–147, 157, 187-188, 218.

- O'Hare, T.J. 1993. Postharvest physiology and storage of carambola (starfruit): a review. *Postharvest Biology and Technology* 2 (4):257-267.
- Pearson, D. 1976. Técnicas de laboratorio para análisis de alimentos. Ed. Acribia. Zaragoza. España.
- Restrepo, J.I. 2009. Conservación de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch cv. *Camarosa*) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel de mucilago de penca de sábila (*Aloe barbadensis* Miller) [Tesis Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos]. Medellín (Colombia): Universidad Nacional de Colombia. 83 p.
- Toledo, J. 1995. Manejo postcosecha de frutas y hortalizas para exportación. Fundación para el Desarrollo del Agro. Lima, Perú. 82 p.
- Toledo, J. 1995. Manejo postcosecha de frutas y hortalizas en el Perú. Tarragona, España. *Horticultura Internacional*, 10: 87-90.
- Wills, R.H.; T.H. Lee; W.B. Mcglasson; E.G. Hall y D. Graham. 1990. *Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección*. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza (España). Pág. 18-180.

PAGINAS WEB

- www.botanical-online.com/carambola
- <http://www.scribd.com/doc/36355372/Seminario-Frutas-y-Hortalizas>
- http://www.horticom.com/revistasonline/extras/extra09/60_65.pdf
- www.frutas-hortalizas.com/Tipos-variedades-carambola.html
- www.multiceras.com/ceradeabejas
- es.wikipedia.org/cera_de_carnauba
- <http://postharvest.ucdavis.edu/produce/producefacts/español.html>
- <http://www.euf.org/sp/food/pag/food32/food324.htm>

ANEXOS

ANEXO 1

ANALISIS FISICOQUIMICOS

1.1 MÉTODO PARA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE VITAMINA C POR ESPECTROFOTOMETRÍA.

Descripción del método:

Preparar una solución de ácido oxálico al 0.4%. Pesar 8 g. de ácido oxálico, diluir y completar a 2000 ml. con agua destilada, preparar una solución estándar (madre) de ácido ascórbico al 0.1% en una solución de ácido oxálico al 0.4%.

Pesar 1 g. de ácido ascórbico, disolver y completar a 1000 ml con ácido oxálico al 0.4%.

Estándares de trabajo (E.T.). Tomar alícuotas de 1, 2, 3, 4, y 5 ml de ácido ascórbico al 0.1% y llevar a volumen de 100ml con una solución de ácido oxálico al 0.4%.

Estas soluciones enumeradas del 1 al 5 contendrán 1, 2, 3, 4, y 5 mg de ácido ascórbico por 100 ml respectivamente.

Solución coloreada (colorante), pesar 12 mg de 2.6 diclorofenolindofenol (DFLF), disolver y llevar a 1000 ml de volumen con agua destilada. Esta solución puede almacenarse por 15 días en frasco oscuro y en refrigeración.

Preparación de la curva estándar.

Tomar 4 tubos de prueba, enumeradas del I al IV y agregar lo siguiente:

I 10 ml de agua destilada

II 1 ml de ácido oxálico al 0.4% y 9 ml de solución coloreada

III 1 ml de ácido oxálico al 0.4% y 9 ml de agua destilada

IV 1 ml de E.T. N° 1 y 9 ml de solución coloreada.

Hacer las lecturas de absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 520 nm de la siguiente manera: Ajustar a cero la absorbancia usando el tubo I. Leer la absorbancia del tubo II (L_1).

Ajustar a cero la absorbancia con la solución del tubo III.

Leer la absorbancia del tubo IV (L_2).

NOTA:

Las lecturas L_1 y L_2 deben hacerse 15 segundos después de su preparación.

Registrar L_1 y L_2 para cada estándar de trabajo (E.T) y construir la curva estándar.

Determinar L_1 como se describió anteriormente. En el tubo III colocar 1 ml de filtrado (muestra) y 9 ml de agua destilada y con esta ajustar a cero la absorbancia. En el tubo IV colocar un ml de filtrado (muestra) más 9 ml de solución coloreada y registrar la absorbancia L_2 , después de 15 minutos.

Calcular ($L_1 - L_2$) y obtener la concentración de ácido ascórbico de la curva estándar.

Determinación de la pérdida de peso de la carambola

Se utilizó una balanza digital marca ADAM, para medir el peso de los frutos. Se pesaron los frutos previamente marcados al inicio del ensayo, posteriormente a la salida de la refrigeradora en cada tratamiento. De esta manera se determinó el porcentaje de pérdida de pesos, los resultados se expresaron en porcentaje de pérdida de peso.

Calculo de los sólidos solubles (°brix) de la carambola

Calibrar el refractómetro con agua destilada, luego agregar una gota de muestra y tomar su medida.

Calculo de la acidez titulable de la carambola

Se pesó 5 g de muestra del zumo de carambola y se agregó 2 gotas de fenolftaleína 1%, luego se tituló con NaOH 0,1N hasta coloración grosella (Método AOAC 1995).

Luego se tomó nota del volumen gastado y se realizó los cálculos según la relación:

$$1\text{ml NaOH } 0,1\% = 0,006404\text{g} = 6,404 \text{ mg de ácido cítrico}$$

$$\% \text{ Acidez} = \frac{N \times V \times P_{\text{meq}} (\text{ácido cítrico})}{\text{Vol}} \times 100$$

N = Normalidad NaOH
V = Gasto de NaOH (ml)
Vol = Volumen de la muestra (ml)
P_{meq} ácido cítrico = 0.064

ANEXO 2

INFORME TÉCNICO DE LA CERA DE CARNAUBA SHIELD BRITE 9018-EU

DESCRIPCION

Es una emulsión de ceras naturales de grado alimenticio, formulada especialmente para el recubrimiento de frutos cítricos, mangos y otros frutos tropicales de exportación.

Shield Brite 9018-EU es una emulsión de Carnauba de última generación, que proporciona:

- Alto brillo natural, que intensifica el color de la fruta.
- Excelente control de la deshidratación o pérdida de peso, optimizando la vida de post cosecha.
- Película permeable al O₂ y CO₂ que permite una respiración normal del fruto, evitando los cambios de sabor por acumulación de etanol/aldehídos en el almacenamiento prolongado.
- Alta resistencia a la humedad, que asegura un mayor brillo de la fruta encerada después de un tiempo prolongado de frío.

SHIELD BRITE 9018-EU contiene ingredientes Grado Aditivo Alimentario de origen 100% natural aprobados por el F.D.A. en U.S.A, según los requerimientos establecidos en el título 21 del Código Federal de Regulaciones (CFR21), el FOOD CHEMICAL CODEX, según monografías FCC III/73/270 y la Comunidad Europea, según lo indicado por el European Parliament and Council Directive 95/2/EC y el Miscellaneous Food Additives Regulations N°136-1999 de la EC. Sus componentes

están además aprobados en Japón, ya que no contiene Ceras Polietilénicas.

APLICACIONES

SHIELD BRITE 9018-EU es el producto más indicado para el recubrimiento de frutos cítricos, mangos y otros frutos tropicales de exportación, que requieren un alto control de la deshidratación, máximo brillo después de un tiempo prolongado en frío, normal respiración para evitar los cambios de sabor por fermentación, eficiente secado en línea de packing y compatibilidad con fungicidas post cosecha, a fin de obtener la protección y apariencia exigidas por el mercado.

PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS

Apariencia-Olor	: Emulsión transparente color café oscuro
Contenido de Sólidos	: 18%
Peso específico (ASTM D-244)	: 1,002
Punto de inflamación	: No es inflamable
pH	: 9,0-9,5
Contenido de solventes	: No contiene
Viscosidad (ASTM D-1824-72)	: 10 cps.
Duración del producto	: 2 años en un rango de 4 – 40°C

INSTRUCCIONES DE USO:

SHIELD BRITE 9018-EU es una emulsión de baja viscosidad fácilmente aplicable por una variedad de métodos de dispersión, como pulverizadores a presión, sistemas atomizadores con aire comprimido o rotatorio de gota controlada. Posee una velocidad de secado ajustada para las condiciones reales de las principales líneas de embalaje disponibles en distintos mercados, evitándose los problemas de fruto pegajoso ("tacking"), pegado de los rodillos enceradores, manchas en la fruta e ineficiencia en el pegado de adhesivos o PLU.