



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**Elaboración de carambola cristalizada baja
en calorías como una alternativa de
consumo del fruto en México.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN ALIMENTOS**

PRESENTA:

WALTER ROBERTO MUÑOZ MOTA

ASESORA:

M. EN C. SELENE PASCUAL BUSTAMANTE

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO

2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradezco al proyecto PAPITT IT202419. Aplicación de tratamientos de ultrasonido, campos eléctricos y cocción solar en el procesamiento de productos hortofrutícolas típicos de México y proyecto PIAPI 1805. Aplicación de tecnologías emergentes para la conservación, aprovechamiento y control de la inocuidad de productos vegetales, por el financiamiento de esta investigación.



AGRADECIMIENTOS

En la culminación de esta etapa llamada universidad, quiero agradecer y dedicar este trabajo a quien estuvo brindándome su tiempo, apoyo y cariño. Gracias

A DIOS por el simple hecho de permitirme estar donde estoy, por tu amor, por haberme brindado salud para lograr mis objetivos y por darme una familia incomparable, bendice a todas las personas que me rodean y permíteme seguir cumpliendo mis sueños.

A mis padres por todo el amor que me dan, por creer en mí, por sus sacrificios, por estar conmigo en todo momento, por su tiempo, porque lo que me dan es siempre más que suficiente. Este logro también es suyo, ya que sin su guía, soporte y cariño no habría logrado este sueño tan anhelado. Los amo.

A mi hermana Lany, morra, siempre has sido mi más grande ejemplo a seguir, muchas gracias por siempre resolver mis dudas, por tu personalidad que me divierte y me motiva, por ser ese soporte, por ser mi hermana favorita y quererme, porque sin pedírtelo siempre estás ahí.

A Dani, eres mi respaldo en las aventuras que emprendo, y esta no es la excepción, por tu amor, paciencia y por sacrificar tu tiempo por estar con una sonrisa apoyándome e impulsándome a ser mejor persona y terminar este proyecto. Te amo.

A la UNAM por abrirme sus puertas y permitirme formar parte de esta maravillosa institución, por todas las experiencias que viví dentro de sus instalaciones y por darme muchas de las personas que son importantes en mi vida.

A Selene, porque aceptaste ser mi guía en este proyecto, y siempre estuviste apoyándome, comprendiendo las circunstancias, brindándome tu tiempo, paciencia y consejos profesionales.

A la Dra Andrea, por darme la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo, por el apoyo profesional y disposición que siempre me brindó, y ayudó en sobremana para que pudiera lograr esta meta.

Agradezco a todas las personas que, si bien faltan por mencionar, ustedes saben que ayudaron para que completara este proyecto y se encuentran en mi corazón.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....iii

ÍNDICE DE TABLAS.....vii

Resumen1

1. Introducción.....2

2. Antecedentes.....4

 2.1.Generalidades de carambola4

 2.1.1. Historia y Origen4

 2.1.2. Taxonomía5

 2.1.3. Morfología.6

 2.1.4. Requerimientos de crecimiento y cosecha.7

 2.2.Composición química y propiedades antioxidantes.....8

 2.3.Importancia económica nacional y mundial.10

 2.3.1. Países productores y consumidores de carambola.....10

 2.3.2. Situación nacional.....10

 2.3.2.1.Producción, importación y exportación.11

 2.4.Métodos de conservación.13

 2.5.Generalidades de los productos cristalizados.....15

 2.5.1. Definición e historia de los productos cristalizados15

 2.5.2. Importancia económica de los productos cristalizados.....17

 2.5.3. Proceso de elaboración.....17

 2.5.4. Características de los productos cristalizados.....20

 2.5.4.1.Defectos comunes de la fruta cristalizada.....21

 2.5.5. Pros y contras del cristalizado.....21

 2.6.Edulcorantes de bajo aporte calórico22

 2.6.1. Polioles..... 23

 2.6.1.1.Efectos gastrointestinales de los polioles.....25

 2.6.1.2.Eritritol.....26

 2.6.1.3.Maltitol.....27

3. Objetivos.....	31
3.1. Objetivo general.....	31
3.2. Objetivos particulares.....	31
4. Metodología.....	32
4.1. Cuadro Metodológico.....	32
4.2. Material biológico.....	33
4.3. Proceso de elaboración de carambola cristalizada.....	33
4.3.1. Selección del antioxidante y espesor de rebanada.....	34
4.3.2. Selección del edulcorante y días de proceso.....	34
4.3.3. Caracterización de la carambola cristalizada.....	35
4.3.4. Técnicas analíticas.....	35
4.3.4.1. Parámetros de calidad.....	35
4.3.4.2. Parámetros químicos.....	39
4.3.4.3. Análisis microbiológico.....	44
4.3.4.4. Análisis estadístico.....	44
5. Resultados y discusión.....	45
5.1.1. Parámetros químicos y de calidad en carambola con distintos tratamientos antioxidantes.....	45
5.1.2. Firmeza.....	45
5.1.3. Actividad Enzimática.....	46
5.2. Evaluación de los parámetros de calidad de carambola cristalizada obtenida bajo diferentes condiciones de proceso.....	48
5.2.1. Sólidos solubles totales.....	48
5.2.2. pH.....	51
5.2.3. Acidez titulable.....	54
5.2.4. Firmeza.....	56
5.2.5. Color.....	58
5.2.5.1. Luminosidad.....	59
5.2.5.2. Croma.....	61
5.2.5.3. Angulo Hue.....	63

5.3. Parámetros químicos en carambola cristalizada con diferentes edulcorantes, concentración y días de proceso.....	66
5.3.1. Fenoles totales.....	66
5.3.2. Capacidad antioxidante.....	69
5.4. Evaluación Sensorial de carambola cristalizada con diferentes edulcorantes, concentración y días de proceso.....	72
5.4.1. Apariencia.....	72
5.4.2. Color y Sabor.....	74
5.4.3. Olor.....	78
5.4.4. Firmeza o textura.....	81
5.4.5. Agrado General	84
5.5. Caracterización de carambola con edulcorante de bajo aporte calórico.....	86
5.5.1. Análisis químico proximal de carambola cristalizada con edulcorante de bajo aporte calórico.....	86
5.5.2. Parámetros microbiológicos de carambola cristalizada con edulcorante de bajo aporte calórico.....	88
6. Conclusiones y recomendaciones.....	90
7. Bibliografía.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. a) Carambola entera, b) Carambola en rebanadas y su atractiva forma de estrella	4
Figura 2. Países de origen de <i>Averrhoa carambola</i> ubicados en el sureste de Asia.....	5
Figura 3. Carambola cortada transversalmente.....	6
Figura 4. Postre de carambola	11
Figura 5. Producción Nacional de Carambola.....	12
Figura 6. Principales estados productores de Carambola en México.....	12
Figura 7. Ejemplo de Método de conservación de carambola.....	13
Figura 8. Productos derivados de la carambola.....	14
Figura 9. Fruta cristalizada durante las festividades patrias de México.....	15
Figura 10. Diagrama de proceso para elaboración de fruta cristalizada.....	18
Figura 11. Fruta cristalizada de manera correcta.....	20
Figura 12. Defecto común en fruta cristalizada.....	21
Figura 13. Dulzor relativo de diferentes polioles en comparación con sacarosa.....	23
Figura 14. Productos elaborados con polioles.....	24
Figura 15. Solubilidad diferentes edulcorantes comparado con Sacarosa.....	27
Figura 16. Cambio químico a nivel estructural, para la formación de maltitol a partir de la hidrogenación de maltosa.....	28
Figura 17. Aplicaciones de maltitol en confitería.....	29
Figura 18. Materia prima utilizada para elaborar Carambola cristalizada.....	33
Figura 19. Carambola inmersa en solución de edulcorante.....	34
Figura 20. Ilustración del proceso general de la elaboración de carambola cristalizada.....	34
Figura 21. Determinación de sólidos solubles totales.....	36
Figura 22. Penetrómetro utilizado en la determinación de firmeza.....	36
Figura 23. Colorímetro Minolta utilizado en la determinación de color.....	37
Figura 24. Determinación de acidez por titulación.....	37
Figura 25. Determinación de pH a una muestra de carambola.....	38
Figura 26. Formato de prueba sensorial.....	38
Figura 27. Determinación de fenoles totales, (A) Curva patrón de ácido gálico, (B) espectrofotómetro marca Thermospectronic.....	39

Figura 28. Curva patrón de la solución del antioxidante sintético Trolox.....	40
Figura 29. Espectrofotómetro marca Thermo Spectronic.....	41
Figura 30. Curva patrón de albumina sérica bovina para proteína.....	42
Figura 31. Digestor utilizado en el método de Microkjeldahl.....	42
Figura 32. Mufla marca Barnstead Thermolyne.....	43
Figura 33. Filtración de muestras en la determinación de fibra.....	43
Figura 34. Determinación de firmeza, con diferentes tratamientos antioxidantes para carambola en estado fresco	45
Figura 35. Mecanismo de acción de polifenol oxidasa.....	46
Figura 36. Porcentaje de actividad enzimática de Polifenol Oxidasa, con diferentes tratamientos antioxidantes para carambola en estado fresco	47
Figura 37 Efecto de la combinación de tratamientos, en tres días de proceso, sobre los Sólidos Solubles Totales (°Brix) de carambola cristalizada.....	49
Figura 38. Efecto de la combinación de tratamientos, en cuatro días de proceso, sobre los sólidos solubles Totales (°Brix de carambola cristalizada)	50
Figura 39. Efecto de la combinación de tratamientos, en tres días de proceso, sobre el pH de carambola cristalizada	51
Figura 40. Efecto de la combinación de tratamientos, en cuatro días de proceso, sobre el pH de carambola cristalizada.....	52
Figura 41. Efecto de la combinación de tratamientos, en tres días de proceso, sobre la acidez de carambola cristalizada.....	54
Figura 42. Efecto de la combinación de tratamientos, en cuatro días de proceso, sobre la acidez de carambola cristalizada.....	55
Figura 43. Efecto de la combinación de tratamientos, en tres días de proceso, sobre la Firmeza de carambola cristalizada.....	56
Figura 44. Efecto de la combinación de tratamientos, en cuatro días de proceso, sobre la Firmeza de carambola cristalizada.....	57
Figura 45. Efecto de la combinación de tratamientos, en tres días de proceso, sobre la Luminosidad de carambola cristalizada.	58
Figura 46. Efecto de la combinación de tratamientos, en cuatro días de proceso, sobre la Luminosidad de carambola cristalizada.....	60

Figura 47. Efecto de la combinación de tratamientos, en tres días de proceso, sobre el atributo Croma, de carambola cristalizada.....	62
Figura 48. Efecto de la combinación de tratamientos, en cuatro días de proceso, sobre el atributo Croma, de carambola cristalizada.....	63
Figura 49. Efecto de la combinación de tratamientos, en tres días de proceso, sobre el atributo Angulo Hue, de carambola cristalizada.....	64
Figura 50. Efecto de la combinación de tratamientos, en cuatro días de proceso, sobre el atributo Angulo Hue, de carambola cristalizada.....	65
Figura 51. Efecto de la combinación de tratamientos, en tres días de proceso, sobre el atributo el contenido total de fenoles de carambola cristalizada.....	67
Figura 52. Efecto de la combinación de tratamientos, en cuatro días de proceso, sobre el atributo el contenido total de fenoles de carambola cristalizada.....	68
Figura 53. Efecto de la combinación de tratamientos, en tres días de proceso, sobre la capacidad antioxidante en carambola cristalizada.....	69
Figura 54. Efecto de la combinación de tratamientos, en cuatro días de proceso, sobre la capacidad antioxidante en carambola cristalizada.....	70
Figura 55. Evaluación del atributo Apariencia general, para carambolas cristalizadas con tres días de proceso.....	73
Figura 56. Evaluación del atributo Apariencia general, para carambolas cristalizadas con cuatro días de proceso.....	74
Figura 57. Evaluación del atributo color, para carambolas cristalizadas con tres días de proceso.....	75
Figura 58. Evaluación del atributo sabor, para carambolas cristalizadas con tres días de proceso.....	76
Figura 59. Evaluación del atributo color, para carambolas cristalizadas con cuatro días de proceso.....	77
Figura 60. Evaluación del atributo sabor, para carambolas cristalizadas con cuatro días de proceso.....	78
Figura 61. Evaluación del atributo olor, para carambolas cristalizadas con tres días de proceso.....	79

Figura 62. Evaluación del atributo olor, para carambolas cristalizadas con cuatro días de proceso.....80

Figura 63. Evaluación del atributo firmeza, para carambolas cristalizadas con tres días de proceso.....82

Figura 64. Evaluación del atributo firmeza, para carambolas cristalizadas con cuatro días de proceso.....83

Figura 65. Evaluación sobre el agrado general, para carambolas cristalizadas con tres días de proceso.....84

Figura 66. Evaluación sobre el agrado general, para carambolas cristalizadas con cuatro días de proceso.....85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la carambola.....	6
Tabla 2. Nombres dados a carambola en distintos países.....	7
Tabla 3. Estados de maduración de carambola.....	8
Tabla 4. Composición de la carambola en base a 100g de la parte comestible.....	9
Tabla 5. Compuestos Funcionales de carambola.....	10
Tabla 6. Meses de producción de carambola.....	11
Tabla 7. Métodos de conservación de carambola en estado fresco.....	14
Tabla 8. Descripción del proceso de elaboración de productos cristalizados.....	19
Tabla 9. Ventajas y desventajas de los productos cristalizados.....	22
Tabla 10. Descripción general de eritritol y maltitol.....	30
Tabla 11. Composición química de carambola cristalizada con Maltitol-Eritrito-Sacarosa al 60% de concentración final y tres días de proceso.....	86
Tabla 12. Recuento total de diferentes microorganismos (mohos y levaduras, mesófilos aerobios y coliformes totales) para carambola cristalizada con Maltitol-Eritritol-Sacarosa al 60% de concentración final y tres días de proceso.....	87

Resumen

La carambola es una fruta que en el mundo tiene un buen consumo, sin embargo, en México, derivado a varios factores, es una fruta marginal, no popular y como consecuencia, su consumo es bajo.

Una forma de incrementar su consumo sería en forma de un producto típico en el país, como lo es el cristalizado, por lo tanto, el objetivo de este estudio fue desarrollar carambola cristalizada, empleando maltitol y eritritol como edulcorantes de bajo aporte calórico, que conservara los nutrientes y teniendo una buena aceptación.

Para la elaboración del producto, las carambolas se sometieron a un proceso de selección, lavado, corte, tratamiento antioxidante, cristalización, secado y almacenamiento. Las dosis y espesor de rebanada aplicados fueron al 0.5% y 1%, de ácido cítrico, ácido ascórbico y su mezcla, en rebanadas de 1 y 2cm de espesor, además se mantuvo un control sin tratamiento y se evaluó la firmeza y la actividad enzimática. Las carambolas tratadas con ácido ascórbico al 1 % en rebanadas de 2cm fueron las seleccionadas como tratamiento antioxidante, al tener la menor actividad enzimática y conservando buena firmeza, con esto se llevó a cabo la segunda etapa de experimentación donde se evaluaron los edulcorantes y condiciones de proceso.

En la segunda etapa experimental, se evaluó la combinación de los edulcorantes maltitol, eritritol y sacarosa, una concentración de solución edulcorante al 60 o 70% con 3 y 4 días de proceso de cristalizado, sobre los parámetros de calidad, químicos y sensoriales de carambola cristalizada. Los mejores resultados se obtuvieron al usar maltitol-eritritol-sacarosa con una solución de 60% y 3 días de proceso. Teniendo que se puede obtener un producto con bajo contenido de azúcar que mantenga las características de un cristalizado.

1. INTRODUCCION

La carambola (*Avherroa Carambola*) o fruta estrella es originaria y propia de Indonesia y Malasia, aunque su cultivo se ha extendido a otros países con zonas de clima cálido, como México (INIFAP, 2004). Es una fruta atractiva visualmente, por tanto, tiene un gran potencial para su uso en ensaladas dulces, sin importar el origen de la gastronomía y cultura, además de presentar altas posibilidades de aceptación como un producto cortado y procesado (Salunke *et al.*, 1991). Por su parte, Teixeira *et al.*, (2007); Berry *et al.*, (1977); Campbell y Koch, (1989), la consideran como buena guarnición para bebidas y en postres.

Sin embargo, en nuestro país, este fruto no es muy popular, debido a su falta de promoción entre la población, y medios informativos, pero principalmente, se debe a los escasos puntos de venta, que se limitan a ciertos mercados regionales y supermercados (INIFAP, 2004). Por consecuencia, la población desconoce las propiedades benéficas para la salud de esta fruta, tales como ser fuente de una buena cantidad de antioxidantes y vitamina C (Guanghou y Lai, 2005; Salunke, *et al.*, 1991).

Tomando en cuenta lo anterior, una alternativa para promover el consumo de este fruto, sería como un producto procesado que conserve su atractivo visual, con el cual se pueda identificar la población y consumirlo, este podría ser tradicional y artesanal como el cristalizado, el cual es un proceso de conservación de frutos y hortalizas, que tiene como principio sumergir las frutas en concentraciones altas de sacarosa (SENATI, 1996; Ruiz, 1990; Ruiz *et al.* 2011), tiene relativamente bajo costo de producción, se puede cristalizar cualquier tipo de fruta y posee una vida de anaquel relativamente alta (Ruiz, 1990).

Las nuevas tendencias e interés del mercado desde hace unas décadas y que permanecen el día de hoy están centradas en consumir alimentos que contengan menor cantidad de azúcar, especialmente las personas con regímenes alimenticios especiales, es por esto que la industria de alimentos ha implementado el uso de edulcorantes desde entonces, y al transcurso de los años, su consumo ha aumentado considerablemente (Kearsley, 2006).

En el caso de los frutos cristalizados, una alternativa muy viable para la reducción de azúcar en su formulación, es la utilización de edulcorantes como Eritritol, y Maltitol, los cuales poseen propiedades de solubilidad y punto de cristalización que los convierten en una

posibilidad importante como sustituto del azúcar en alimentos procesados, otorgando además beneficios en aspectos como salud bucal, entre otros (Kearsley, 2006).

Por tanto, el objetivo general de este trabajo, es el desarrollar carambola cristalizada baja en calorías, empleando edulcorantes de bajo aporte calórico, que conserven la mayor cantidad de antioxidantes, vitaminas y calidad y generen mayor aceptación del producto, para dar una alternativa de consumo del producto.

2. ANTECEDENTES

2.1. Generalidades de la Carambola

La carambola (*Averrhoa carambola* L.) (Figura 1) es un fruto no climatérico de un arbusto tropical perenne, perteneciente a la familia de *Oxalidaceae*, (INIFAP, 2004).

Es una baya vistosa, de forma ovalada elipsoide, que tiene de tres a seis costillas longitudinales, dependiendo la variedad, etc., que corresponden cada una a un carpelo, y que cuando se corta transversalmente resulta en una sección atractiva con forma de estrella (Figura 1) (Teixeira *et al.*, 2012; SIAP, 2014).

La epidermis del fruto es fina y lustrosa, que también es comestible, es de color amarillo pálido, amarillo brillante a amarillo naranja al madurar; la pulpa es jugosa, ligeramente amarilla y sin fibra (SIAP, 2017).

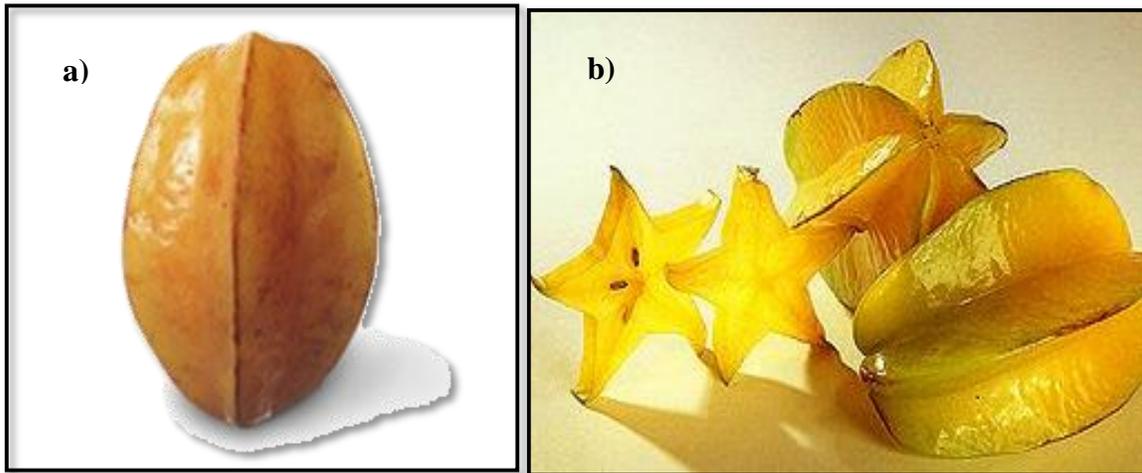


Figura 1. a) Carambola entera y b) Carambola en rebanadas y su atractiva forma de estrella.
Fuente: Beneficios de la Carambola, (2018); INIFAP (2014).

2.1.1. Historia y Origen

La carambola ha sido cultivado desde tiempos antiguos en el sudeste asiático, de donde fue llevado por los portugueses a África y América del Sur. En Florida, E.U.A., fue introducida hace más de 100 años, las plantas inicialmente daban unos frutos ácidos, que actualmente gracias a la introducción tanto de semillas como material vegetativo procedente de su lugar de origen, han permitido la selección de variedades mucho más dulces. Su cultivo se ha extendido a lo largo de América; en México el cultivo de carambola es prácticamente nuevo; comercialmente se inició en Morelos, y actualmente se ha propagado su cultivo a estados como Michoacán, Colima, Nayarit y Chiapas (Rivera, 2009; INIFAP, 2004).

Es un fruto originario del sureste de Asia, (Figura 2), específicamente de Indonesia y Malasia, aunque se encuentra distribuido a lo largo de las islas hasta Filipinas, encontrándose también en Sri Lanka Taiwán y la India.



Figura 2. Países de origen de *Averrhoa carambola* ubicados en el sureste de Asia.
Fuente: INIFAP, (2004).

2.1.2. Taxonomía

La carambola es un arbusto tropical, perenne, con un tronco simple o ramificado con una altura que oscila de 3 a 6 metros. Sus hojas son compuestas de 15 a 30 centímetros de longitud y se disponen de forma alterna en las ramas, cada hoja tiene a su vez de 5 a 11 hojuelas verdes que poseen una longitud de 1,5 a y un ancho de 1 a 4,5 centímetros (INIFAP, 2004).

Sus flores nacen tanto de ramitas, ramas más gruesas y ocasionalmente en el tronco y se disponen en inflorescencia tipo panículo. Presentan un tamaño perfecto de 1 centímetro de longitud y una coloración rosada-azul. Se da la circunstancia de que según la variedad el estilo es largo o corto.

De acuerdo a su taxonomía (Tabla 1), la carambola pertenece a la familia *Oxalidaceae*, que es un conjunto de plantas herbáceas, en las cuales sus flores pueden ser hermafroditas, se divide en seis géneros, de los cuales, se desprenden unas 950 especies, entre ellas *Averrhoa carambola* (Watson & Dallwitz, 1994).

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la Carambola

Taxonomía de la Carambola	
Reino	Vegetal
Clase	Dicotildonea
Orden	Geraniales o Gruinales
Familia	<i>Oxalidaceae</i>
Genero	<i>Averrhoa</i>
Especie	Carambola

Fuente: Morton, (1987)

2.1.3. Morfología

La carambola es una baya carnosa y vistosa, de forma ovalada elipsoide, que tiene de tres a seis costillas longitudinales, dependiendo de la variedad, etc., que corresponden cada una a un carpelo, y que cuando se corta transversalmente resulta en una sección atractiva con forma de estrella (Figura 3) (Teixeira *et al.*, 2012; SIAP, 2014).



Figura 3. Carambola cortada transversalmente

Fuente: Best Benefits Of Star Fruit, (2018)

Tiene una longitud que varía de 5 a 15cm, La epidermis del fruto es fina y lustrosa, que también es comestible, es de color amarillo pálido, amarillo brillante a amarillo naranja al madurar; la pulpa es jugosa, de color amarillo vidrioso, crujiente, jugosa, y sin fibra (SIAP, 2014), presenta un fino sabor agrídulce. Los frutos, dependiendo de la variedad, tienen un olor pronunciado a ácido oxálico, y se da la circunstancia de que los frutos grandes son más sabrosos y dulces que los más pequeños, con un sabor más agrídulce.

Las semillas son comestibles y pueden incluso estar ausentes, se caracterizan por ser delgadas con una coloración café claro y están encerradas en un arilo gelatinoso. La viabilidad de las semillas puede perderse a los pocos días después de sacadas del fruto (Campbell y Malo, 1981; Campbell *et al.*, 1985). Este fruto es conocido por diferentes nombres (Tabla 2), dependiendo del país o zona.

Tabla 2. Nombres dados a carambola en distintos países.

País	México	República Dominicana	Costa Rica	Brasil	Venezuela	Colombia	China
Nombre	Carambolo, Carambola, Árbol de Pepino, Bambolea	Cinco Dedos	Tiriguro	Lima de Callenas, Camboya, Caramboleiro	Tamarindo Chino, Tamarindo Dulce	Carambolo, Caramelo	Yangto, Durazno Extranjero

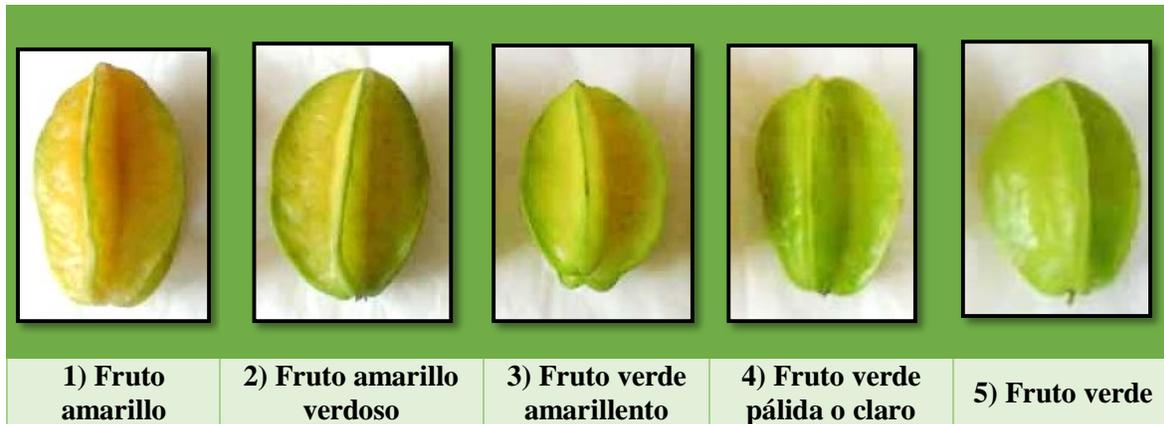
Fuente: Elaboración propia con datos de Rivera, (2009).

2.1.4. Requerimientos de crecimiento y cosecha

Esta planta requiere una alta temperatura todo el año y mucha humedad ambiental. No es exigente en suelos; crece bien en suelos arenosos poco profundos y en suelos arcillosos. No tolera los encharcamientos por lo que requiere suelos con muy buen drenaje (INIFAP, 2004). En México, dos son los periodos del año en los que podemos deleitarnos de esta fruta: de agosto a octubre y de diciembre a febrero.

El índice de cosecha está dado principalmente por la coloración y/o el periodo de maduración del fruto. El índice de cosecha está basado en una escala de acuerdo a la coloración, ver Tabla 3; los frutos se cosechan cuando toman un color verde pálido a ligeramente amarillo (índice 3), lo cual se da de 45 a 90 días después de la floración (Campbell *et al.*, 1985). La escala utilizada se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Estados de maduración de carambola



Fuente: Elaboración propia con datos de Rivera, (2009); Burgos (2015).

Los frutos se cosechan a mano con mucho cuidado, son colocados en cajas o canastas y se llevan al empaque para su clasificación, empaque y almacenamiento. En el empaque, los frutos se seleccionan basándose en el tamaño (medio, grande y extra grande) y se colocan en cajas en cantidades de 20, 25 o 30 frutos. Las cajas son de cartón macizo y se rellenan en la base y superficie con hule espuma; las cajas tienen celdas individuales en donde cada fruto es colocado hacia arriba, siendo envuelto en papel fino decorado e impregnada con cera para evitar la deshidratación

Los frutos pueden almacenarse de 30 a 44 días a una temperatura de 5 °C y 85 -95 % de humedad relativa. Los frutos son transferidos a temperatura ambiente (23°C) sin sufrir daños por frío (Campbell *et al.*, 1985; INIFAP, 2004).

2.2. Composición química y propiedades antioxidantes

La composición química de la carambola es mayoritariamente agua. Contiene pequeñas cantidades de hidratos de carbono simples y aún menores de proteínas y grasas, por lo que su valor calórico es muy bajo (Calzada, 1980). La pulpa de la carambola es rica en oxalato de calcio y fibra soluble. Contiene una cantidad moderada de provitamina A y de vitamina C, como se puede notar en el Tabla 4. Destaca su contenido en potasio. La vitamina C interviene en la formación de colágeno, huesos y dientes, glóbulos rojos y favorece la absorción del hierro de los alimentos y la resistencia a las infecciones (Campbell y Malo, 1981, Morton, 1987; Berry *et al.*, 1977) Esta vitamina, además, cumple una función antioxidante (Rivera, 2009).

Tabla 4 Composición de la Carambola en base a 100g de la parte comestible

Componentes mayores (g)		Minerales (mg)		Vitaminas (mg)	
Agua	90	Calcio	5.0	Caroteno (A)	90.0
Proteínas	0.5	Fósforo	19.0	Tiamina (B1)	0.04
Grasa	0.3	Hierro	0.4	Rivoflavina (B2)	0.02
Carbohidratos	9.0			Niacina (B6)	0.3
Fibra	0.6			Ac. Ascórbico (C)	35.00
Cenizas	0.4				

Fuente: Calzada (1980).

Estudios han indicado que la Carambola es una buena fuente de antioxidantes naturales como carotenos, vitamina C, proantocianidinas y que los compuestos fenólicos son los que en mayor concentración se encuentran (Shui y Leong, 2005; Setiawan *et al.*, 2001).

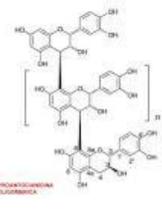
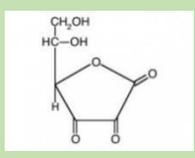
Todos los seres vivos, como parte del metabolismo generan especies reactivas de oxígeno tales como hidroperóxido, radical hidroxilo, oxígeno singulete y triplete, radical superóxido Cuando existe un desequilibrio entre la producción y neutralización o eliminación de las radicales, éstos se acumulan en la célula pudiendo producir daño a moléculas de ADN, lípidos y proteínas, provocando un estado de estrés oxidativo (Andrade *et al.* 2010; Azeem Y Mathew, 2010)

Se le atribuye a este estado la producción de enfermedades como cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares, entre otras. De ahí la importancia del consumo diario de alimentos ricos en compuestos antioxidantes. Una de las mayores fuentes de antioxidantes son los vegetales (Andrade *et al.* 2010)

Los compuestos fenólicos tienen un creciente interés para la industria de alimentos, debido a que aportan calidad y valor nutricional al alimento (Aberoumand y Deokuke, 2010).

Ciertas frutas contienen antioxidantes como fenoles, tioles, carotenoides y tocoferoles, los cuales tienen gran potencial para mantener la salud, ya que pueden proteger el organismo frente enfermedades crónicas. Los antioxidantes pueden reducir los daños oxidativos de biomoléculas modulando la reactividad de radicales libres (Shui y Leong, 2005).

Tabla 5. Compuestos Funcionales de Carambola

Compuesto y Estructura	Características	Ubicación	Tipos de compuesto	Referencia
Fenoles 	Tienen efecto sobre el color, textura y sabor como la astringencia, así como en la capacidad antioxidante. Son responsables del 50% de la actividad antioxidante.	Piel y pulpa	Ácido gálico, carotenoides, Acido Oxálico, clorogénico, cafeico y ferúlico;	Gross <i>et al.</i> , (1982); Muñoz <i>et al.</i> (2009).
Vitamina C 	Tienen buena actividad antioxidante, evitan el descoloramiento del fruto por la actividad de enzimas.	Piel y pulpa	Ácido Ascórbico	Muñoz <i>et al.</i> (2009).

2.3. Importancia económica Nacional y Mundial.

2.3.1. Países productores y consumidores de Carambola

En mercados europeos, especialmente Alemania, Dinamarca, Holanda, Reino Unido, Finlandia, Francia, Bélgica, España, Suecia, Suiza, ha ido incrementándose el consumo de frutos exóticos como la carambola, durante los últimos años (MACIA, 2003).

El mayor país productor de esta fruta, es por mucho, Malasia, que a su vez, es considerado el principal exportador mundial, y principal abastecedor de la demanda del mercado europeo, donde los precios por kilogramo de este producto oscilan entre los 4 a 6 dólares; otros productores importantes de esta fruta son Indonesia, Tailandia, Brasil e Israel, país cuya producción en su mayoría está destinada a la exportación (Rivera, 2009).

Los principales importadores de carambola fresca, son los países europeos, teniendo a la cabeza a Alemania, Reino Unido y Holanda, quienes han compartido el primer lugar de importaciones desde el año 1986 (MACIA, 2003).

2.3.2. Situación Nacional

En México, la carambola es un frutal poco conocido. A pesar de contar con el clima necesario para su producción, que tiene buen rendimiento por árbol y calidad en el fruto, la carambola es poco consumida en el mercado nacional, teniendo el mayor consumo en alimentos gourmet, como postres (Figura 4). Seguido de su consumo en supermercados, y algunos mercados regionales.



Figura 4. Postre de carambola Fuente: Postre de carambola (postre de Brasil), 2018

2.3.2.1. Producción, importación y exportación.

México tiene baja demanda de este fruto, y por lo tanto no es de los principales productores, además de que el cultivo de carambola es prácticamente nuevo: comercialmente se inició en Morelos, seguido de otros estados con clima cálido, actualmente hay superficie comercial establecida en Michoacán con 25 ha., Colima y Nayarit con 14.5 ha (SIAP, 2017).

La producción se concentra en dos épocas principales (Tabla 6): la primera, en Agosto, Septiembre y Octubre y se obtienen de la floración que ocurre de Abril a Junio y la segunda cosecha madura en Diciembre, Enero, y principios de Febrero y se obtiene de la floración de Septiembre-Octubre. Presenta un periodo de flor a fruto de 60-70 días, dependiendo del cultivar (Campbell *et al.*, 1985; Campbell y Koch, 1989; INIFAP, 2004)

Tabla 6. Meses de producción de Carambola

Mes /Prod.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ALTA	●						●	●	●			●
BAJA		●				●				●	●	

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP, (2017) y Sozzi (2007).

Los rendimientos por hectárea sembrada son relativamente bajos, tienen un promedio de 9 Ton/ha, comparados con países como Malasia, donde hay un rendimiento promedio de 50Ton/ha (INIFAP, 2004).

A pesar de eso, la producción nacional de este fruto, ha sido constante (Figura 5), observando que la producción se mantiene estable desde 2010, con incrementos durante 2011 y 2012.

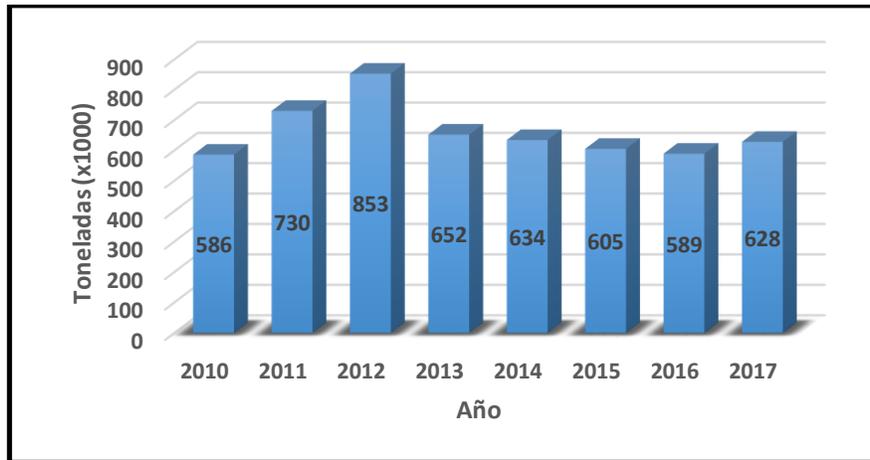


Figura 5. Producción Nacional de Carambola
Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP, (2017)

Para el caso de México, la demanda del fruto puede ser suplida con la producción nacional, donde los estados de Michoacán, Morelos y Jalisco, son los líderes nacionales en producción de este fruto (Figura 6) con más del 50% del gran total, hasta el momento no se han reportado casos de importación de carambola, caso contrario a la exportación, donde a pesar de que la comercialización exterior es muy poca, generalmente se realiza a Japón y en pequeñas cantidades a países europeos y Estados Unidos (MACIA, 2003) donde los requisitos para la importación en estos países exigen buena calidad como un color amarillo definido, sin manchas verdes.

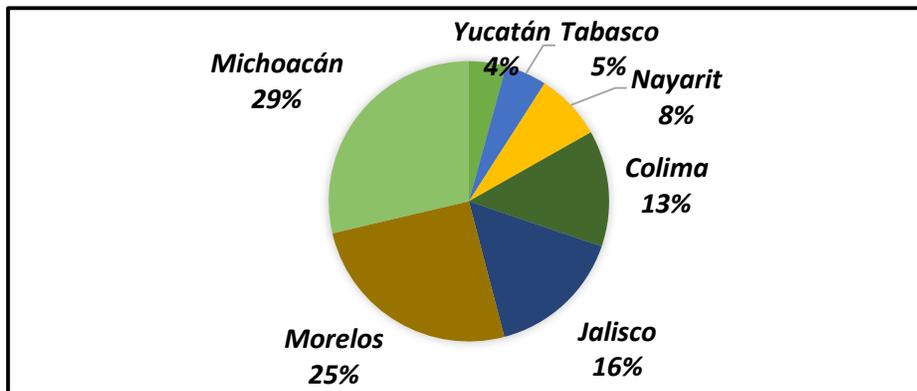


Figura 6. Principales estados productores de Carambola en México.
Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP, (2014)

Ligeros visos de color café en los bordes son normales y no se consideran defectos. La carne debe ser jugosa y crocante. Si el producto está suave, golpeado, presenta manchas verdes o

excesiva coloración café en sus bordes, picaduras de insectos o pájaros, cicatrices de viento o marchitamiento, será rechazado o castigado en precio (Rivera, 2009).

Dada la alta demanda del fruto en países europeos y Estados Unidos, hoy existe la posibilidad de diversificar la oferta productiva de las regiones donde se cultiva la carambola, y ofrecer un producto procesado de buena calidad.

2.4. Métodos de Conservación

La carambola es un fruto vivo que continua su actividad metabólica después de la recolección, y como cualquier alimento está sujeta a alteraciones y modificaciones provocadas por ciertos agentes (químicos, físicos o biológicos) que son los principales responsables de su deterioro y consecuente pérdida de calidad, como son la sobre-maduración, oxidación, daños por frío o podredumbres. Los procesos de conservación se han desarrollado para disminuir el efecto de estos agentes (Ruiz, 1990, Warner, 1993, SAGARPA, 2002).

Los procesos de conservación en el fruto son necesarios, ya sea para prolongar su tiempo de vida o para darle un valor agregado al producto.

Las ventajas del procesamiento y conservación de frutas y hortalizas son aprovechar los excedentes de productos, evitar pérdidas o desperdicios, y utilizar las técnicas adecuadas para la obtención de productos de alta calidad (Ruiz, 1990).



Figura 7. Ejemplo de Método de conservación de carambola.
Fuente: Doce de carambola em calda (2012)

En la Tabla 7 se presenta una clasificación de métodos de conservación en el proceso de transformación de la carambola en diversos subproductos.

Tabla 7. Métodos de conservación de carambola en estado fresco.

Tipo	Principio	Método de conservación
Físico	Bajas temperaturas	Refrigeración
		Congelación
	Aplicación de calor	Secado
		Deshidratación
	Irradiación	Radiaciones ultravioletas
		Radiaciones Infrarrojo
		Radiaciones Ionizantes
	Microondas	
	Condiciones atmosféricas	Atmosferas Modificadas
Químico	Aplicación de conservadores	Acidificación
		Aplicación de ceras
	Concentración	Adición de azúcar

Fuente: Michelis, (2006)

La carambola, generalmente se consume en estado fresco, sin embargo, la necesidad e interés por ofrecerla como un producto procesado, ha implementado el desarrollo de una cantidad considerable de productos a partir de la misma (Figura 8) Los productos industrializados de la carambola de mayor importancia son: Zumo de carambola, mermelada, rebanadas deshidratadas, rebanadas mínimamente procesados, licores y frutos cristalizados, o productos de belleza como cremas y jabones.



Figura 8. Productos derivados de la carambola
Fuente: Mermelada de carambola y piña (2017)

La adición de azúcar o concentración, es una técnica utilizada desde la antigüedad para la preservación de alimentos, que mejora en muchos casos, la presentación de los productos

frescos, con la concentración de azúcar, se inhibe el desarrollo de microorganismos, y se agrega un valor al producto final, fomenta el desarrollo de nuevos productos, con la aplicación de nuevas tecnologías a los procesos comúnmente conocidos, un ejemplo de esto es la cristalización, que otorga una nueva opción para el consumo de frutos (Solís, 1994).

2.5. Generalidades de los productos cristalizados

La necesidad de la humanidad por conservar sus alimentos por más tiempo, emprendió una búsqueda con técnicas rudimentarias que iniciaron con el salado y secado al sol. Con el paso del tiempo, se fueron desarrollando nuevas técnicas de conservación, cambiando factores como temperatura, o la adición de otros ingredientes, pH, etc. La adición o saturación de azúcar, surgieron como una necesidad de preservar frutos de temporada durante periodos de tiempo largos, para después ser consumidos (Beckett-Young & Kathleen, 1989). Bajo este principio se basan los productos cristalizados.

2.5.1. Definición e historia de los productos cristalizados

Un producto cristalizado es aquel que involucra la cocción de frutas u hortalizas, tras haber sido sometidas a la inmersión en soluciones altas de sacarosa, que dependiendo de su tamaño y el tipo, el proceso puede suponer varios días, hasta conseguir una textura peculiar (firme por fuera y suave por dentro) (Urreta, 2004; Michelis, 2006; Solís, 1994), que tendrá una saturación de sólidos mínima de 60° Brix (SENATI, 1996), evitando así el crecimiento de microorganismos que alteren o pudran.



Figura 9. Fruta cristalizada durante las festividades patrias de México.

Fuente: Mi dulce Puebla (2018)

Otra definición, menciona lo siguiente: Es una composición de fruta y azúcar cocidos, suficientemente bien como para que se conserve en buen estado, generalmente, la fruta permanece entera o puede ser troceada (Gianola, 1980). Las frutas confitadas son un

producto o líquido obtenido por el procesamiento de frutas con azúcar, ya sea por impregnación o calentamiento hasta que alcance un contenido de sólidos solubles superior a 65° Brix.

La conservación por medio de la utilización del azúcar (miel de palma y miel) ya era conocida en las antiguas culturas de China y la Mesopotamia (Beckett-Young y Kathleen 1989). A menudo era el único método de conservación conocido en estas zonas.

Los antiguos romanos preservaban el pescado sumergido en miel. Sin embargo, se considera como verdaderos precursores del cristalizado moderno a los árabes, quienes servían cítricos y rosas cristalizadas en el momento principal de sus banquetes. Su expansión por Europa se debió a la dominación árabe, y así la fruta cristalizada inició su camino hacia Occidente. Los primeros documentos que reseñan el uso de frutas cristalizadas en Europa se remontan al siglo XVI (Beckett-Young y Kathleen 1989).



Figura 9. Frutas Cristalizadas.

Fuente: Como hacer fruta cristalizada, (2018)

Tras el arribo de los españoles a América en el siglo XVI y específicamente a México, llegan un sin número de productos, destacando el azúcar, utensilios, diversas técnicas culinarias y de conservación, así como formas de nombrar a los mismos, provenientes de diferentes regiones de Europa, Asia, África (Sánchez, 2010).

La cultura indígena se mezcló con nuevas costumbres, tradiciones y sabores traídas de Europa y de la combinación de dichas culturas se crearon nuevos productos derivados de algunos dulces que preparaban mezclando frutas, miel y semillas, para dar paso a confites, mermeladas y frutas cristalizadas (Sánchez, 2010)

Sin embargo, el período de transculturación modificó consecuentemente las formas de vida, locales y extranjeras, repercutiendo en una nueva cocina, siendo las monjas, quienes gracias a su dedicación es que surge una innovadora y diferente forma de comer, pues lograron técnicas de conservación muy importantes utilizando el azúcar como ingrediente principal combinándolos con los ingredientes nativos, de las más importantes predominan las conservas y la cristalización de la biznaga (acitrón) y el chilacayote, la fabricación del dulce cristalizado, es una tradición que pasa de generación tras generación desde entonces (Sánchez, 2010).

2.5.2. Importancia Económica del Cristalizado.

Los frutos cristalizados en México son una popular tradición, principalmente, durante los meses de fiestas patrias y festividades decembrinas. Caracterizadas por su gran sabor dulce y colores llamativos (Meza, 2016)

Se consumen como frutos enteros, como es el caso del higo, o en rebanadas como en el caso de la calabaza y dependiendo la época del año son los frutos que se van comercializando.

Existen regiones especializadas en la elaboración de estos dulces típicos en los estados de Oaxaca, Guerrero, etc. una de las regiones más conocidas es el pueblo de Santa Cruz Acalpixca, Xochimilco en la capital de México, en donde se elaboran desde hace varias generaciones, y la comercialización de estos productos es el sustento de muchas familias locales (Álvarez, 2009).

La venta de estos productos provee sustento económico, tanto a los productores, a los comerciantes primarios, e incluso a comerciantes secundarios, dependiendo el lugar donde se hagan llegar estos dulces (Sánchez, 2010).

2.5.3. Proceso de elaboración de productos cristalizados

Los frutos y vegetales cristalizados son productos que son sometidos a tratamientos térmicos y de saturación de azúcar, durante su procesado, se somete a diferentes operaciones, que al principio son de naturaleza física (selección, lavado, cortado) y posteriormente operaciones

de naturaleza química (antioxidante, cristalización) y con esto se favorece la preservación del alimento, provocando cambios en la materia prima (Alzamora *et al.*, 2004).

El proceso de elaboración de carambola cristalizada, que a continuación se muestra y se describe en la Figura 10, se realizó siguiendo la metodología de (SENATI, 1996).



Figura 10. Diagrama de proceso para elaboración de fruta cristalizada.
Fuente: SENATI, (1996).

Tabla 8. Descripción del proceso de elaboración de productos cristalizados

Operación	Descripción
<p>Selección</p> 	<p>La materia prima se separa en diferentes grupos mediante apariencia física, color, firmeza, y magulladuras.</p> <p>La fruta deberá ser completamente sana, tener una textura firme y de buen tamaño.</p>
<p>Lavado</p> 	<p>El objetivo de esta etapa es la eliminación de microorganismos, polvo, suciedad y otras impurezas que puedan estar adheridas a la materia prima. Un buen lavado garantiza menor problema microbiológico en posteriores etapas de procesamiento.</p>
<p>Cortado</p> 	<p>Se refiere a la reducción de tamaño, obteniendo trozos más pequeños de frutas y hortalizas, dándoles un tamaño y forma definida. Es una etapa esencial para facilitar la manipulación y mejorar la transferencia de calor en las posteriores etapas. En el caso de carambola, se utilizan rebanadas de 1 ó 2 cm de espesor.</p>
<p>Trat. Antioxidante</p> 	<p>Los frutos contienen enzimas propias en su composición que provocan su pardeamiento, como la polifenol oxidasa. Una manera eficaz de evitar este problema, es con la adición de algún agente antioxidante. En esta etapa se sumerge la fruta en una solución de ácido ascórbico o cítrico por cinco minutos, de este modo se conserva de mejor manera la apariencia y calidad final del producto.</p>
<p>Cristalizado</p> 	<p>Consiste en mantener los trozos de fruta, en jarabes de una concentración entre 60 y 70%, durante 3 a 5 días. Se controla diariamente la cantidad de sólidos y se agrega azúcar hasta que la fruta tenga la cantidad adecuada de azúcar.</p>
<p>Envasado</p> 	<p>Consiste en colocar la fruta confitada en envases adecuados.</p> <p>Se realiza para garantizar su conservación, protegiéndolo de la humedad, del polvo y la contaminación del medio ambiente.</p> <p>Antes de realizar el envasado es importante verificar que la fruta confitada esté totalmente fría para evitar que se formen gotas de agua en el interior del envase, que puede originar el desarrollo de microorganismos y se deteriore.</p>
<p>Almacenado</p> 	<p>Se coloca la fruta confitada en un lugar adecuado, para conservarla hasta el momento de su consumo. El ambiente para almacenar la fruta debe ser: Fresco y protegido del calor, para evitar que la fruta se reseque, protegido de la luz, para evitar que la fruta pierda su color.</p>

Fuente: SENATI (1996).

2.5.4. Características de los productos cristalizados

Una fruta cristalizada de manera correcta (Figura 11), presenta y cumple con los requisitos de calidad que están relacionados con las características sensoriales, la composición y las condiciones microbiológicas



Figura 11. Fruta cristalizada de manera correcta
Fuente: SENATI (1996).

Entre los requisitos más importantes se encuentran los requisitos sensoriales, microbiológicos y de calidad, en donde se tiene que el color, que debe ser uniforme por toda la fruta, además de tener un tamaño similar entre las frutas, tener una apariencia brillante y transparente, ya que en la corteza de la fruta se forma una capa de azúcar. Otras características sensoriales igual de importantes son el olor y sabor, los cuales deben de conservar el sabor y olor peculiar de las frutas, aunque intensificado el lado dulce de la fruta, en cuanto a la textura que posee, debe ser ambivalente, ya que por fuera debe de ser firme, pero por dentro debe de ser suave o blanda, de una fácil mordida (ITDG, 2006).

Los requisitos de calidad que tienen los productos cristalizados son, tener un contenido de sólidos solubles entre 60 y 75°Brix, tener un pH que se encuentre 4 y 4.5, presentando un máximo de agua de 30% (ITDG, 2006.)

Debido a la gran cantidad de sólidos que posee, y el proceso térmico que sufre (Tello 1986; Tello et al., 2002), los requisitos microbiológicos son estrictos, ya que no debe de contener bacterias, mohos o levaduras (ITDG, 2006.)

2.5.4.1. Defectos comunes de la fruta cristalizada

Los frutos cristalizados pueden presentar diversos defectos (Figura 12), si no se realizan de la manera correcta, aunque cabe destacar que el uso de diferentes edulcorantes influye fuertemente en los métodos y condiciones de elaboración que pueden llevar a cambios en la calidad final del producto. Algunos de estos son:

Formación de cristales: La fruta confitada está rodeada de pequeños cristales (alrededor de 1 a 2 mm de espesor) en la fruta, estos pueden ser de azúcar o de cualquier edulcorante utilizado.

Deteriorada por mohos: Olor a humedad y presenta manchas de color verde, blanco o negro.

Fermentada: Sabor y olor a alcohol (Mucho menos común en cristalizados que no fueron elaborados con sacarosa).

Pegajosa: Está rodeada de jarabe y colorea los productos.



Figura 12. Defecto común en fruta cristalizada

Fuente: SAGARPA, (2002).

2.5.5. Pros y contras del cristalizado

Los principales beneficios de los productos cristalizados para el consumidor final, así como las desventajas de estos productos se presentan en el Tabla 9.

Tabla 9. Ventajas y Desventajas de los productos cristalizados.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Son un método de conservación que incrementa considerablemente la vida de anaquel. • Relativo bajo costo de producción. • Acceso a consumir frutas de temporada durante todo el año. • Da valor agregado al producto. • Requieren poco espacio para almacenamiento. • Muestran una buena calidad en general • Requiere pocos equipos para su elaboración 	<ul style="list-style-type: none"> • Estos productos poseen un alto contenido de azúcar, que impide su consumo por la totalidad de la población. • Cambio en las propiedades nutricionales de las frutas o vegetales • Largo tiempo de elaboración en comparación con otros métodos de conservación. • No tienen un estricto control microbiológico por parte de los productores.

Fuente: Elaboración propia con datos de SAGARPA (2002); Alzamora (2004); SENATI (1996).

Como se mencionó en el cuadro anterior, uno de los principales problemas que presentan los productos cristalizados, es el alto contenido de azúcar que estos poseen; para combatir este problema existen alternativas para reducir la cantidad de azúcar, como lo es el uso de edulcorantes con bajo aporte calórico.

2.6. Edulcorantes de bajo aporte calórico

En los años 80's la comida natural comenzó a tener popularidad, creando nuevas tendencias e interés del mercado desde entonces, centradas en consumir productos que contengan menor cantidad de azúcar (Orozco, 2010; Ronda *et al.*, 2005), estas tendencias permanecen hasta el día de hoy, y la industria está siendo desafiada para rediseñar alimentos tradicionales para el valor nutricional óptimo, en respuesta para algunos sectores de la población, con necesidades nutricionales especiales, y que las hace tan sabrosa o mejor que el original (Ronda *et al.*, 2005), desde entonces se ha implementado el uso de edulcorantes, entre ellos los polioles o alcoholes de azúcar, estos últimos, con el transcurso de los años, se ha incrementado su consumo considerablemente. Estos azucars de alcohol son producidas por diferentes procesos de fermentación, e hidrolisis de carbohidratos más complejos, Polioles como sorbitol, maltitol, xilitol, eritritol pueden ser producidos por vías microbiológicas (Kearsley, 2006).

El Eritritol y Maltitol, son una alternativa muy viable para la reducción de azúcar en alimentos procesados, ya que estos poseen propiedades similares al azúcar en cuanto a solubilidad, intensidad de dulzor, punto de cristalización, entre otros, que los convierten en una posibilidad importante como sustituto del azúcar en alimentos procesados (Perko, 2006).

2.6.1. Polioles

Los polioles son alcoholes poli hídricos con varios grupos hidroxilo. Un poliol es un carbohidrato que contiene más grupos hidroxilo que el azúcar al cual está asociado. Por ejemplo, si un grupo hidroxilo reemplaza al grupo cetona de una cetosa o al grupo aldehído de una aldosa se obtiene un alcohol de azúcar. Así de la manosa se obtiene manitol, de la glucosa se obtiene glucitol (conocido como sorbitol), etc. Los polioles son edulcorantes que poseen un valor calórico inferior al que proporciona la sacarosa, y a diferencia de los edulcorantes de alta intensidad como el acesulfame potásico, aspartamo, sacarina, sucralosa que se utilizan en cantidades muy pequeñas, los polioles son utilizados casi en la misma proporción que la sacarosa, debido a su similar dulzor (Kearsley, 2006).

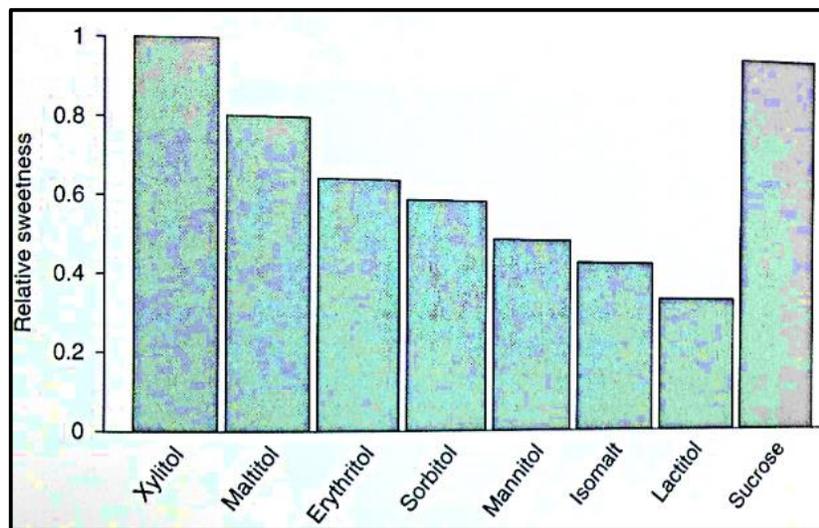


Figura 13. Dulzor relativo de diferentes polioles en comparación con sacarosa.
Fuente: Kearsley, (2006).

Los polioles, también llamados “sustitutos de azúcar” generalmente no absorben el agua de misma forma que el azúcar lo hace, por lo tanto, los alimentos preparados con ellos no se vuelven pegajosos en la superficie tan rápido como lo hacen los productos elaborados con azúcar. Los mohos y bacterias no crecen tan bien en estos edulcorantes, como lo hacen en

azúcar, por lo que los productos tienen una tendencia a tener una vida de anaquel más extendida (Calorie Control Council, 1996).

Los polioles se han utilizado por muchos años para sustituir a los azúcares en una amplia variedad de productos, como chicles, caramelos, helados, productos horneados y productos de fruta para untar (Kearsley, 2006). La seguridad y la variedad de los polioles supone que cada vez haya más alimentos sin azúcar disponibles.



Figura 14. Productos elaborados con polioles.
Fuente: Calorie Control Council (1996)

Los sustitutos del azúcar (polioles) se han utilizado en alimentos en todo el mundo durante muchos años. Un Comité de Expertos de la Organización Mundial de la Salud los ha evaluado cuidadosamente y ha determinado que son aptos para el consumo humano. En la Unión Europea, los polioles se consideran aditivos alimentarios y su uso en alimentos está regulado por las Normas sobre el Uso de Edulcorantes en Alimentos. En los EE. UU., la Administración de Fármacos y Alimentos (FDA) clasifica algunos como Reconocidos Generalmente como Seguros (Generally Recognized as Safe, GRAS) y otros como aditivos alimentarios aprobados.

Además de su buen sabor, los polioles proporcionan algunos beneficios importantes para la salud. Por ejemplo, los polioles en promedio, tienen menos calorías que los azúcares (2 Kcal/g de poliol, contra 4 Kcal/g de sacarosa). Además, los polioles no promueven las caries (cavidades) porque las bacterias de la boca no pueden convertir fácilmente los polioles en ácidos que pueden dañar los dientes.

Sustitutos de azúcar (polioles) en general no pierden su dulzura cuando se calientan y pueden ser usados para bebidas calientes y sabor en los alimentos que se calientan cuando se procesa o cocidos. Sin embargo, a diferencia del azúcar, estos no tienen reacciones de caramelización o reacciones de pardeamiento (Maillard). Esta propiedad es una ventaja para los productos para los que no se desea un cambio de color.

2.6.1.1. Efectos gastrointestinales de los polioles

La mayoría de los polioles no son tan dulces como el azúcar y, como el organismo los absorbe en forma incompleta, tienen menos calorías. Dado que los polioles solo se digieren y absorben parcialmente en el intestino delgado, alcanzan el intestino grueso, donde son fermentados por bacterias. La fermentación de los hidratos de carbono no digeribles lleva a la producción de compuestos que, por ejemplo, sirven como nutrientes para las células del colon y producen gases que abandonan el cuerpo en forma de flatulencias. Además, el agua acompaña a los polioles no digeridos y no absorbidos hasta el intestino grueso, donde se reabsorbe. El grado de dicha absorción depende de la capacidad del individuo. El agua que no se absorbe ablanda las heces y se elimina con ellas. Por lo tanto, el consumo de polioles podría producir un ligero aumento en la frecuencia de las deposiciones y una consistencia más blanda de las heces. Estos efectos laxantes y de fermentación son comunes en todos los hidratos de carbono no digeribles y en las comidas que tienen abundantes cantidades de ellos, como los porotos, el repollo, la cebolla, las uvas, las pasas y otras comidas con alto contenido de fibras. Cuando se ingiere un alimento que contiene polioles como parte de una comida, el tiempo de tránsito a través del tracto gastrointestinal (GI) se prolonga, lo cual permite que se absorba más agua y se fermente una mayor proporción de los polioles en el intestino grueso. Esto significa que los efectos gastrointestinales podrían verse reducidos o pasar completamente desapercibidos. De la misma manera, si el alimento que contiene polioles se consume lentamente en el tiempo, se obtienen beneficios similares. Consumir

productos que contengan polioles frecuentemente aumenta la tolerancia a los mismos y reduce sus efectos secundarios debido al aumento relativo en la cantidad de bacterias capaces de metabolizar el poliol (Kearsley, 2006)

2.6.1.2. Eritritol

El eritritol es un edulcorante con buen sabor, blanco, no higroscópico, una sustancia cristalina en forma de polvo que tiene un dulzor equivalente del 60 a 70% comparado al de sacarosa, provee volumen, textura y estabilidad microbiológica similar a la sacarosa, es un poliol (azúcar-alcohol) de 4 carbonos, hoy en día utilizado para diversos alimentos y bebidas reducidos en calorías y sin azúcar alrededor del mundo (Perko, 2006). Ha sido parte de la dieta humana durante miles de años debido a que se presenta naturalmente en ciertas frutas, como las peras, los melones y las uvas, además de en otros alimentos como los hongos y los alimentos derivados de la fermentación, como el vino, la salsa de soja y otros alimentos. Es el único poliol denominado como no glucémico, aportando tan solo 0.2Kcal/g. Tiene muy buena digestibilidad comparada con otros polioles.

Aporte energético. El eritritol es no calórico (o glucémico) debido a su tamaño molecular, este es absorbido pero no metabolizado en el intestino delgado, se excreta de dos formas, una es por orina y la otra es cuando pasa al intestino grueso y es eliminado en heces (Munro *et al.*, 1998; Perko, 2006). No es fermentado como otros polioles, y es debido a esto que su aporte calórico es tan bajo y además, no produce incrementos en los niveles de glucosa en sangre.

Propiedades físicas y químicas. El eritritol es muy estable, no se descompone en medios ácidos o alcalinos. Y tampoco es susceptible al pardeamiento debido a la reacción de Maillard porque no contiene un grupo final reductor. No se puede hidrolizar, y es estable a temperaturas de horneado como 180°C; el único modo de descomposición para el eritritol es la fúngica con actividades de agua apropiadas (Perko, 2006).

Este no es tan soluble como la sacarosa a temperatura ambiente, pero se asimila mucho a temperaturas elevadas, se descompone a 121°C, no desarrolla soluciones viscosas como otros polioles, debido a su tamaño molecular pequeño.

Produce efecto laxante a proporciones mayores de 1.5g /kg de peso del individuo (Munro *et al.*, 1998), al disolverse en la boca tiene un calor de disolución muy negativo, lo cual se refleja en un estado refrescante al consumirlo.

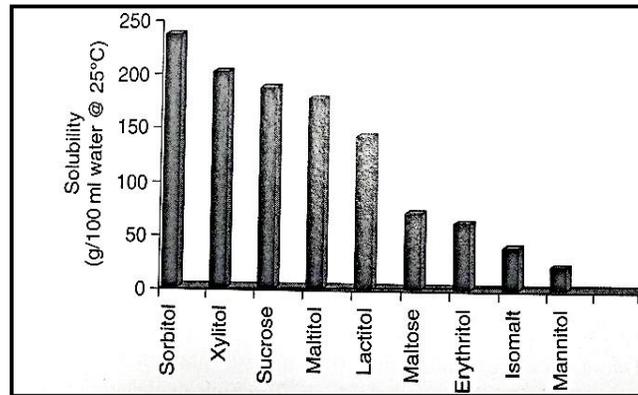


Figura 15. Solubilidad diferentes edulcorantes comparado con Sacarosa.
Fuente: Perko, (2006).

Aplicaciones. Caramelos, recubrimientos, chocolates, fondant, productos de panadería, yogures, bebidas bajas en calorías, golosinas, bebidas gaseosas, gomas de mascar, yogures, rellenos, coberturas para galletas, gelatinas, dulces y sustitutos del azúcar.

Seguridad alimentaria. La seguridad del eritritol como ingrediente de comidas en las condiciones esperadas de uso está respaldada por diversos estudios en humanos y animales, que incluyen estudios de alimentación a corto y largo plazo, reproducción a lo largo de varias generaciones y teratología. El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA, por sus siglas en inglés) evaluó la seguridad del eritritol y determinó una ADI “no especificada”, la categoría de seguridad más alta posible (Calorie Control Council, 1996). Se han enviado peticiones a agencias gubernamentales de otros países del mundo para extender el uso del eritritol. Su uso en comidas ya se ha aprobado en más de 50 países, que incluyen Canadá, EE. UU., Brasil, México, Australia y la Unión Europea.

2.6.1.3. Maltitol

El maltitol es un miembro de una familia de edulcorantes de carga conocidos como polioles o alcoholes de azúcar, es un edulcorante que posee un sabor dulce agradable y notablemente similar al de la sacarosa, un dulzor aproximado del 90% en comparación con esta, es de color blanco, no higroscópico, provee de volumen textura y estabilidad microbiológica casi

idéntico a la sacarosa, no es cariogénico. De hecho este poliol posee una igualdad en propiedades casi exacta con la sacarosa (Kearley, 2006).

Al igual que otros polioles, no se carameliza como los azúcares. Presenta un efecto refrescante en la boca casi nulo en comparación con la mayoría de los demás polioles. Ha sido usado en los alimentos por más de 20 años, en la elaboración de alimentos libres de azúcar, sustituyendo a la misma y a la glucosa, y aunque el maltitol se utiliza a menudo para reemplazar a los azúcares en la fabricación de alimentos sin azúcar, también puede usarse para reemplazar a la grasa, pues otorga a las comidas una textura cremosa (Calorie Control Council, 1996).

Producción. Este poliol, se produce mediante la hidrogenación de la maltosa, que se obtiene del almidón, donde con reacciones en el grupo cetona y aldehído son transformados por un grupo alcohol estable; el material de producción es almidón de cualquier fuente, maíz, arroz, tapioca, etc. (Kearley, 2006).



Figura 16. Cambio químico a nivel estructural, para la formación de maltitol a partir de la hidrogenación de maltosa.

Fuente: Elaboración propia con imágenes de Kearley, (2006).

Aporte energético. La absorción del maltitol por parte del organismo es lenta, lo cual permite que una parte del maltitol que se ingiere llegue al intestino grueso, donde el metabolismo aporta menos calorías. Por lo tanto, el maltitol aporta apenas 2,1 calorías por gramo, a diferencia del azúcar que aporta 4. La Administración de Fármacos y Alimentos (FDA, por sus siglas en inglés) de los E.U.A. ha declarado que no se opone al uso de este valor calórico para el maltitol a los fines del etiquetado nutricional de los alimentos. En la Unión Europea ha emitido una Directiva de Etiquetado Nutricional que asigna a todos los polioles, incluido el maltitol, un valor calórico de 2,4 calorías por gramo (Calorie Control Council, 1996).

Propiedades físicas y químicas. No tiene afectaciones de pardeamiento Maillard, y el efecto refrescante que otorga el uso de maltitol es el más cercano al de la sacarosa con -5.5 cal/g en comparación de los -4.3 cal/g por parte de la sacarosa, se puede confirmar que el maltitol es un producto elegible para el óptimo reemplazo de sacarosa en alimentos.

Tiene un peso molecular cercano al de sacarosa (344 vs 342), el peso molecular puede jugar un papel importante en la textura y funcionabilidad de producto terminado.

Es soluble en agua a temperatura ambiente casi al mismo grado que la sacarosa, por lo que tiene el comportamiento parecido también, en cuanto a viscosidad y densidad, etc., y al contrario de otros polioles como el eritritol, no forma cristales rápidamente (Perko, 2006).

Aplicaciones. Tiene aplicaciones en caramelos, en barras de chocolate libres de azúcar comúnmente llamado “Sin azúcar adicionada”, helados, golosinas duras, gomas de mascar, chocolates, productos horneados como galletas y productos de panificación, e incluso para cristalizados, los cuales van a tener cierta ventaja por la gran solubilidad que presenta este en contra de otros (Kearley, 2006).



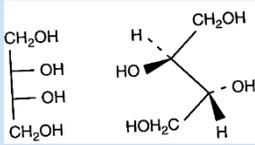
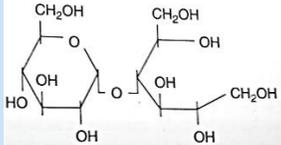
Figura 17. Aplicaciones de maltitol en confitería
Fuente: Maltitol syrups (2018)

Seguridad. La seguridad del maltitol como ingrediente para alimentos está respaldada por diversos estudios realizados tanto en humanos como en animales. El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) evaluó la información sobre la seguridad del maltitol y concluyó que es seguro.

En los EE. UU., se ha enviado a la FDA una petición de confirmación del maltitol como Reconocido Generalmente como Seguro (Generally Recognized as Safe, GRAS), la cual ha sido admitida. La petición describe el uso del maltitol como agente saborizante, aditivo de formulación, humectante, edulcorante nutritivo, aditivo de procesamiento, secuestrante, estabilizador y espesante, agente de acabado para la superficie y texturizador. En particular, la petición considera el uso del maltitol en una proporción de hasta 99,5 % en golosinas duras y pastillas para la tos, 55 % en dulces y mermeladas no estandarizados.

Como ocurre con otros polioles, el maltitol puede tener un efecto laxante si se consume en niveles muy elevados. En la petición de GRAS se recomienda una declaración informativa, similar a la que se requiere con otros polioles, ante el posible consumo de más de 100 gramos de maltitol por día. Los proveedores de maltitol a nivel mundial son Cargill, Roquette, Ingredion y Towa Chemical Industry Co., Ltd.

Tabla 10. Descripción general de eritritol y maltitol

	Eritritol	Maltitol
Estructura y apariencia		
Aporte calórico	No calórico, ó 0.2 Kcal/g	2.4 Kcal/g
Origen	Natural y orgánico, Fermentación	Hidrogenación de maltosa
Tolerancia digestiva	Tolerancia digestiva hasta 1.48g/ kg de peso	1g/kg de peso
Dulzor, Sacarosa = 1	0.7	0.85
Efecto refrescante	Calor negativo de solución muy alto (-145.9 Kcal/g)	Calor negativo de solución muy bajo (-5.5 Kcal/g)
Viscosidad	Soluciones de baja viscosidad	Parecido a la sacarosa
Solubilidad 25°C	66g /100ml	Muy similar a Sacarosa
Beneficios a la salud	No cariogénico, como antioxidante, no incrementa niveles de glucosa	No cariogénico, no incrementa en gran medida niveles de glucosa
Aplicaciones	Confitería, Fondant, chocolates, panadería, repostería.	Chocolates, panadería, repostería, congelados, para productos horneados.

Fuente: Elaboración propia con datos de Perko, 2006 y Kearsley 2006.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Desarrollar carambola cristalizada, empleando maltitol y eritritol como edulcorantes de bajo aporte calórico, que permita alargar la vida útil y conservar los nutrientes del fruto, generando una buena aceptación entre los consumidores, para proporcionar una alternativa de consumo del producto en México.

3.2. Objetivos Particulares

➤ Objetivo Particular 1.

Determinar el efecto que hay sobre la actividad enzimática de polifenol oxidasa y firmeza en la carambola, el espesor de rebanada (1 y 2 cm), tipo de antioxidante (ácido ascórbico, ácido cítrico y 1:1 ácido cítrico-ácido ascórbico) y la concentración (0.5 y 1%), para seleccionar la mejor condición de pretratamiento en la elaboración del producto.

➤ Objetivo Particular 2.

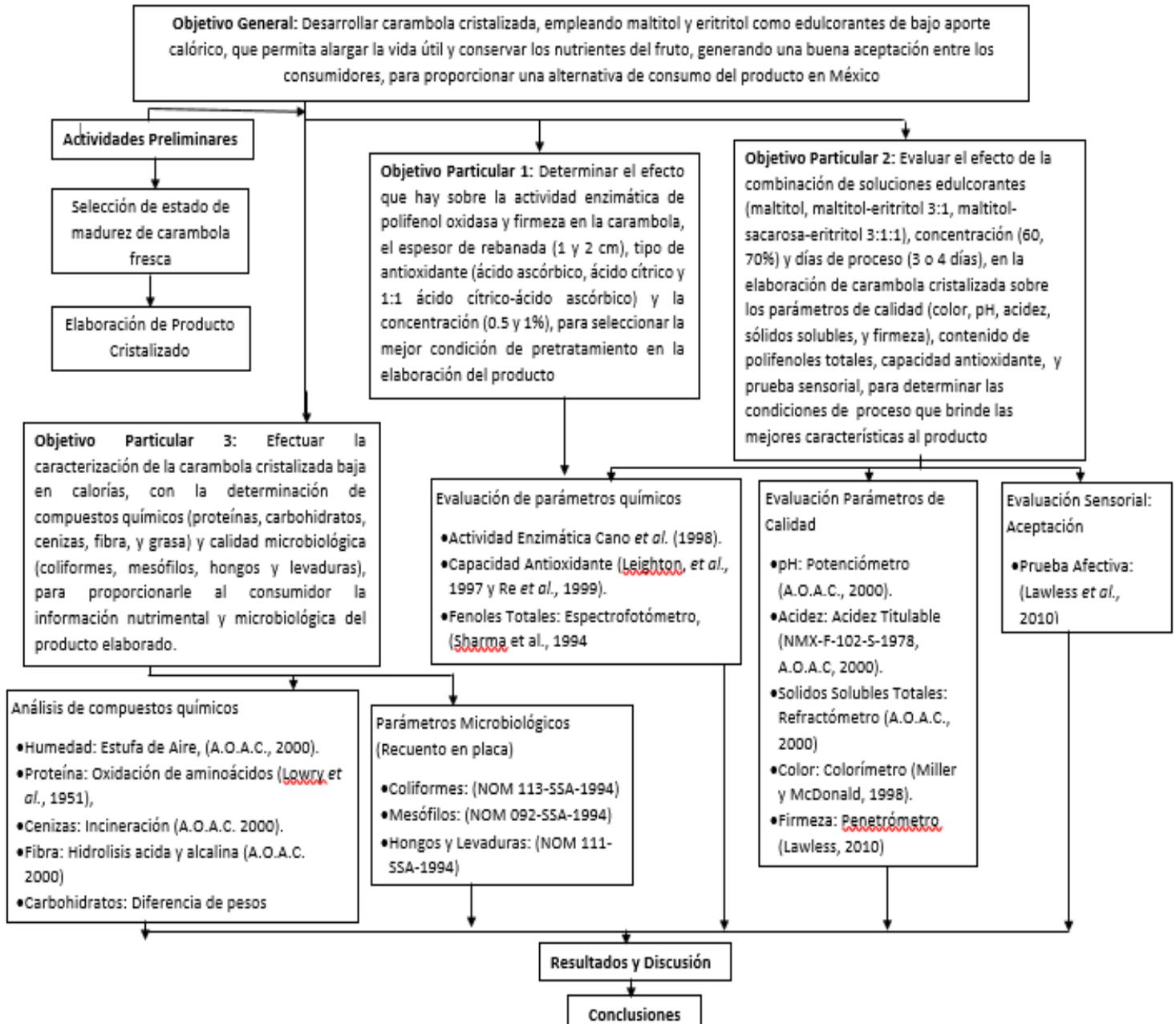
Evaluar el efecto de la combinación de soluciones edulcorantes (maltitol, maltitol-eritritol 3:1, maltitol-sacarosa-eritritol 3:1:1), concentración (60, 70%) y días de proceso (3 o 4 días), en la elaboración de carambola cristalizada sobre los parámetros de calidad (color, pH, acidez, sólidos solubles, y firmeza), contenido de polifenoles totales, capacidad antioxidante, y prueba sensorial, para determinar las condiciones de proceso que brinde las mejores características al producto.

➤ Objetivo Particular 3.

Efectuar la caracterización de la carambola cristalizada baja en calorías, con la determinación de compuestos químicos (proteínas, carbohidratos, cenizas, fibra, y grasa) y calidad microbiológica (coliformes, mesófilos, hongos y levaduras), para proporcionarle al consumidor la información nutrimental y microbiológica del producto elaborado.

4. METODOLOGÍA

4.1. Cuadro metodológico



4.2. Material biológico

Las carambolas (*Avherroa carambola*) empleadas fueron adquiridas en la Central de Abasto de la Ciudad de México, proveniente del estado de Morelos, fue trasladada al Laboratorio de Postcosecha de productos vegetales de la UNAM, y se almaceno a 10°C (para evitar daños por frío) hasta su procesamiento, por otro lado, los edulcorantes Maltitol y Eritritol empleados, fueron adquiridos en una empresa productora de aditivos (Ingredion México S.A. de C. V.).



Figura 18. Materia prima utilizada para elaborar Carambola cristalizada.

4.3. Proceso de elaboración de carambola cristalizada

La carambola se sometió a las operaciones de selección, lavado, corte, adición de antioxidante, cristalización, envasado y almacenamiento, ilustrado en la Figura 20. La operación “cristalización” al ser la operación de mayor dificultad, a continuación se describe de manera detallada:

Una vez lavada y rebanada la fruta, la cristalización de la carambola consistirá en sumergir las rebanadas de carambola en una solución inicial de edulcorante (30 o 40%), cuando esté en punto de ebullición, esta solución se realizará agregando la cantidad de edulcorante (en relación m/v) al agua y agitándolo hasta su completa disolución. La inmersión se lleva a cabo por un tiempo de 10 minutos a partir del inicio del hervor a fuego medio-alto, se procede a retirar del fuego y dejarlo reposar durante 1 día. Al día siguiente se retiran las carambolas de la solución, y se incrementará 10 o 15% la cantidad de sólidos iniciales, dependiendo de los días establecidos, y se repetirá el procedimiento mencionado arriba, hasta lograr la concentración final (60 o 70%), posteriormente las carambolas se retiran de la solución y se

enjuagan con chorro de agua a 60°C, para eliminar el jarabe de la superficie, finalmente se pondrán a secar durante 1 día a temperatura ambiente y se guardarán en charolas de PET.



Figura 19. Carambola inmersa en solución de edulcorante.

4.3.1. Selección del antioxidante y espesor de rebanada.

La carambola se rebanó en rodajas de 1 y 2cm, para luego ser sometidos a diferentes tratamientos antioxidantes bajo las siguientes condiciones: ácido ascórbico, ácido cítrico y ácido cítrico-ácido ascórbico 1:1, variando la concentración (0.5 y 1%). Además se mantuvieron rebanadas sin aplicar tratamiento antioxidante alguno, como control. Estas rebanadas fueron envasadas en charolas de Polietileno tereftalato (PET) y se evaluaron distintos parámetros de calidad, y la actividad enzimática de PPO (Polifenol Oxidasa) al día siguiente, y a partir de los resultados se seleccionó el mejor antioxidante, concentración y espesor de rebanada para la siguiente etapa experimental.

4.3.2. Selección del edulcorante y días de proceso.

Las rebanadas de carambola fueron tratadas con el antioxidante seleccionado en la etapa 4.2.1., posteriormente se cristalizaron las carambolas siguiendo la metodología descrita en el punto 4.2., utilizando diferentes edulcorantes, concentración y días de proceso, que son los siguientes: Maltitol, Maltitol-Eritritol 3:1, Maltitol-Sacarosa-Eritritol 3:1:1 y concentración (60, 70%) variando los días de proceso (3 o 4 días). Finalmente se pusieron a secar a temperatura ambiente por 1 día. Las rebanadas cristalizadas fueron almacenadas a temperatura ambiente sobre charolas de PET, y se realizó una evaluación de la calidad de

acuerdo a las técnicas descritas en el punto 4.2.4. Las determinaciones se realizaron por triplicado, para un total de 36 repeticiones..

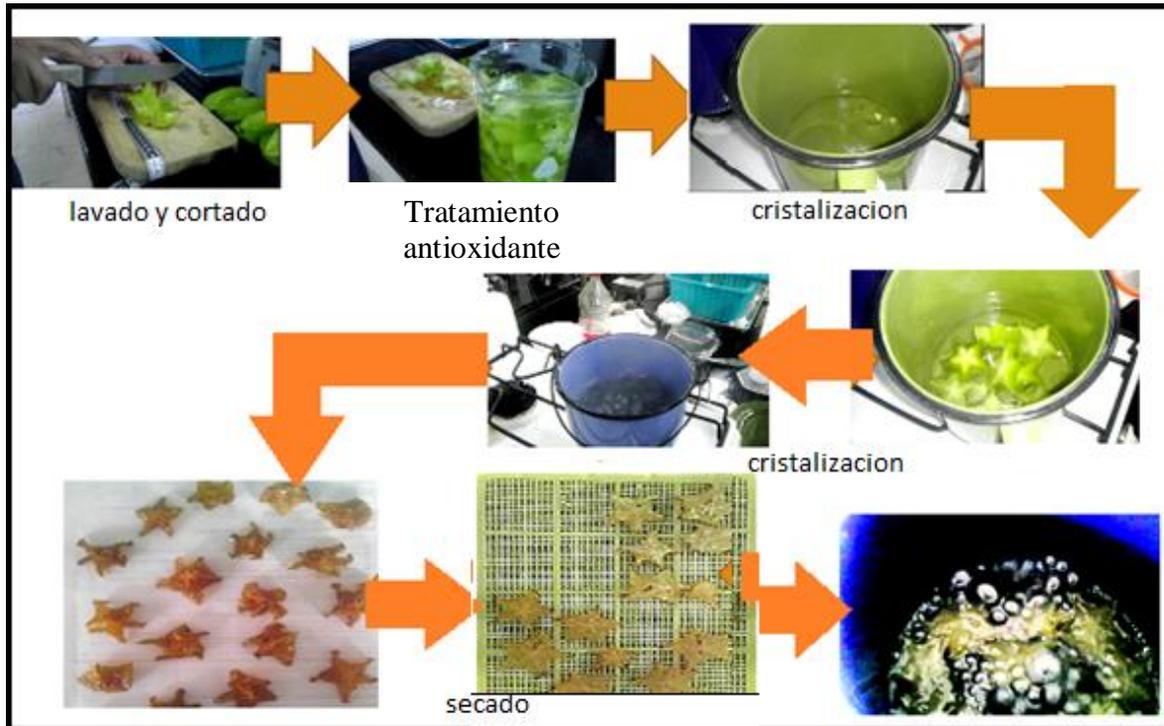


Figura 20. Ilustración el proceso general de la elaboración de carambola cristalizada.

4.3.3. Caracterización de la carambola cristalizada

Después de seleccionar las condiciones de proceso de elaboración de carambola cristalizada, se evaluó la composición química de la carambola cristalizada, mediante la determinación del contenido de proteína, humedad, cenizas, carbohidratos y fibra siguiendo la metodología del punto 4.2.4.2. Así como la calidad microbiológica evaluando la presencia de coliformes totales, mesófilos hongos y levaduras, todo esto realizado por la metodología descrita en el punto 4.2.4.3.

4.3.4. Técnicas analíticas

4.3.4.1. Parámetros de calidad

→ Sólidos Solubles totales

El contenido de sólidos solubles totales, se determinó utilizando un refractómetro digital marca Atago, a 25°C, previamente calibrado a temperatura ambiente con agua destilada que

se coloca sobre la superficie y el prisma, para ajustar la lectura en 0, para realizar las mediciones se colocan de dos a tres gotas del material a medir sobre el prisma y en seguida oprimir el botón de medición. Los resultados se expresaron como °Brix (A.O.A.C., 2000)



Figura 21. Determinación de sólidos solubles totales.

→ Firmeza

La firmeza o textura se realizó con un penetrómetro manual (Figura 22), previamente calibrado a cero con una superficie plana de metal. Se utilizó una geometría en forma de cilindro de 8 mm de diámetro. La medición se realizó deslizando la polea hacia abajo ejerciendo fuerza hasta que la fruta, ya sea en estado fresco o cristalizada sea penetrada por la geometría. Los resultados se obtuvieron como fuerza (N) necesaria para penetrar la fruta (Lawless, 2010).



Figura 22. Penetrómetro utilizado en la determinación de firmeza.

→ Color

Para la determinación de color, fue utilizado un colorímetro Minolta (Figura 23) con el cual se obtuvieron los valores de L (luminosidad), a y b. Con las coordenadas a y b se calculó la

tonalidad del ángulo Hue (matiz del color) y croma (intensidad o saturación de color) con las fórmulas siguientes Hue= $\arctan(b/a)$ Croma= $(a^2+b^2)^{1/2}$. (Miller y McDonald, 1998).



Figura 23. Colorímetro Minolta utilizado en la determinación de color.

→ Acidez

La acidez se midió de acuerdo al método acidez titulable con hidróxido de sodio, (NaOH 0.1N) para neutralizar los extractos de frutas, colocando como indicador a la fenolftaleína al 1% que observa un viraje al pH de 8.3 (figura 24). Se registró el volumen gastado para neutralizar el ácido y se utilizó la siguiente ecuación: $\%acidez = \frac{N*V*Eq}{W*1000}$ Donde: N es la normalidad del NaOH, V es el volumen gastado, Eq es el peso equivalente de ácido cítrico y W es el peso de la muestra. Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido cítrico en 100g de muestra (NMX-F-102-S-1978, A.O.A.C, 2000).



Figura 24. Determinación de acidez por titulación.

→ pH

El pH o potencial de hidrógeno se midió utilizando un potenciómetro manual, el cual se sumergió directamente en la carambola filtrada (Figura 25). Estos instrumentos miden una diferencial de potencial que se establece entre dos electrodos y que depende de la

concentración de hidrogeniones que se analiza. Esta diferencia es indicada como pH en una pantalla que posee el instrumento, y que va de una escala de 1 a 14 (A.O.A.C., 2000).



Figura 25. Determinación de pH a una muestra de carambola.

→ Evaluación Sensorial

La evaluación sensorial se llevó a cabo con un panel de 15 jueces no entrenados. Se evaluó la preferencia y aceptación de cada variación de formulación y proceso, se realizó mediante una prueba afectiva donde los jueces expresaron su reacción ante el producto, indicando que tanto les gustaba o disgustaba cada uno de los parámetros evaluados y cuál era su muestra preferida, así como si fueron detectados olores o sabores extraños (Lawless *et al.*, 2010) . Al ser 12 muestras la evaluación sensorial, para evitar una saturación de muestras y con ello una mala evaluación por parte de los jueces, esta se realizó durante 3 días, evaluando 4 muestras por día. El formato utilizado es el presentado en la figura 26.

Nombre: _____		Edad: _____		Fecha: _____	
Carambola Cristalizada Baja en Calorías					
Instrucciones: Frente a usted se presentan doce muestras de carambolas cristalizadas, por favor pruebe cada una de ellas, y evalúe con la escala proporcionada debajo, cuando finalice, haga un círculo a la letra de la muestra que prefiere. Usted debe escoger una muestra, aunque no esté seguro.					
	A	B	C	D	
Apariencia General					
Color					
Olor					
Olores Extraños					
Firmeza					
Sabor					
Sabores Extraños					
Calificación General					
*Notas: En caso de detectar Olores y Sabores extraños, describir en las líneas de abajo como son. • Por favor anota cualquier otro comentario que tengas.				Escala	
				1 = Me gusta mucho	
				2 = Me gusta moderadamente.	
				3 = Ni me gusta, ni me disgusta.	
				4 = Me disgusta moderadamente	
				5 = Me disgusta mucho.	

Figura 26. Formato de prueba sensorial

4.3.4.2. Parámetros químicos

→ Fenoles totales

Los fenoles totales fueron cuantificados usando el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, en el cual se utiliza ácido gálico como estándar. El método se basa en la capacidad de los fenoles para reaccionar con agentes oxidantes. El reactivo de Folin-Ciocalteu contiene molibdato y tungstato sódico que reaccionan con cualquier tipo de fenol, formando complejos fosfomolibdico-fosfotungstico. La transferencia de electrones a pH básico reduce los complejos en óxidos, cromógenos de color azul intenso, siendo proporcional este color al número de grupos hidroxilo de la molécula (Sharma et al., 1994).

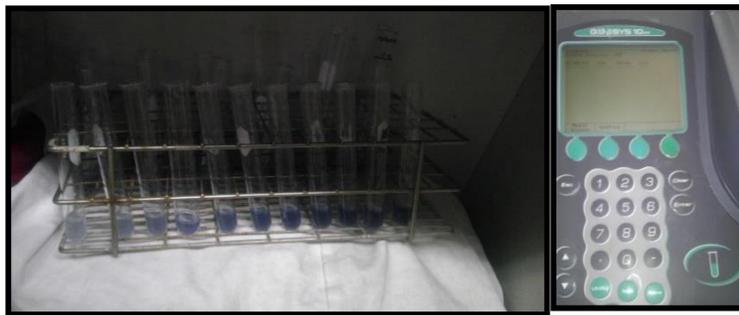


Figura 27. Determinación de fenoles totales, (A) Curva patrón de ácido gálico, (B) espectrofotómetro marca Thermospectronic.

Los extractos utilizados tanto en la determinación de fenoles totales como en capacidad antioxidante, fueron obtenidos usando 1 mL de una solución de metanol al 80% v/v con una muestra de 250 mg de fruta fresca, previamente macerada en un mortero y agitada por un minuto, se procedió a centrifugar por 15 minutos a 10 000 rpm y se extrajo el sobrenadante, se agregó 1 mL más de metanol 80% v/v y se repitió una vez más el procedimiento para obtener un volumen final de 2 mL.

Para la realización de la disolución patrón, se preparó ácido gálico a 0.1 g/L, para ser utilizada como curva patrón y se leyó su absorbancia a 760 nm. Para la determinación de las muestras, la absorbancia fue interpolada en la curva estándar y los resultados se expresaron como equivalentes de ácido gálico (mg GAE/100 g de jugo) (Sharma et al., 1994).

→ **Capacidad Antioxidante**

La capacidad antioxidante se realizó por el método ABTS, siguiendo la metodología de (Leighton, *et al.*, 1997 y Re *et al.*, 1999), que se fundamenta en la decoloración del reactivo 2,2-azino.bis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico (ABTS), como resultado de la transferencia de un átomo de hidrogeno de un compuesto antioxidante, que en este caso es el antioxidante sintético Trolox, y se procede a la lectura de las absorbancias a 734nm y los resultados fueron expresados como μM equivalentes al Trolox. Para la medición de las muestras se realizó con el extracto del fruto, el cual fue obtenido como se mencionó en la cuantificación de fenoles totales (figura 28).

El radical coloreado ABTS se obtuvo mediante la mezcla de 2mL de ABTS concentrado a 200 mL de buffer PBS 0.01M (pH 7.4), y posteriormente se midió la absorbancia del ABTS diluido en buffer PBS a 734 nm (0.7000 ± 0.02).

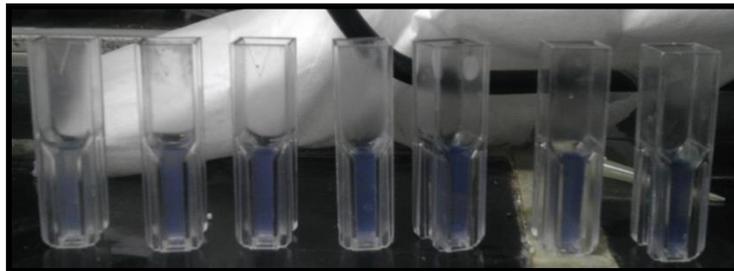


Figura 28. Curva patrón de la solución del antioxidante sintético Trolox.

→ **Actividad Enzimática**

Preparación del extracto crudo.

El extracto crudo fue preparado a una temperatura de 4°C, de acuerdo al método descrito por Cano *et al.* (1998), con algunas modificaciones. Se tomaron 250mg de fruto, la muestra homogenizada en micro tubos, se les adicionó buffer fosfato frío 0.2 M y pH 7, después fueron colocados en la micro centrífuga, extrayendo el sobrenadante y descartando el precipitado, obteniendo de esta forma el extracto utilizado en la determinación de actividad enzimática de PPO y el contenido de proteína de las muestras. La formación de compuestos coloreados que ocurre durante la reacción con el hidrogeno y el sustrato donador, y su posterior medición en el espectrofotómetro a cierta longitud de onda.

La actividad enzimática de la polifenol oxidasa (PPO) se determinó de acuerdo al método descrito por Cano *et al.* (1998) modificado, utilizando como sustrato para las determinaciones dopamina hidroclicorada. Se hizo una disolución con buffer fosfato 10mM (pH 7.5) y 0.07 M de dopamina hidroclicorada (marca Sigma). Se colocó la celda en el espectrofotómetro y se leyeron cambios de absorbancia a una longitud de onda de 420nm.

La actividad de PPO se calculó con base en la pendiente de la proporción lineal de la curva a 420 nm en función del tiempo. La actividad de PPO se expresó como ($\Delta 420\text{min} \cdot 1\text{mg}$ de proteína⁻¹), tomando en cuenta el contenido de proteína presente en la muestra previamente determinado (figura 29).



Figura 29. Espectrofotómetro marca Thermo Spectronic

→ Humedad

El contenido de humedad se determinó por el método 934.06 de A.O.A.C. de secado en estufa de aire, en el cual el agua es eliminada del alimento por el efecto del calor aplicado a la muestra (A.O.A.C., 2000; Pearson 1998). El resultado se expresó como g de humedad / 100g de muestra

→ **Proteína**

Para la determinación de la actividad enzimática la cantidad de proteína fue determinada por el método de Lowry *et al.* (1951), donde las proteínas reaccionan con cobre en solución alcalina (pH 10.0 – 10.5) y mediante reducción del reactivo de Folin-Ciocalteau, a heteropolibdeno azul debido a la oxidación de aminoácidos aromáticos; reacción catalizada por cobre. Los valores de concentración de proteína se determinaron por interpolación gráfica en una curva patrón de albúmina sérica bovina 0.1% obtenida a una longitud de onda a 720nm ver figura 30. Los resultados se expresaron en mg de proteína/ ml de extracto.

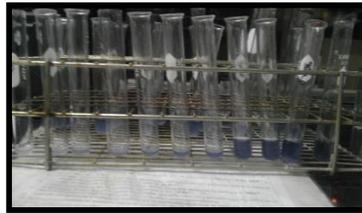


Figura 30. Curva patrón de albúmina sérica bovina para proteína.

Para el caso de la caracterización de carambola se siguió la metodología de (A.O.A.C., método 920.152) que es el método de Microkjeldhal, basado en la destrucción de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado en un digestor como el de la figura 31, formándose sulfato de amonio que con la presencia y reacción con hidróxido de sodio se libera amoníaco, este se procedió a destilarlo y se recibió en una solución de ácido bórico formándose el compuesto borato de amonio, el cual finalmente se valora con una titulación con ácido clorhídrico 0.1N, Posteriormente se calculó la cantidad de nitrógeno y con un factor de conversión se determinó el porcentaje de proteína presente en el alimento



Figura 31. Digestor utilizado en el método de Microkjeldahl

→ Cenizas

Para la determinación de cenizas totales se utilizó el método 940.26 de A.O.A.C. el cual se fundamenta en la obtención del residuo inorgánico resultante después de la incineración de la materia orgánica y posteriormente a 550°C en mufla. Se utilizó una mufla marca (Barnstead Thermolyne modelo Furnace 1300), (figura 32). Los resultados se expresaron en g de ceniza/ 100g de muestra. (A.O.A.C. 2000)



Figura 32. Mufla marca Barnstead Thermolyne.

→ Fibra

El contenido de fibra cruda se determinó de acuerdo al método 962.09 de A.O.A.C. que está basado en la determinación de fibra cruda con una muestra desengrasada, mediante hidrolisis ácida y alcalina (figura 33). El contenido de fibra se tomó a partir del residuo filtrado de estos hidrolisis menos el contenido de cenizas presentes en la muestra, expresándose los resultados en g de fibra / 100g de muestra (A.O.A.C. 2000)



Figura 33. Filtración de muestras en la determinación de fibra

4.3.4.3. Análisis microbiológico

Se realizó un análisis microbiológico utilizando el método de siembra en placa usando diluciones de 10^{-1} , 10^{-2} , y 10^{-3} . Los mesófilos aerobios se realizaron en agar nutritivo incubando a 32°C por 2 días (48hrs), para bacterias coliformes se usó el medio de agar Mc-Conkey incubando a 35°C por 24 h, en el caso de mohos y levaduras se utilizó el medio agar-papa-dextrosa (PDA) incubando a 25°C por 5 días. Los procedimientos utilizados fueron los descritos en las normas (NOM-092-SSA1-1994, NOM-111-SSA1-1994, y NOM -113-SSA1-1994), los resultados se expresaron como unidades formadoras de colonias por gramo de muestra (UFC/g).

4.3.4.4. Análisis Estadístico

En el caso del objetivo uno, se aplicó un diseño multifactorial y en el caso del objetivo 2 se aplicó un diseño factorial. Todos los resultados se realizaron por triplicado. Los datos obtenidos se analizaron con un paquete estadístico IBM SPSS Statistics versión 20, donde se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias mediante pruebas de rango múltiple (Tukey y Duncan) aplicando un nivel de significancia de $p \leq 0.05$, para determinar si existe diferencia significativa entre los tratamientos del estudio.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Parámetros químicos y de calidad en carambola con distintos tratamientos antioxidantes.

5.1.1. Firmeza de carambola en estado fresco

La firmeza de un fruto es decisiva en la selección y aceptación de los mismos, dado que se toma como un indicador de la calidad de los alimentos (Lawless *et al.*, 2010).

En el caso específico de la carambola y su posterior procesamiento, se requiere que el producto tenga una buena firmeza, ya que las condiciones de procesamiento son muy agresivas y esto afectara directamente en las características sensoriales del producto final.

Los resultados presentados en la figura 34 nos muestran la firmeza del producto, se encuentra en un intervalo de 15.47N, 17.13N teniendo una diferencia del 11% entre el valor más alto y el más bajo sin presentar diferencia significativa ($p \geq 0.05$), los frutos tratados con ácido ascórbico al 1% y con 1 cm de espesor de la carambola presentaron el mejor resultado con 17.13N, mientras que el valor más bajo lo presentaron los frutos con AC+AS 1% y 1cm de espesor de la carambola con un valor de 15.47, concordando con los resultados obtenidos por Dávila *et al.*, (2016) donde encontraron que rebanadas de plátano tratadas con esta mezcla de antioxidantes, propicia una ligera disminución en la firmeza de los productos finales.

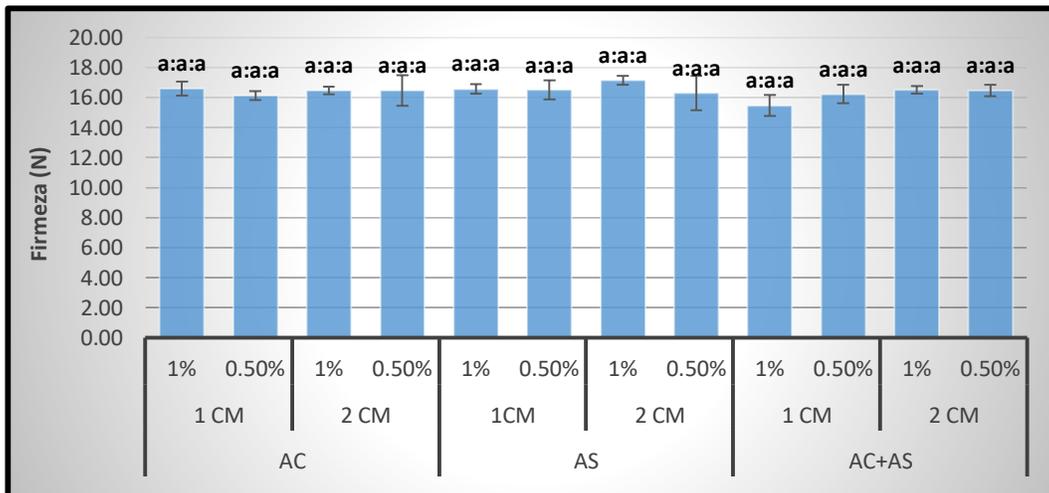


Figura 34. Determinación de firmeza, con diferentes tratamientos antioxidantes para carambola en estado fresco, donde: (AC= Ácido Cítrico, AS= Ácido Ascórbico, AC+AS= Ácido Cítrico-Ácido Ascórbico 1:1; 0.50% y 1%= [%] solución antioxidante; 1 CM y 2CM= espesor de rebanada. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$), la primera letra está en función al tipo de antioxidante, la segunda al espesor, y la tercera a la concentración.

Los valores más altos de firmeza fueron para las tratadas con Ácido Ascórbico ya sea para 0.50 o 1%, Khurnpoon, y Promtab (2014) mencionan en su trabajo con Chicozapote en donde este antioxidante, previene la pérdida de firmeza tanto de la piel como de la pulpa del fruto. Se atribuye que este efecto es el mismo que sucedió con las carambolas tratadas con este antioxidante, teniendo como resultado, los valores más altos que van de 16.43N a 17.13N. Las carambolas con 2 cm de espesor obtuvieron mejores resultados que las de 1 cm, y no hay diferencia significativa ($p \geq 0.05$) por el tipo de tratamiento antioxidante que se utilizó, ni por espesor, ni por concentración de antioxidante, a pesar de que gráficamente pareciera en algunos casos como en la mezcla de AC+AS que las carambolas con menor concentración tuvieron mejor firmeza, y en otros como en el de AS, pareciera una mayor firmeza, esto no es estadísticamente determinante.

La selección del espesor de la rebanada, se hizo primeramente por los resultados obtenidos en la experimentación, y después comparándolos por los obtenidos de Londoño *et al.*, (2001), donde explica que hay un efecto negativo durante el secado de carambola con espesores bajos; las carambolas con rebanadas de 2cm de espesor fueron las seleccionadas.

5.1.2. Actividad Enzimática

La polifenol oxidasa es una enzima que tiene diferentes funciones en las plantas, incrementando su actividad en respuesta al estrés, siendo su actividad particularmente alta en aquellos frutos y vegetales que contienen niveles altos de compuestos polifenólicos (Morante *et al.*, 2014).

En la figura 35 se presenta el mecanismo general de la acción de Polifenol Oxidasa sobre los compuestos fenólicos.

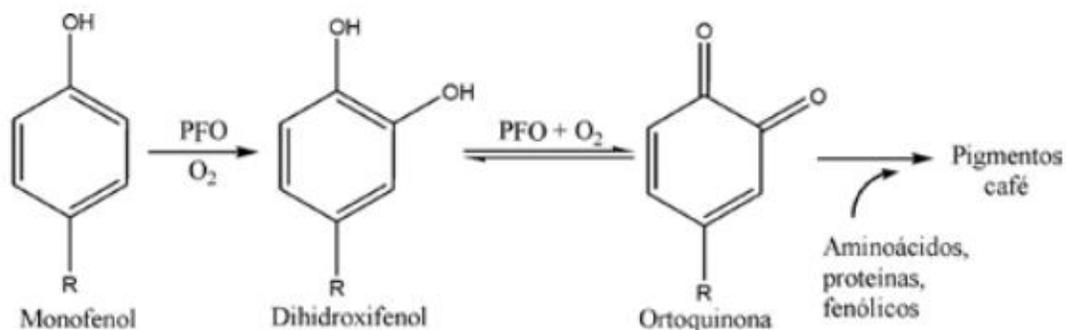


Figura 35. Mecanismo de acción de polifenol oxidasa.

Fuente: (Aging, 2001; El Premio Nobel de Medicina y las manzanas transgénicas, 2015)

En la figura 36 se muestran los resultados obtenidos con los tratamientos de antioxidantes sobre la actividad enzimática de polifenol oxidasa.

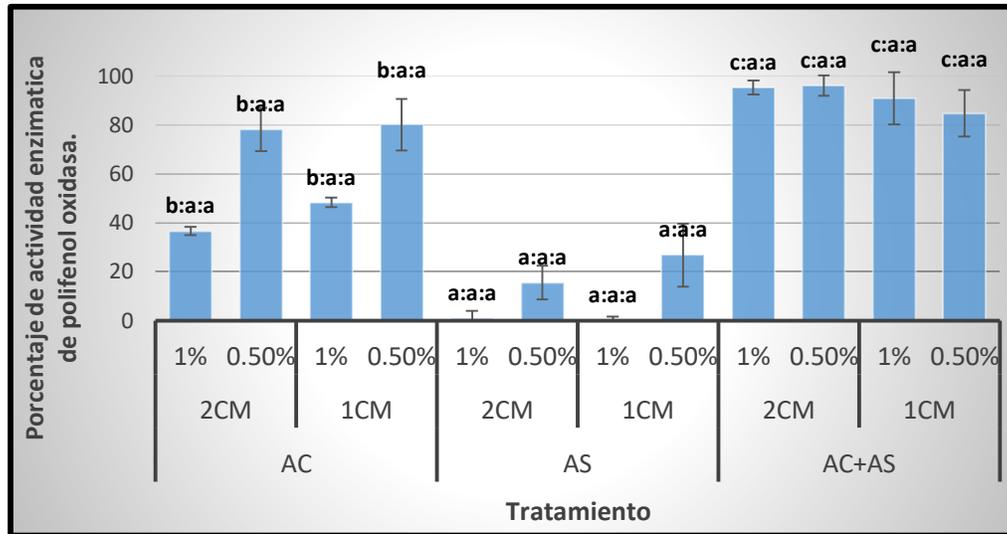


Figura 36. Porcentaje de actividad enzimática de Polifenol Oxidasa, con diferentes tratamientos antioxidantes para carambola en estado fresco Donde: (AC= Ácido Cítrico, AS= Ácido Ascórbico, AC+AS= Ácido Cítrico-Ácido Ascórbico 1:1; 0.50% y 1%= [%] solución antioxidante; 1 CM y 2CM= espesor de rebanada.

Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$), la primer letra está en función al tipo de antioxidante, la segunda al espesor, y la tercera a la concentración.

Con lo que se observa en la figura 36, el tratamiento con ácido ascórbico presentó mayor inhibición de la actividad de la enzima polifenol oxidasa, siendo de entre 0 a 20% de actividad, seguido de los frutos tratados con el ácido cítrico, mientras que a pesar de lo mencionado en la literatura (Dávila *et al*, 2016), donde menciona que la mezcla de estos compuestos crea una sinergia que proporcionaba mejores resultados que el uso por separado de cada uno de ellos, la mezcla de antioxidantes no fue tan funcional, ya que las carambolas tratadas con la mezcla presentaron actividad de la polifenoloxidasa de alrededor de 80%, lo cual indica que este tratamiento fue el menos efectivo, y tenemos que, en cuanto a tipo de antioxidante si se presenta deferencia significativa ($p \leq 0.05$) siendo las tratadas con ácido ascórbico las que mayor efectividad presentaron, inhibiendo casi en su totalidad la actividad enzimática.

Se presentó un efecto en la concentración del antioxidante, en donde coincide con lo reportado en la literatura (Dávila *et al.*, 2016), ya que a mayor concentración de antioxidante,

mayor fue la inhibición de la enzima, este fenómeno se observó en cada uno de los tratamientos

A pesar de no existir diferencia significativa entre concentraciones, en la figura 36 se puede observar una relación inversamente proporcional entre la concentración y la actividad de la enzima.

En cuanto a espesor, tenemos que las carambolas que se sumergieron en soluciones antioxidantes con ácido cítrico, o ascórbico, presentaron mejores resultados para carambolas con 2 cm de espesor, exceptuando las de la mezcla AC+AS.

El conocimiento de la actividad de la Polifenol Oxidasa en carambola, es un paso fundamental en la investigación de este proyecto, puesto que permitirá mejorar la calidad y apariencia de los frutos procesados, aumentando así su aceptabilidad evitando o disminuyendo los efectos que pudiera producir en la industria agroalimentaria.

Con los resultados obtenidos, se determina que el ácido ascórbico, actúa como el mejor inhibidor de la polifenol oxidasa, con una concentración de antioxidante al 1% y rebanadas con 2 cm de espesor, logrando así disminuir el pardeamiento enzimático durante el proceso y teniendo como resultado después del cristalizado, productos con una buena coloración y firmeza aceptable dado que, existe un cambio de concentraciones durante el proceso que pudiera afectar el espesor de la rebanada haciendo que pudieran parecer laminillas, más que rebanadas de carambola cristalizada.

5.2. Evaluación de los parámetros de calidad de carambola cristalizada obtenida bajo diferentes condiciones de proceso

5.2.1. Sólidos Solubles Totales

La cantidad de sólidos solubles es un buen estimador de la cantidad de azúcar presente en una fruta, ya que representa casi el total de la materia soluble en el producto (González, 2011). Los sólidos solubles expresados como °Brix, representan el grado de dulzor de la fruta, por presencia de azúcares (Kader, 2003)

Es importante remarcar, que para que una fruta sea considerada cristalizada, debe contener una concentración mínima de 60% de sólidos solubles (Ruiz, 1990), para la experimentación llevada a cabo, esta condición se consiguió con éxito, dado que, al momento de exponer a

temperatura ambiente las carambolas, sufren un aumento en su concentración como consecuencia de la evaporación de agua, es por esto que los sólidos solubles cumplen con la concentración mínima.

En la figura 37 se muestran los resultados obtenidos de sólidos solubles totales para la carambola cristalizada.

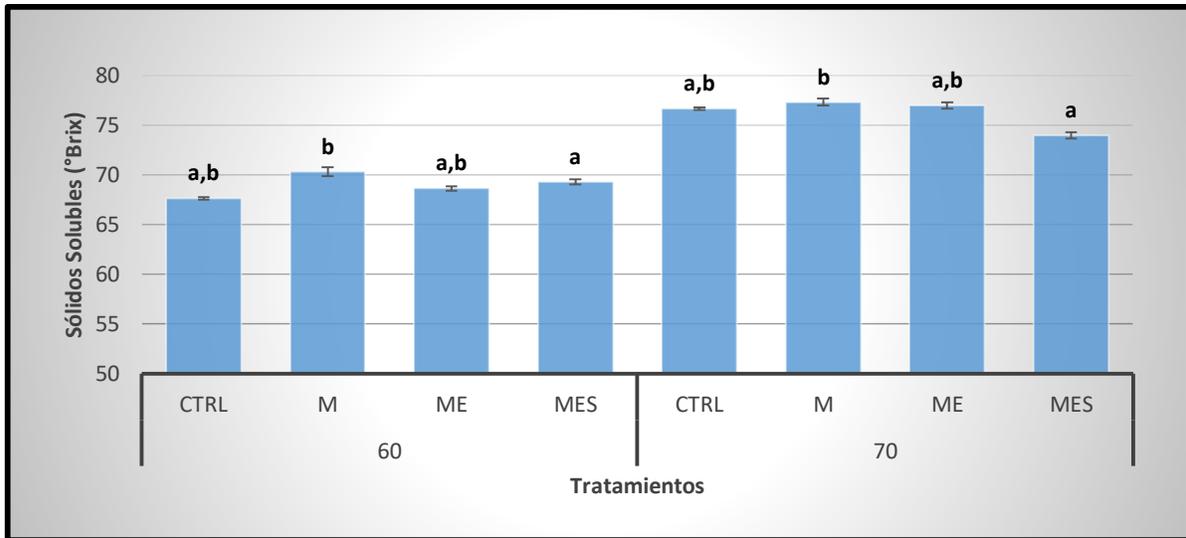


Figura 37 Efecto de la combinación de tratamientos, en tres días de proceso, sobre los Sólidos Solubles Totales (°Brix) de carambola cristalizada. Donde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución;). Las barras verticales representan \pm desviación estándar. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Las carambolas que fueron cristalizadas con tres días de proceso presentaron resultados muy homogéneos que están en un intervalo entre 60 y 77 °Brix, observándose que las carambolas cristalizadas con un 70% de solución con edulcorante presentaron mayor concentración de sólidos solubles, lo cual es muy razonable ya que este parámetro estará dado a partir de la concentración de la solución, observando diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en los sólidos solubles de los frutos cristalizados. En cuanto al tipo de edulcorante, las formulaciones que presentaron valores más bajos en este parámetros fueron para las formulaciones con Maltitol-Eritritol-Sacarosa (MES), las cuales presentaron diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con respecto a las formulaciones de Maltitol, obteniendo un valor promedio de 69.3°Brix, siendo este valor, 11% menor a los sólidos solubles obtenidos en la carambola cristalizada tanto con Maltitol como en el Control.

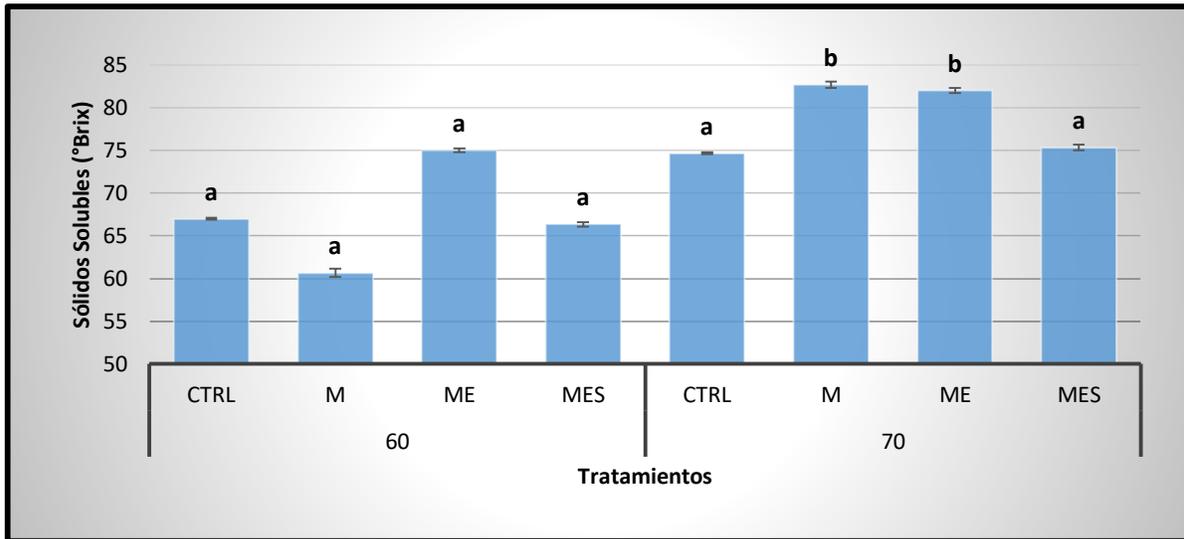


Figura 38. Efecto de la combinación de tratamientos, en cuatro días de proceso, sobre los sólidos solubles Totales (°Brix de carambola cristalizada). Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución;). Las barras verticales representan \pm desviación estándar. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Para las carambolas cristalizadas con cuatro días de proceso se observaron valores que van desde 60 a 82°Brix, presentando una variación más notable con respecto a las formulaciones con 3 días de proceso, a pesar de esta variación, no hay diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre concentraciones ni tampoco por tratamientos. Cabe destacar que las carambolas cristalizadas con la mezcla Maltitol-Eritritol-Sacarosa (MES), obtuvieron prácticamente los mismos resultados que el Control, dado que el comportamiento que tienen las soluciones son similares debido a la presencia de sacarosa, incremento de temperatura y tiempo de exposición (Pragati *et al.*, 2003), además de otros factores que no son controlables como las condiciones climáticas de los días en que se llevó a cabo el secado, afectando así directamente en los sólidos solubles los resultados de la mezcla de Maltitol-Eritritol-Sacarosa (MES) y Control tuvieron valores de sólidos solubles 10% menores a los obtenidos con edulcorantes Maltitol (M) y Maltitol-Eritritol (ME).

5.2.2. pH

El pH es un parámetro de calidad de suma importancia en los productos cristalizados, ya que se encuentra relacionado con la textura final del producto, además de ayudar a que se realice mejor el cristalizado (Quintero *et al.*, 2013). Los productos cristalizados según ITDG (2006), se deben encontrar en un intervalo de pH de 3.0 a 4.0 al final de su procesamiento, aunque está claro que dicho intervalo cambia un poco de acuerdo al tipo de fruto que se esté cristalizando y su estado de maduración.

En la figura 39 se muestran los resultados obtenidos de pH para la carambola cristalizada con las diferentes condiciones de proceso.

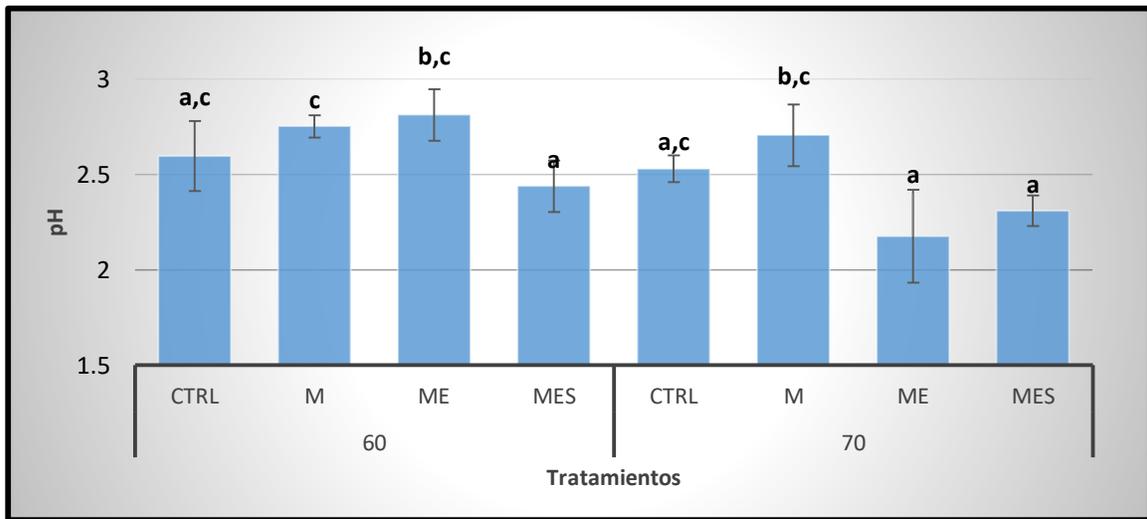


Figura 39. Efecto de la combinación de tratamientos, en tres días de proceso, sobre el pH de carambola cristalizada. Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución;). Las barras verticales representan \pm desviación estándar. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Las carambolas cristalizadas con tres días de proceso presentan un intervalo de pH de 2.0 a 2.8, observando que si hubo un efecto por la concentración de edulcorante en donde presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$), de igual manera que por el tipo de edulcorante se tiene que las carambolas cristalizadas con azúcar (Control), Maltitol (M) y Maltitol-Eritritol-Sacarosa (MES), no presentaron diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en el pH, los valores más bajos de pH fueron para las carambolas cristalizadas con la mezcla de Maltitol-Eritritol-Sacarosa (MES) tanto para concentración de 60% y las de Maltitol Eritritol (ME) para las de 70%, estas carambolas cristalizadas sí tienen diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con respecto a los

otros tratamientos, obteniendo un valor promedio de 2.18 para concentración de 60% y 2.31 para concentración de 70% siendo estos valores un promedio de 15% menor al pH obtenido por el control.

Las variaciones que hay en el pH de las carambolas cristalizadas con los diferentes edulcorantes se asocian al pH de la carambola en estado fresco, según Tello *et al.*, (2002), el pH oscila entre 2.1 a 2.4, al utilizar edulcorantes químicamente neutros (Perko, 2006), durante la elaboración de carambola cristalizada, no hay un cambio de pH por parte de los mismos, y se sugiere que por esta razón se obtuvieron dichos valores de pH después de la cristalización y que más bien son muy similares a los de carambola en estado fresco.

A pesar de que las carambolas cristalizadas con los diferentes edulcorantes no se encuentran dentro del intervalo establecido por ITDG (2006), para este tipo de productos, se consideran los resultados como aceptables, ya que no hubo efecto en otros parámetros como resultado de esto.

En la figura 40 se presentan los resultados de pH para las carambolas cristalizadas con 4 días de proceso.

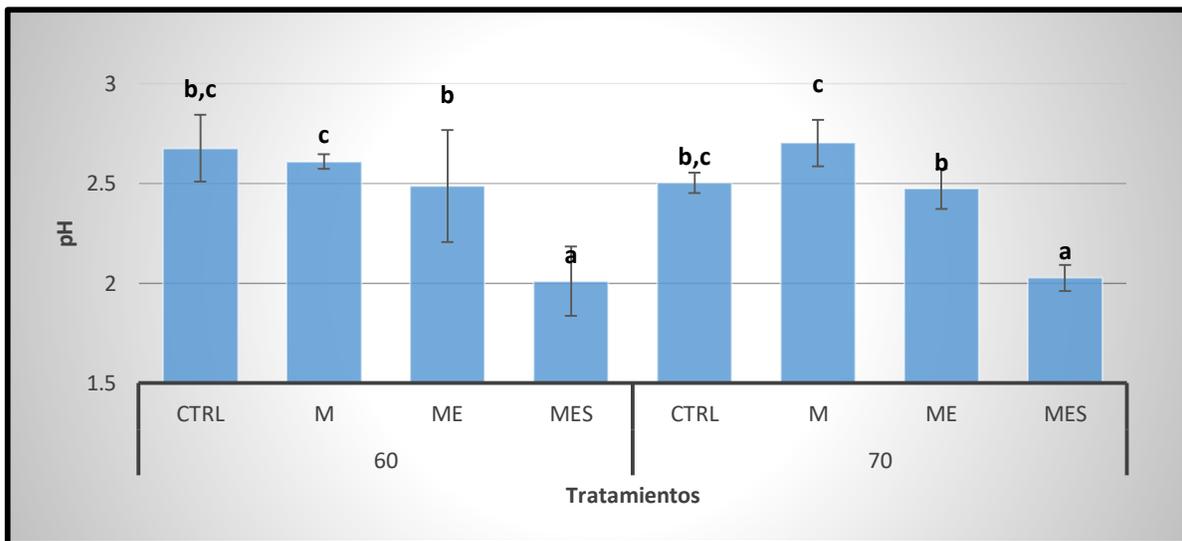


Figura 40. Efecto de la combinación de tratamientos, en cuatro días de proceso, sobre el pH de carambola cristalizada. Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las barras verticales representan \pm desviación estándar. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Las carambolas cristalizadas con cuatro días de proceso presentan un intervalo de pH de 1.9 a 2.7, se observó que por concentración de edulcorante si presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en cuanto al pH, las carambolas cristalizadas con azúcar (Control), Maltitol (M) y Maltitol-Eritritol (ME), no presentaron diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en el pH, se observó que el pH de las carambolas cristalizadas con la mezcla Maltitol-Eritritol-Sacarosa (MES) presentan valores entre 1.9 y 2.1 que son 20% menores a los obtenidos por el control, estas carambolas cristalizadas sí tienen diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con respecto a los otros tratamientos.

Al comparar las muestras control con las de Maltitol (M) se puede observar que el pH es muy similar con valores que oscilan entre 2.4 y 2.7 y no presentan diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre estos dos tratamientos.

Salazar y Guevara, (2002) establecen que para carambola sometida a un incremento de concentración como la deshidratación osmótica y en este caso cristalización, los valores de pH deben estar entre 3.8 y 4.0 siempre y cuando se utilicen frutos en estado semi-maduro, las carambolas cristalizadas presentaron variaciones de entre 1 y 2 puntos con lo reportado; estas variaciones son debido a que se utilizaron frutos en estado inmaduro para la elaboración del producto, ya que su firmeza y sabor son las mas adecuadas para el proceso.

El promedio de pH en el control se encuentra en un intervalo de 2.3 a 2.8, teniendo los valores más altos en las carambolas formuladas a concentraciones de 60% sin importar el número de días de proceso.

Para el caso del pH no se observaron diferencias notables en cuanto a los valores obtenidos al comparar los valores de cualquier tratamiento, se observa que tienen el mismo comportamiento y casi los mismos resultados tanto para tres o cuatro días de proceso.

A partir de estos datos se puede inferir que en general la carambola cristalizada de este estudio muestra pH menores a 2.8, observándose que no hay un efecto en este parámetro debido al tipo de edulcorante, ni días de proceso, sino más bien con la concentración, la madurez del fruto y la naturaleza del mismo, el estado de maduración del fruto es el factor clave para la variación de pH tanto antes como después del procesamiento.

5.2.3. Acidez titulable

La acidez en los frutos es un parámetro de calidad atribuido a la presencia de ácidos orgánicos que contribuye a la percepción del sabor y, por tanto, a la aceptación del fruto por parte del consumidor. Entre los ácidos que mayormente se encuentran en la carambola está el ácido ascórbico, cítrico, oxálico, etc. (Haruenkit, 2004), para esta experimentación el ácido que se utilizó para la acidez titulable fue el ácido cítrico.

En base la figura 40 la acidez observada en las rebanadas de carambola, están en un intervalo de 0.003 a 0.007% de ácido cítrico, mostrando que los mayores resultados son para los tratamientos con Maltitol-Eritritol-Sacarosa (MES), con una concentración de 70% y teniendo menor influencia los días de proceso.

Los tratamientos que más similitud tuvieron al cristalizado tradicional, fueron los tratamientos de Maltitol-Eritritol (ME) con una concentración de 60% en tres días de proceso, y también Maltitol (M) con 70% y 4 días, así como la mezcla Maltitol-Eritritol-Sacarosa (MES) con 60% de concentración y 3 días de proceso.

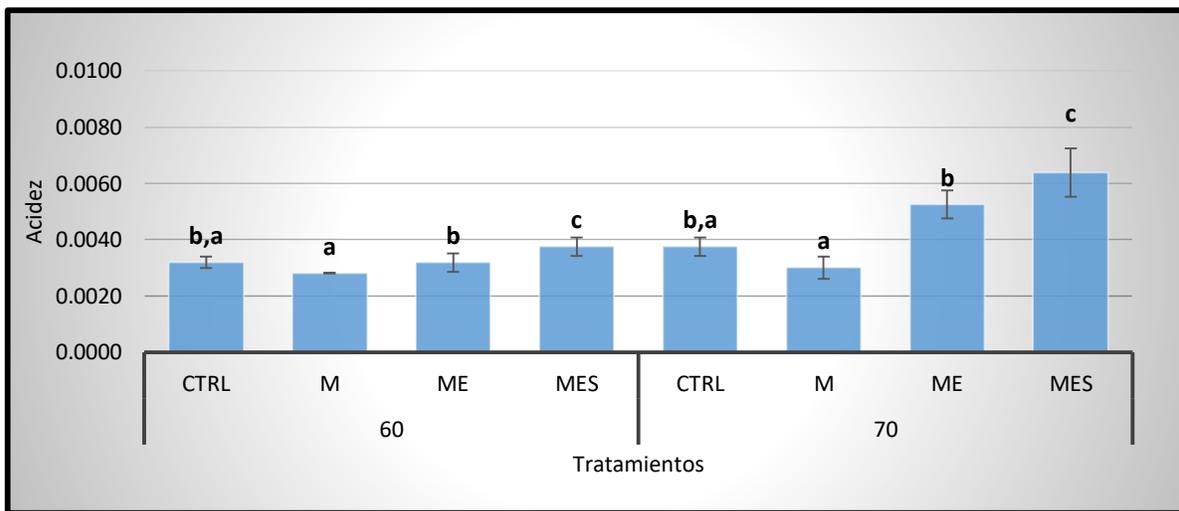


Figura 41. Efecto de la combinación de tratamientos, en tres días de proceso, sobre la acidez de carambola cristalizada. Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las barras verticales representan \pm desviación estándar. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En la figura 41 se puede observar que por concentración de edulcorante las carambolas con tres días de proceso si presentaron diferencia significativa ($P \leq 0.05$) sobre la acidez, en cuanto al tipo de edulcorante se tiene que las carambolas cristalizadas con azúcar (control), no

presentaron diferencia significativa ($P \geq 0.05$) con respecto a Maltitol (M) y Maltitol-Eritritol (ME) en los valores de acidez, mientras que los valores de las carambolas tratadas con la mezcla Maltitol-Eritritol-Sacarosa (MES) son los que mayor porcentaje de acidez tienen, ya sea para 60% o 70% de concentración, presentando resultados que en promedio son 70% mayores con respecto al control.

En la figura 42 se presentan los resultados de acidez para las carambolas cristalizadas con 4 días de proceso.

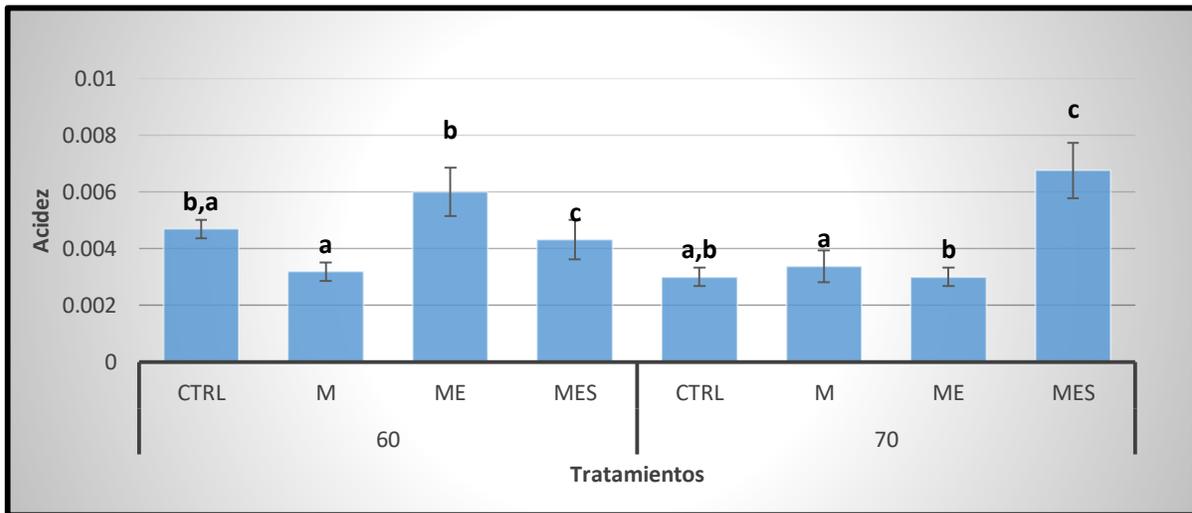


Figura 42. Efecto de la combinación de tratamientos, en cuatro días de proceso, sobre la acidez de carambola cristalizada. Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las barras verticales representan \pm desviación estándar. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Para carambolas cristalizadas con cuatro días de proceso, se observó que no hubo un efecto por concentración de edulcorante en donde no presentó diferencia significativa ($P > 0.05$) (figura 42), nuevamente, por el tipo de edulcorante se tiene que las carambolas cristalizadas con azúcar (control), no presentaron diferencia significativa ($P > 0.05$) con respecto a Maltitol (M) pero si la presentaron diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con respecto a las carambolas tratadas con Maltitol-Eritritol (ME), y para las carambolas tratadas con la mezcla Maltitol-Eritritol-Sacarosa (MES)

La acidez de los frutos cristalizados, en este experimento, no presenta valores tan altos, y en conjunto con el proceso de elaboración, se espera que la percepción del sabor por parte del consumidor sea favorable.

5.2.4. Firmeza de carambola cristalizada

La firmeza (N) es un parámetro de calidad de vital importancia ya que de cierto modo simula la mordida por parte de los consumidores, este parámetro es influenciado por SST y el pH (Quintero *et al.*, 2013). La firmeza para cristalizados según ITDG (2006), a pesar de no mencionar un valor exacto, nos dice que el exterior de la fruta debe ser firme y en el interior suave. Los frutos al momento de la cosecha, deben encontrarse en un intervalo de 12N a 16N según los datos reportados por Teixeira *et al.* (2012). Aunque en esta experimentación se utilizaron frutos en estado inmaduro, los resultados obtenidos se asemejan a lo reportado por dichos autores, atribuido principalmente a las características finales de los productos cristalizados mencionados en este párrafo.

En la figura 43 se muestran los resultados obtenidos de firmeza (N) para la carambola cristalizada con tres días de proceso

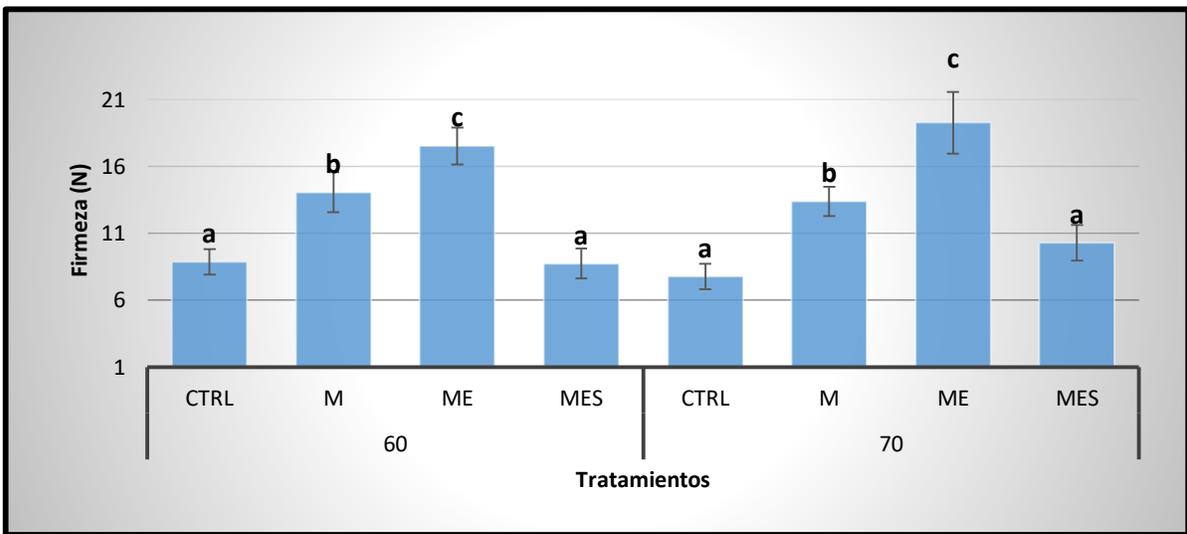


Figura 43. Efecto de la combinación de tratamientos, en tres días de proceso, sobre la Firmeza de carambola cristalizada. Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las barras verticales representan \pm desviación estándar. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Para el caso de la firmeza, las carambolas cristalizadas con tres días de proceso, presentan un intervalo de Firmeza que va desde 7.5 N hasta los 19 N, y presentando una variación gráficamente visual entre las carambolas con los tratamientos de Maltitol (M) y Maltitol-Eritritol (ME), con respecto a los procesados con Maltitol-Eritritol-Sacarosa (MES) y el

control, esto se corrobora estadísticamente ya que para las muestras de Maltitol, hay diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con respecto a los tratamientos con MES, ME y control, mientras que para las muestras tratadas, para el caso de tres días de proceso, no hay diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en la firmeza entre llegar a una concentración final de 60% o 70%. Esto se puede corroborar gráficamente al observar que los valores entre las diferentes concentraciones, son similares para cualquiera de las concentraciones.

Las carambolas cristalizadas con Maltitol-Eritritol (ME) fueron las que mayor firmeza consiguieron con valores de 17 N para 60% y 19 N para 70% aproximadamente, 46% mayores a los obtenidos por el control. La firmeza obtenida por ME, se atribuye a la baja solubilidad y consecuente rápida cristalización del eritritol (Perko, 2006)

En la figura 44 se muestran los valores de firmeza obtenidos para carambola cristalizada con cuatro días de proceso

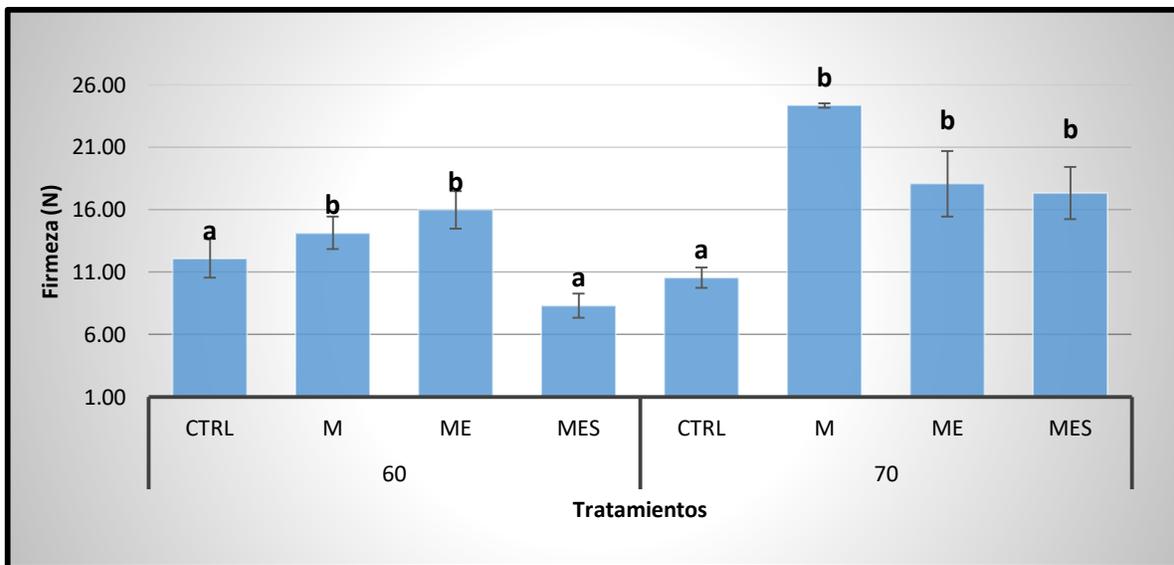


Figura 44. Efecto de la combinación de tratamientos, en cuatro días de proceso, sobre la Firmeza de carambola cristalizada. Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol-Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las barras verticales representan \pm desviación estándar. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Para las carambolas cristalizadas con 4 días de proceso se presentaron los resultados en un intervalo de firmeza de 8.1 a 24.35 N, y caso diferente a las carambolas con 3 días de proceso, en este caso las soluciones de Maltitol resultaron en las carambolas con mayor firmeza, para

una concentración de 70% y las de Maltitol-Eritritol en concentración de 60%, estadísticamente se presenta diferencia significativa entre concentraciones ($p \leq 0.05$).

En el caso de los tratamientos, se tiene que las carambolas cristalizadas con Maltitol-Eritritol-Sacarosa y el Control, no presentan diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre sí, debido a que las características de las soluciones, tienen un comportamiento muy similar al momento de llegar a altas concentraciones y cristalizar, mientras que las carambolas cristalizadas con Maltitol y Maltitol-Eritritol, si presentan diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con respecto a Maltitol-Eritritol-Sacarosa y el Control.

En el parámetro de firmeza se observa una diferencia visualmente gráfica entre la firmeza obtenida en 3 días de proceso y 4 días de proceso, atribuyendo este fenómeno a la concentración de sólidos solubles alcanzados ya que tiene una relación proporcional directa con la firmeza debido a la cristalización de los mismos; aunque para los cristalizados Control, la firmeza se mantuvo sin cambios drásticos. Así también (Perko, 2006) nos menciona que el peso molecular de los edulcorantes puede jugar un papel importante en la textura y funcionabilidad del producto terminado.

En general este dato se puede referir a que, en la carambola cristalizada de este estudio, muestra una firmeza entre 7.7 y 24.35N, y se observó que tanto la concentración como los tratamientos tienen un efecto independiente sobre la textura (firmeza), debido a la naturaleza de los edulcorantes y sus características fisicoquímicas.

5.2.5. Color

El color es, debido a la impresión que ocasiona, un principal factor de calidad, ya que, con el hecho de verlo, el producto puede ser inmediatamente evaluado y por ende aceptado o rechazado si no cumple con lo esperado por el consumidor (Teixeira *et al.*, 2006; Rico *et al.*, 2007).

La carambola posee un color intenso amarillo, pero este puede ser afectado y sufrir cambios debido a diferentes procesos bioquímicos, principalmente el pardeamiento enzimático o no enzimático.

El efecto que provocaron los distintos tratamientos antioxidantes en los parámetros de color de carambola fresca y rebanada, se presentan a continuación.

5.2.5.1. Luminosidad

El atributo Luminosidad de color, representado con la letra “L”, indica que tan luminoso es un producto, y oscila con valores de 0 a 100, siendo interpretados como L=0 negro y L=100 blanco.

Hablando específicamente de la luminosidad del producto, vemos que, hay una ligera diferencia entre los días de procesamiento, el intervalo para tres días es de 22.37 a 34.15, para cuatro días fue de 21.11 a 28.12 de luminosidad exceptuando a la muestra de Maltitol-Eritritol y concentración de 70% la cual presentó una luminosidad de 34.12 (esto se puede atribuir a la propiedad del eritritol, puesto que tiende a cristalizarse en la superficie, creando una capa blanquecina (Perko, 2006)), esto puede inferir que existió una menor variación de luminosidad en general para carambolas con 4 días de procesamiento, que las rebanadas de carambola con tres días de proceso.

Las muestras control presentan luminosidad más alta en procesos de 3 días, y hay una reducción en 4 días, principalmente por reacciones de Maillard o por caramelización de los mismos azúcares del fruto (Barrera y Sandoval, 2006).

En la figura 45 se muestran los valores de luminosidad obtenidos para carambola cristalizada con tres días de proceso.

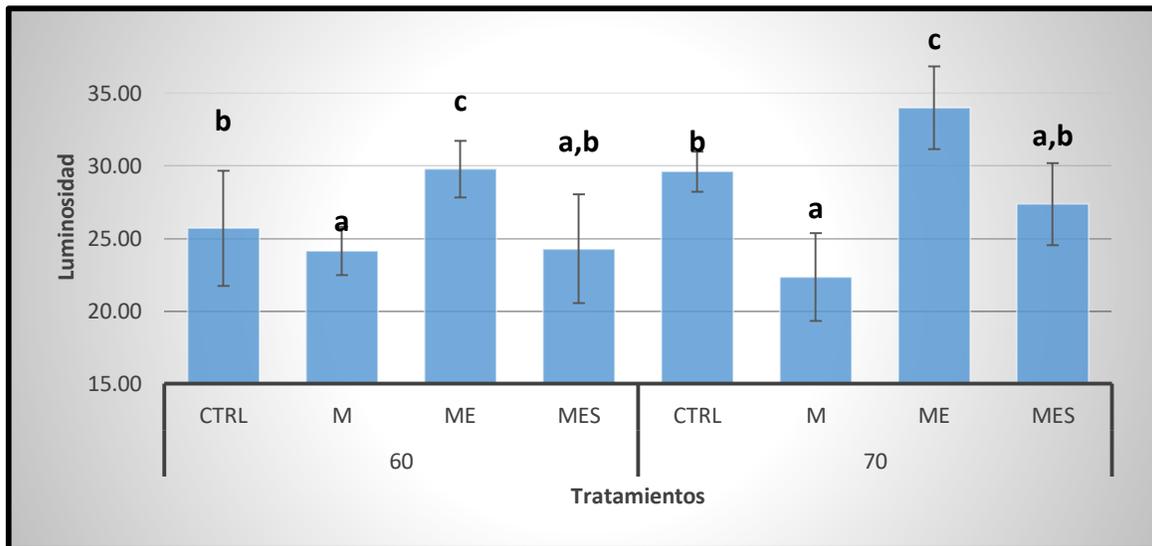


Figura 45. Efecto de la combinación de tratamientos, en tres días de proceso, sobre la Luminosidad de carambola cristalizada. Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol-Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las barras verticales representan \pm desviación estándar. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Para las carambolas con tres días de procesamiento, tenemos que para la concentración, estadísticamente no presenta diferencia significativa ($P \geq 0.05$) para la luminosidad. Caso contrario a lo que sucede con los tratamientos, donde si se observa diferencia significativa ($p \leq 0.05$), como ejemplo están las carambolas cristalizadas con Maltitol-Eritritol, donde se obtuvieron valores de luminosidad de alrededor de un 22% mayores a los obtenidos con los otros tratamientos. Las carambolas que mayor similitud tuvieron con respecto al control fueron aquellas en las que se empleó la mezcla de Maltitol-Eritritol-Sacarosa (MES), sin importar la concentración final a la que se llegó.

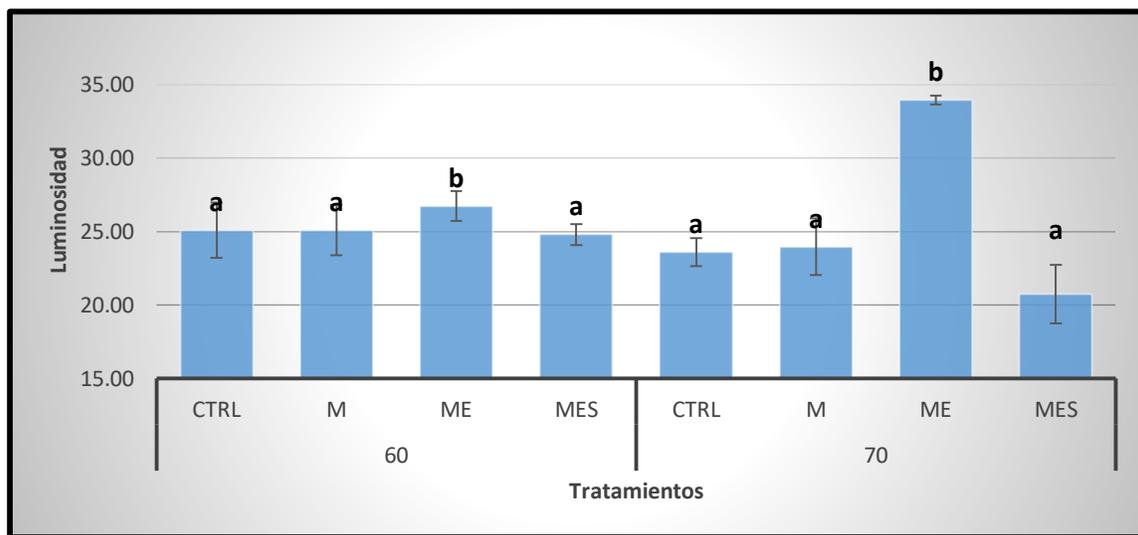


Figura 46. Efecto de la combinación de tratamientos, en cuatro días de proceso, sobre la Luminosidad de carambola cristalizada. Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las barras verticales representan \pm desviación estándar.

En las carambolas con cuatro días de proceso, se tiene que no hay diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre utilizar una concentración de edulcorante durante el proceso final de 60 o 70%, este resultado se puede visualizar en la figura 46 que presenta valores muy similares entre todos los resultados.

Las muestras procesadas con el edulcorante Maltitol-Eritritol presentan los mayores valores de luminosidad, en ambas concentraciones, teniendo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con respecto a los demás tratamientos (Maltitol, Maltitol- Eritritol- Sacarosa y Control).

Existen marcadas diferencias en la luminosidad de la carambola cristalizada con respecto a lo reportado por otros autores como Arias (2008), quien menciona que para productos

cristalizados el intervalo de luminosidad debe estar entre 34 a 40, conservando gran parte de este atributo después de ser procesada, debido a la capa de sacarosa formada en la superficie de la fruta, precisamente para la uvilla, este autor nos indica que la luminosidad es de 38 ± 1 . Ambos valores son superiores en un 50% respecto a los obtenidos en este trabajo, atribuyéndose principalmente a el proceso de pardeamiento y caramelización tanto de la sacarosa en los tratamientos Maltitol-Eritritol-Sacarosa y control, como en los azúcares de la misma fruta Maltitol-Eritritol y Maltiol.

Teixeira *et al.* (2005) por su parte nos menciona que la carambola en estado fresco presenta una luminosidad alrededor de 55 a 58, sin presentar algún pardeamiento durante su evaluación, comparado con los resultados obtenidos se determina que la carambola pierde alrededor del 45% de su luminosidad inicial después del procesamiento, sin importar si es en tres o cuatro días de proceso.

5.2.5.2. Croma

En lo que confiere al parámetro “Croma”, representa la saturación o intensidad de color, comúnmente llamado “pureza de color”, y está representado con valores que oscilan de 0 a 60 (Artes *et al.*, 1998).

Las carambolas procesadas durante tres días y 60% de concentración son las que presentan numéricamente los valores más altos de croma, y tomando en cuenta cada tratamiento, tenemos que las carambolas procesadas con Maltitol-Eritritol en cualquier concentración y días de proceso, son los más puros en su color respecto al resto de tratamientos; mientras que las carambolas que fueron tratadas durante 4 días de proceso son las que menor intensidad de color presentaron estando en un intervalo de 4.5 a 10, que son en promedio 21% menores al presentado por las muestras procesadas por 3 días.

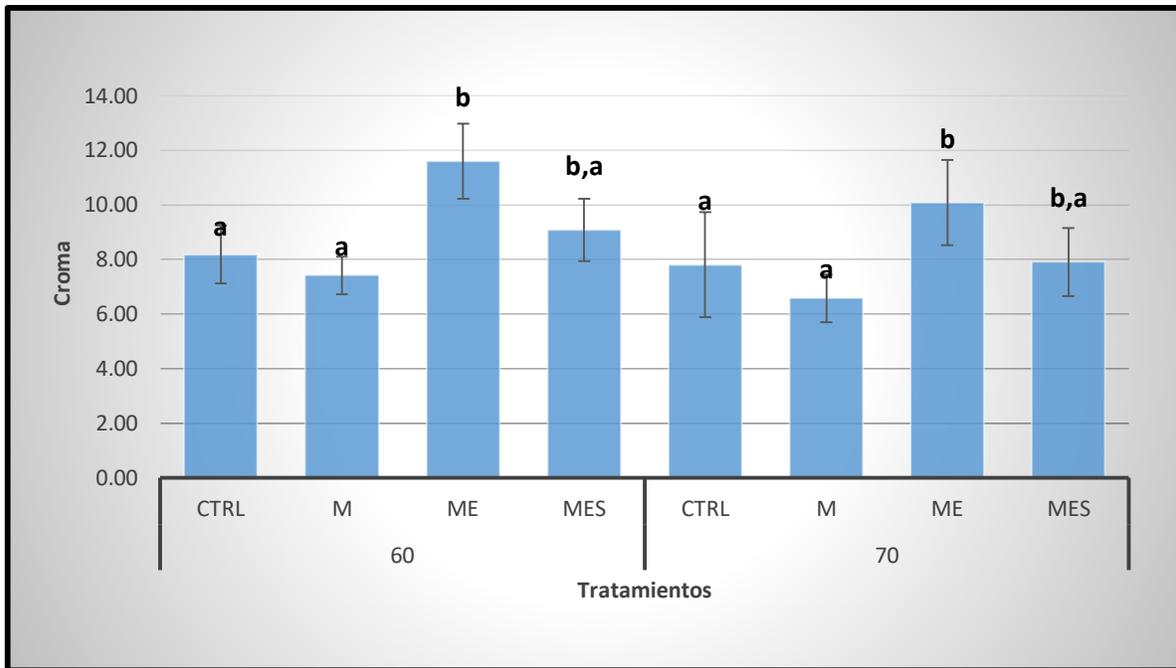


Figura 47. Efecto de la combinación de tratamientos, en tres días de proceso, sobre el atributo Croma, de carambola cristalizada. Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las barras verticales representan \pm desviación estándar.

Los valores de croma para tres días, son los que más se asemejan a los reportados por Teixeira *et al.* (2006), para rebanadas de carambola en estado fresco, con valores promedio de 12.25, observable en la figura 47.

En el caso de proceso de tres días, no hay diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre llegar a una concentración de 60 o 70%. En cambio, para el caso de los edulcorantes empleados, si existe diferencia significativa, específicamente, entre los tratamientos Maltitol y Maltitol-Eritritol, Dónde el primero presenta 38% menor croma comparado con el tratamiento de Maltitol-Eritritol. Esto indica que con este tratamiento se conservan mejor las propiedades de la fruta con respecto al estado fresco.

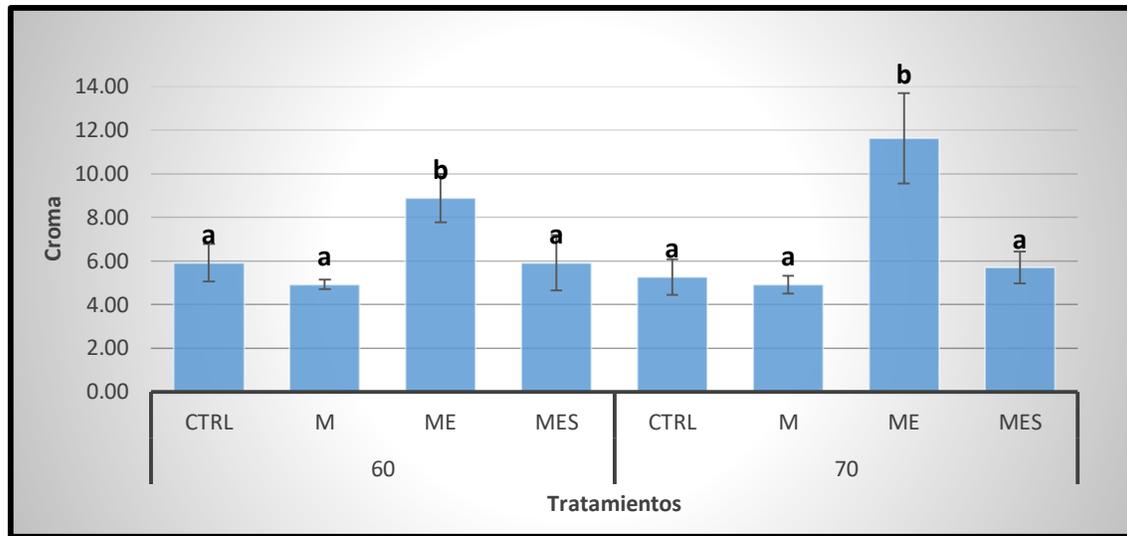


Figura 48. Efecto de la combinación de tratamientos, en cuatro días de proceso, sobre el atributo Croma, de carambola cristalizada. Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las barras verticales representan \pm desviación estándar.

Para el caso de las carambolas procesadas durante cuatro días, tampoco se presenta diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre las concentraciones. Sin embargo, como anteriormente se comentó, las carambolas con cuatro días de proceso presentan valores menores en promedio 21% con respecto a las carambolas procesadas por tres días, esto pudiera indicar que algunas enzimas quedaron sin ser inactivadas después del proceso, y como consecuencia, el cambio de la pureza del color que se tiene, esto mismo sucedió en las carambolas procesadas por Matthews y Myers (1995).

Los tratamientos con Maltitol-Eritritol, son nuevamente, las que presentan diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con respecto a los otros tratamientos

5.2.5.3. Angulo Hue

El valor del ángulo Hue según Francis, (1980) y McGuire, (1992), es un valor dentro de un círculo de color de 360°, con 0° representando el color rojo, 90° amarillo, 180° verde y 270° azul respectivamente representa el verdadero matiz o tono el cual es efectivo para visualizar la apariencia de los productos alimenticios.

En este atributo de color, para las carambolas cristalizadas, se presentan los resultados en la figura 48. Los valores se encuentran en el intervalo de 52.4° a 78.2°, indicando que estos se encuentran en los tonos naranja-amarillos del círculo cromático, teniendo que el color de las carambolas se ve afectado después del proceso, pudiendo ser por reacciones de pardeamiento o caramelización; comparándolo con los obtenidos para carambola en estado fresco, Dónde se tienen valores de 91.4° en promedio además de la presencia de los edulcorantes del proceso.

Las carambolas con mayor °Hue son aquellas que se procesaron con Maltitol-Eritritol, para 3 días de proceso con valores en promedio de 76.4° y para 4 días con valores promedio de 69.4°.

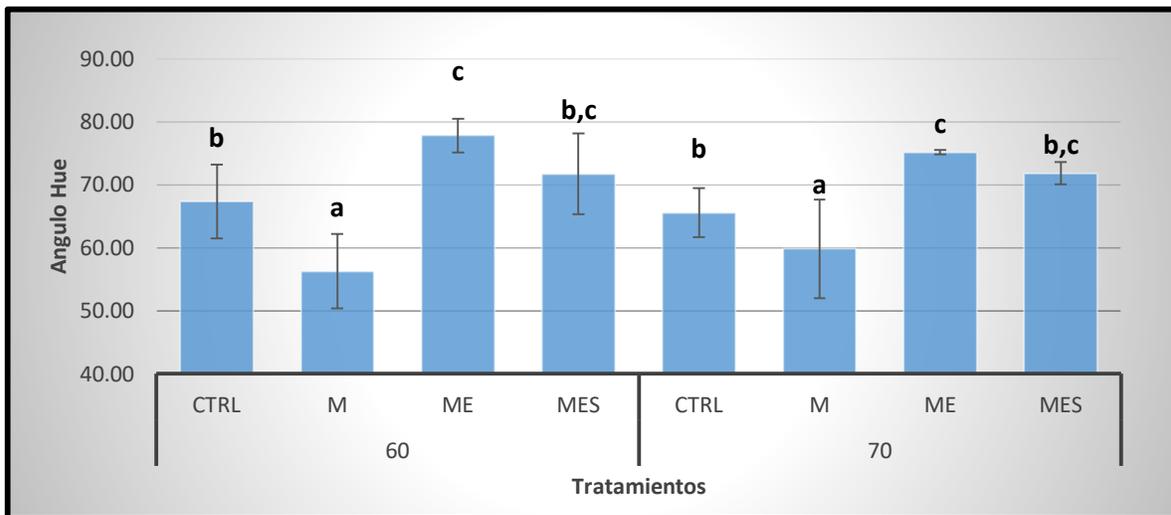


Figura 49. Efecto de la combinación de tratamientos, en tres días de proceso, sobre el atributo Angulo Hue, de carambola cristalizada. Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las barras verticales representan \pm desviación estándar. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Para carambolas con tres días de proceso, se tienen valores entre 56.4° y 78.2° (figura 49), observando que no presentaron diferencia significativa entre ambas concentraciones ($P \geq 0.05$), las formulaciones de Maltitol-Eritritol, tienen los valores más altos, teniendo cercanía al color amarillo, situado a 90° asemejándose a carambolas en estado fresco, estas formulaciones no tuvieron afectaciones por reacciones de caramelización, ya que no hay azúcares en el tratamiento. Comparando la concentración y tratamiento en conjunto se tiene que no hay diferencia significativa ($P \geq 0.05$), mientras que si existe diferencia significativa

($p \leq 0.05$) entre los tratamientos, teniendo que, en comparación con el control, las muestras tratadas con Maltitol-Eritritol-Sacarosa, son las más parecidas, siendo solo 8.3% mayores, y las muestras tratadas con maltitol son las más desiguales, llegando a valores de 55° , acercándose a los tonos naranjas.

La diferencia más marcada la tuvieron las carambolas cristalizadas con el tratamiento Maltitol-Eritritol, asemejándose a los tonos amarillos, y el tratamiento que no mostró diferencia significativa con respecto al control ($P \geq 0.05$) observando que las carambolas tratadas con la mezcla Maltitol-Eritritol-Sacarosa, presentaron valores de 71.7 y 70.9 para cada concentración.

Las muestras control están en un intervalo de 55 a 70° , y al buscar una formulación y proceso que tenga la mayor similitud con estos, se determinó que estas fueron Maltitol-Eritritol-Sacarosa, solución al 60% y 3 días, Maltitol-Eritritol-Sacarosa, solución al 70% y 3 días, Maltitol-Eritritol-Sacarosa solución al 60% y 4 días y Maltitol-Eritritol-Sacarosa, solución al 70% y 4 días. Estas muestras contienen sacarosa en su formulación, lo que indica que el parecido se puede deber al contenido de sacarosa. Cabe resaltar que las muestras tienen diferencia entre las de 3 y 4 días de proceso.

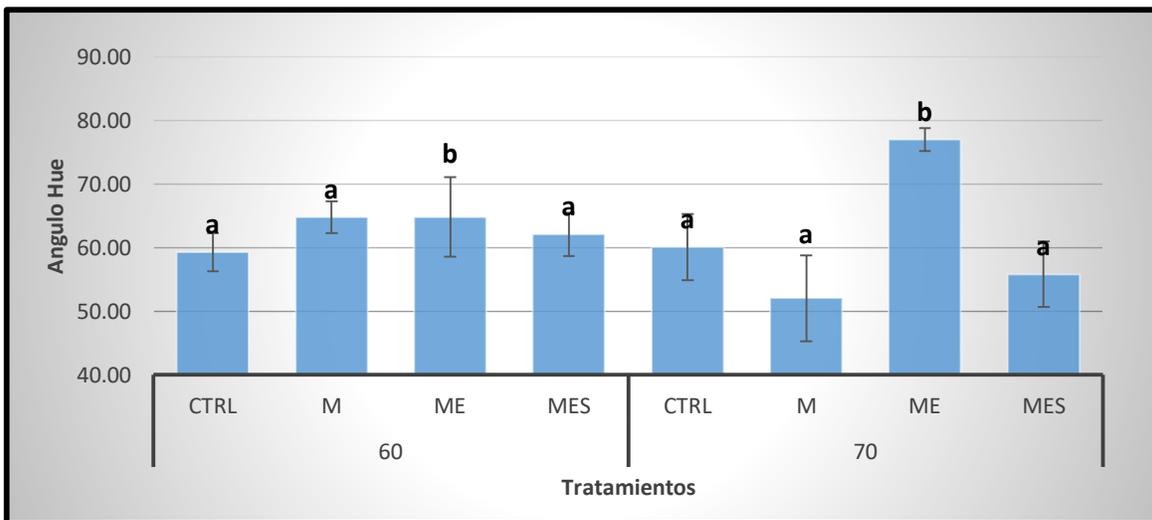


Figura 50. Efecto de la combinación de tratamientos, en cuatro días de proceso, sobre el atributo Angulo Hue, de carambola cristalizada. Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las barras verticales representan \pm desviación estándar. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Evaluando la figura 50, en donde se presentan las carambolas con 4 días de proceso, contra la figura 48 en donde se representan los resultados de carambolas con 3 días de proceso, se observa una disminución en el Angulo Hue para 4 días, atribuyéndose esto a la acción de caramelización de los azúcares presentes en la formulación, así como un pardeamiento enzimático por parte de la polifenol oxidasa que aun quedó presente y su exposición al medio ambiente. (Salazar y Guevara, 2002; Artés, et al., 1998; Matthews y Myers, 1995).

Para el caso de las carambolas cristalizadas en 4 días, hay diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos, teniendo que las carambolas cristalizadas con Maltitol-Eritritol son las que difieren a las demás, teniendo para una concentración de 70% valores 26% mayores a los obtenidos por el control. Las concentraciones finales no tienen un impacto en el resultado de este atributo, y no presentan diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre ellas.

5.3. Parámetros químicos en carambola cristalizada con diferentes edulcorantes, concentración y días de proceso

5.3.1. Fenoles totales

Los polifenoles son metabolitos secundarios sintetizados por las plantas durante su desarrollo normal y se incrementa su contenido en respuesta a las condiciones de estrés, tales como las infecciones, radiaciones UV y otros.

En los alimentos, los polifenoles pueden contribuir al amargor, astringencia, color, sabor, olor y estabilidad oxidativa de los alimentos. En adición, tienen la capacidad de proteger la salud, evitando el daño celular derivado del estrés oxidativo, favoreciendo la estabilidad de la membrana celular y función inmunitaria (Naczki y Shahidi, 2006; Muñoz *et al.*, 2007; Boticario, 2005).

Como se mencionó anteriormente, los fenoles totales son muy importantes para la salud, y por lo mismo son un parteaguas en la selección del proceso de elaboración, en el caso de este parámetro químico, se busca que el producto conserve la mayor cantidad de estos compuestos, sin precisamente ser similar al control.

Es evidente que, comparado con datos de carambola en estado fresco, que bibliográficamente están reportados en 46.45 mgGAE/100g por (Aberouman y Deokuke, 2010) existió una disminución de casi 80%, ubicándose las muestras en un intervalo de 6.56 a 13.45 mgGAE/100g esto se debió principalmente al daño térmico que sufrieron los compuestos durante los días de proceso.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las formulaciones que contienen la mayor cantidad de compuestos fenólicos son: Maltitol, solución al 60% y 4 días (12.96 mg GAE/100g), Maltitol-Eritritol-Sacarosa, solución al 60% y 3 días de proceso (12.71 mgGAE/100g), Maltitol, solución al 70% y 4 días (12.64 mgGAE/100g), y Maltitol-Eritritol-Sacarosa, solución al 60% y 4 días (12.30 mgGAE/100g) que, comparados con los controles respectivos, resultan tener mayor concentración de fenoles. *GAE (Equivalentes de ácido gálico)

En la figura 51 se muestran el contenido total de fenoles obtenidos para carambola cristalizada con tres días de proceso

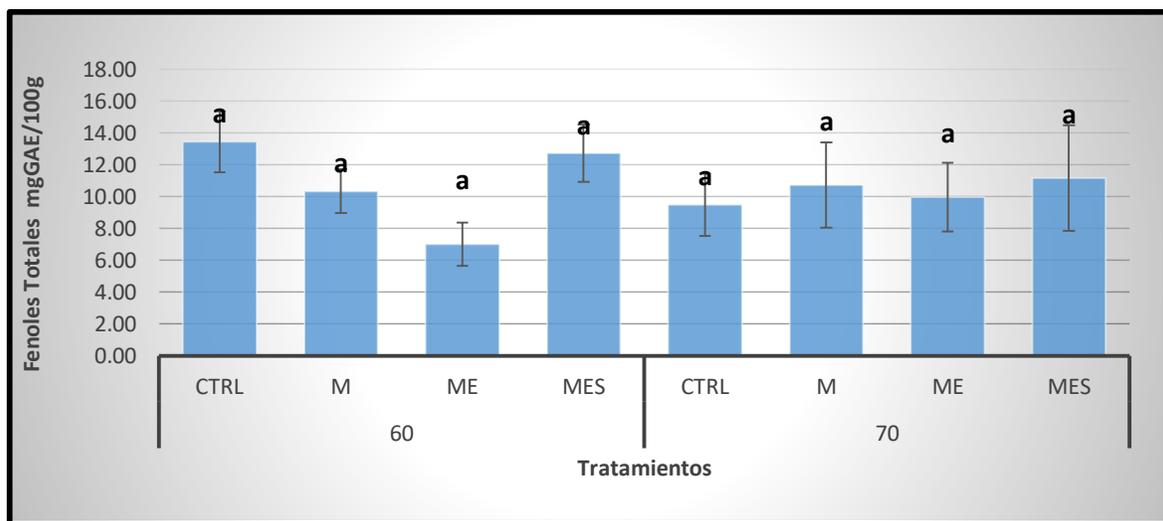


Figura 51. Efecto de la combinación de tratamientos, en tres días de proceso, sobre el atributo el contenido total de fenoles de carambola cristalizada. Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las barras verticales representan \pm desviación estándar. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Las carambolas procesadas durante tres días se encuentran en un intervalo de 6.45 a 13.25 mg GAE/100g de fruto, teniendo un promedio de 10.41 mg GAE/100g, haciendo la evaluación por tratamientos tenemos que, sin importar el edulcorante utilizado, no existe diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre usar uno u otro.

La concentración final de las soluciones, usar 60 o 70%, no influye en absoluto en los resultados obtenidos, puesto que no presentó diferencia significativa ($P \geq 0.05$)

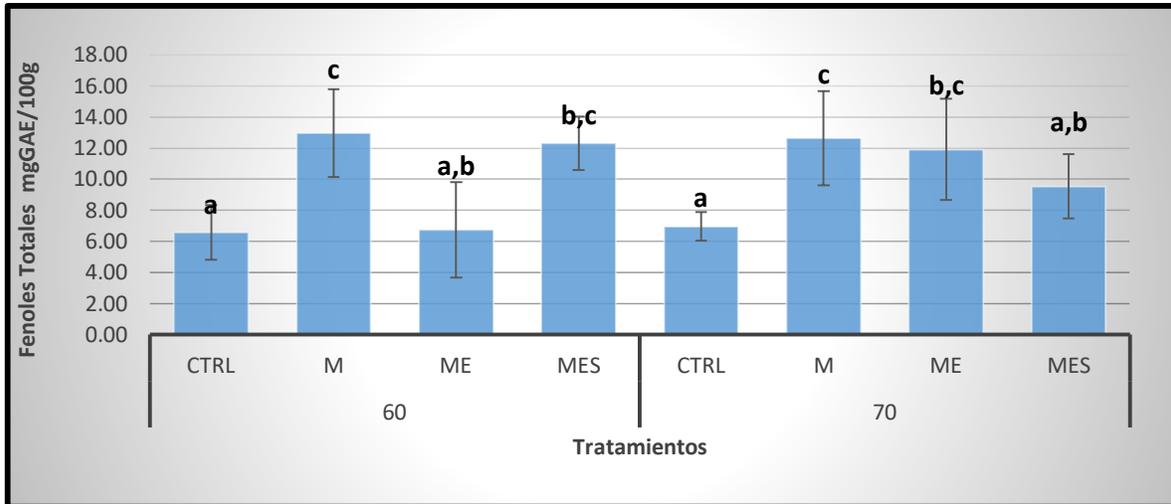


Figura 52. Efecto de la combinación de tratamientos, en cuatro días de proceso, sobre el atributo el contenido total de fenoles de carambola cristalizada. Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las barras verticales representan \pm desviación estándar. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Para el caso de las carambolas cristalizadas con un proceso de cuatro días, se observa que las carambolas control, tienen una disminución en el contenido total de fenoles, con respecto a las formulaciones de tres días, aproximadamente del 35%. Caso contrario a las formulaciones con Maltitol y Maltitol-Eritritol donde aquellas con 4 días de proceso tienen más fenoles en comparación de 3 días, un comportamiento que describe Borchani *et al.* (2011) para secado de cáscara de naranja, dónde indica que los fenoles tienden a incrementar un poco utilizando temperaturas altas durante periodos largos.

Durante el proceso de cristalización, el tejido del fruto está expuesto a lesiones en su estructura, ya que las temperaturas de ebullición destruyen los compuestos orgánicos propios del fruto, para esto el fruto tiende a generar cierta tolerancia a estas invasiones y evitar este daño celular, generando un incremento de compuestos con actividad antioxidante (Wang, 1995)

En el caso de las carambolas tratadas con cuatro días de proceso, estadísticamente, no se observó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en el contenido de fenoles de las carambolas con los tratamientos en concentraciones de 60 o 70%, situación completamente diferente a lo que se obtiene con los tratamientos, donde si se presenta diferencia significativa entre ellos ($p \leq 0.05$), sobre todo entre las carambolas cristalizadas con Maltitol, y las carambolas control, teniendo que las primeras tienen un 92% más fenoles totales que las segundas.

5.3.2. Capacidad Antioxidante

La capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos es de interés tecnológico y nutricional, debido a su procedencia de origen vegetal y a que podría contribuir a la disminución de diversas enfermedades crónicas no transmisibles como las enfermedades cardio-vasculares, cáncer entre otras patologías, así como en el proceso normal y patológico de envejecimiento (González, 2009).

Las carambolas, poseen buenas cantidades de compuestos fenólicos, Murillo, (2002) determinó que las frutas con más compuestos polifenólicos poseen mayor actividad antioxidante, a esta misma aseveración concluyeron Kuskoski *et al.*, (2004) y Becerra *et al.*,(2011), quienes indican que la capacidad antioxidante de los frutos tiene una correlación con el contenido de fenoles totales: a pesar de esto, en algunos de los resultados obtenidos no se concuerda con las afirmaciones de estos autores.

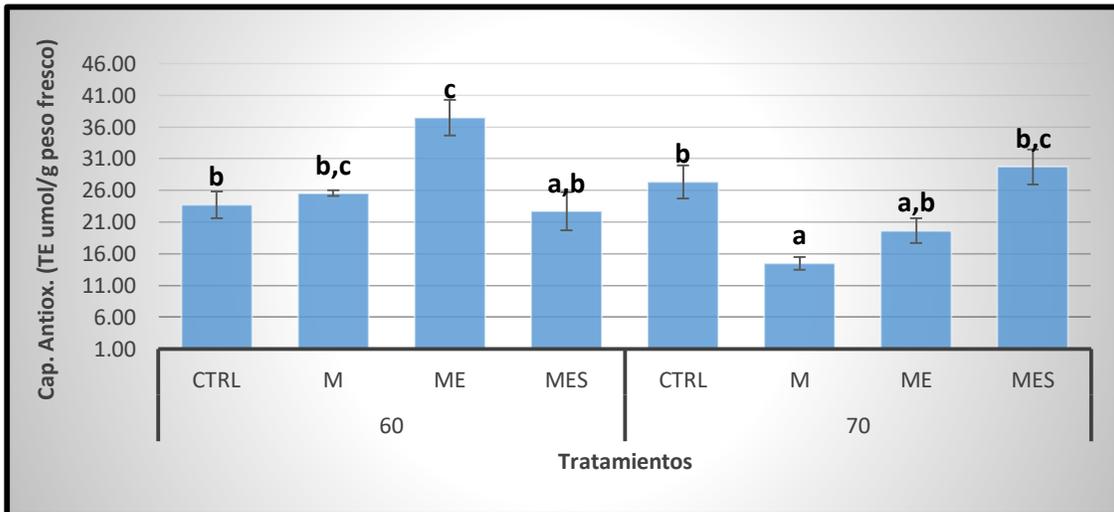


Figura 53. Efecto de la combinación de tratamientos, en tres días de proceso, sobre la capacidad antioxidante en carambola cristalizada. Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las barras verticales representan \pm desviación estándar. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Las carambolas procesadas durante tres días tienen una capacidad antioxidante dentro del intervalo de 14.75 y 37.47 TEumol/g, para específicamente el proceso de tres días, tenemos que las concentraciones finales de las soluciones de los edulcorantes si tienen efecto sobre este parámetro encontrando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) tanto por concentración como

por el tipo de edulcorante empleado, teniendo un promedio de 26.46 TEumol/g para 60% y 22.68 TEumol/g para 70%.

Por el tipo de edulcorante se tiene que existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos, teniendo que los productos con Maltitol, presentan diferencia significativa con respecto a los demás tratamientos, las carambolas tratadas con Maltitol-Eritritol-Sacarosa son las que mayor capacidad antioxidante presentaron en ambas concentraciones, con un valor promedio de 26.53 TEumol/g entre ambas concentraciones. No presentaron diferencia significativa ($P \geq 0.05$) con el control, pero si con las tratadas con Maltitol-Eritritol y Maltitol. Para el caso de la capacidad antioxidante los valores con respecto al estado fresco, tuvo, en todos los casos una disminución de casi el 80%, teniendo como referencia los datos reportados por Shui & Leong, 2005, donde la capacidad antioxidante de carambola en estado fresco se encuentra en un promedio de 198.8TEumol/g. En este tipo de procesos y para efectos de este estudio, se trata de conservar los antioxidantes después del proceso, teniendo como referencia al control, tanto en estado fresco como procesado.

En la figura 54 se muestran las capacidades antioxidantes para carambola cristalizada en cuatro días de proceso.

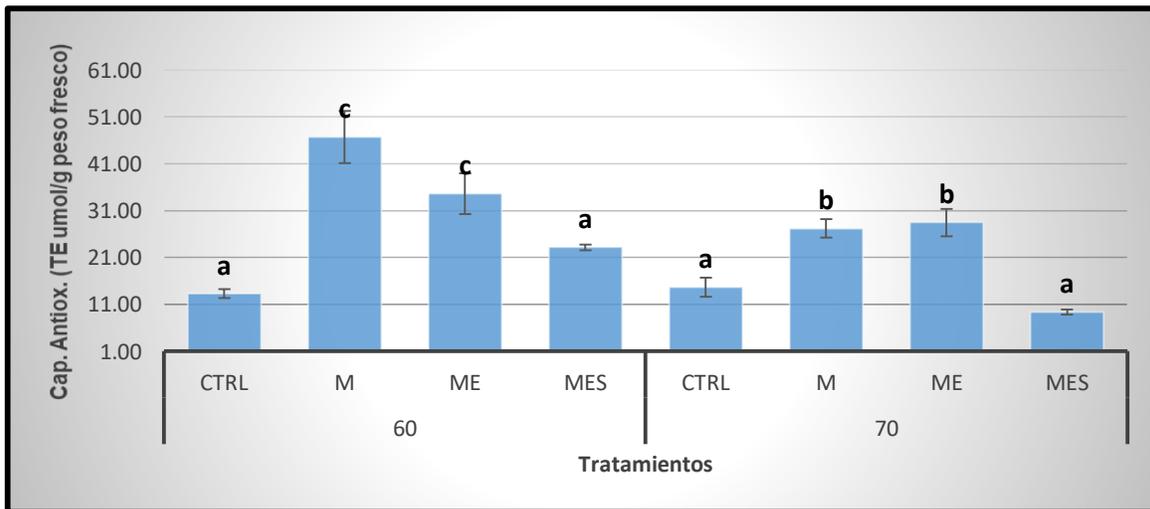


Figura 54. Efecto de la combinación de tratamientos, en cuatro días de proceso, sobre la capacidad antioxidante en carambola cristalizada. Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las barras verticales representan \pm desviación estándar. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En el caso de las carambolas cristalizadas con cuatro días de proceso, se obtuvieron valores muy variados, atribuyéndose principalmente a los cambios de temperatura sufridos por un día más de proceso.

Como se mencionó anteriormente Wang, (1995) indica que durante el proceso de cristalización, las temperaturas alcanzadas tienden a lesionar el tejido en su estructura, y para compensar esta pérdida, y el daño celular, el fruto genera compuestos con actividad antioxidante, y esto es apreciable notablemente en las formulaciones con 60% de concentración final y los tratamientos con Maltitol-Eritritol y Maltitol, donde se alcanzaron los mayores valores de capacidad antioxidante, para Maltitol con 46.71 TEumol/g, y para Maltitol-Eritritol 34.63 TEumol/g, para el caso de la concentración, se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$), y como ejemplo, encontramos valores para Maltitol, que para [60%] tiene 46.71 y para [70%] 26.31 TEumol/g.

En los tratamientos con diferentes edulcorantes si existe diferencia significativa ($P \leq 0.05$), y los únicos tratamientos que son similares es el control y las carambolas tratadas con Maltitol-Eritritol-Sacarosa, y como se observa en la figura 54, se tiene que las carambolas tratadas con sacarosa en su formulación son las que presentaron menor capacidad antioxidante y esto confirma la correlación que Kuskoski *et al.*, (2005), ya que comparando los resultados de la figura 52 y los resultados de la figura 55 se observa que, en la mayoría de los casos, donde se tiene menor cantidad de fenoles totales, es donde menor capacidad antioxidante se presenta.

Los edulcorantes Maltitol, y Eritritol tienen una capacidad antioxidante propia y esto hace que las formulaciones con estos dos edulcorantes sean las que posean mayor capacidad antioxidante, el mecanismo por el cual funcionan estos es porque los grupos hidroxilo de los edulcorantes protegen a las células del estrés oxidativo mediante la oxidación del radical oxo, (Kang *et al.*, 2007), así mismo el azúcar tiene su propia capacidad antioxidante. Los resultados obtenidos por Lim y Lee (2013) quienes mencionan que los fenoles están relacionados con la capacidad antioxidante de las frutas, avalan los obtenidos en este trabajo, para las muestras elaboradas con Maltitol-Eritritol- Sacarosa y Control, donde la cantidad de fenoles es limitada y también tienen una capacidad antioxidante discreta.

5.4. Evaluación Sensorial de carambola cristalizada con diferentes edulcorantes, concentración y días de proceso

La calidad de un alimento está determinada por varios parámetros como la calidad y cantidad de nutrientes, así como la seguridad sanitaria. Sin embargo, la aceptación o rechazo de un producto, está directamente relacionada a la percepción y evaluación subjetiva de cada consumidor, con aspectos ligados principalmente al color, sabor, olor, textura y presentación general del producto (Lira, 2007).

Las carambolas cristalizadas son un producto desarrollado durante esta experimentación, y es importante realizar pruebas sensoriales para determinar hacia qué grupo de personas podría ir dirigido este producto.

Se realizó una prueba sensorial de aceptación con una escala hedónica de 5 puntos.

La evaluación sensorial, fue uno de los aspectos más relevantes al momento de la selección de las condiciones de proceso, ya que de su aceptación depende la viabilidad del desarrollo del producto. Se evaluaron los atributos de apariencia general, color, olor, firmeza, sabor y agrado general, esta prueba permitió conocer el grado de aceptación que tiene la carambola cristalizada, elaborada con los diferentes procesos y formulaciones.

5.4.1. Apariencia

(Lawless y Heymann, 2010) sostienen que la apariencia de un producto incluye el color del producto y otras propiedades de apariencia tales como la forma, tamaño y algunas propiedades ópticas.

La apariencia general de un producto puede resultar uno de los atributos más importantes, ya que con el hecho de ver un producto puede ser inmediatamente evaluado y por ende aceptado o rechazado si no cumple con lo esperado por el consumidor (Teixeira, *et al.*, 2006; Rico *et al.*, 2007).

En la figura 55 se muestran los resultados de apariencia general para 3 días de proceso.

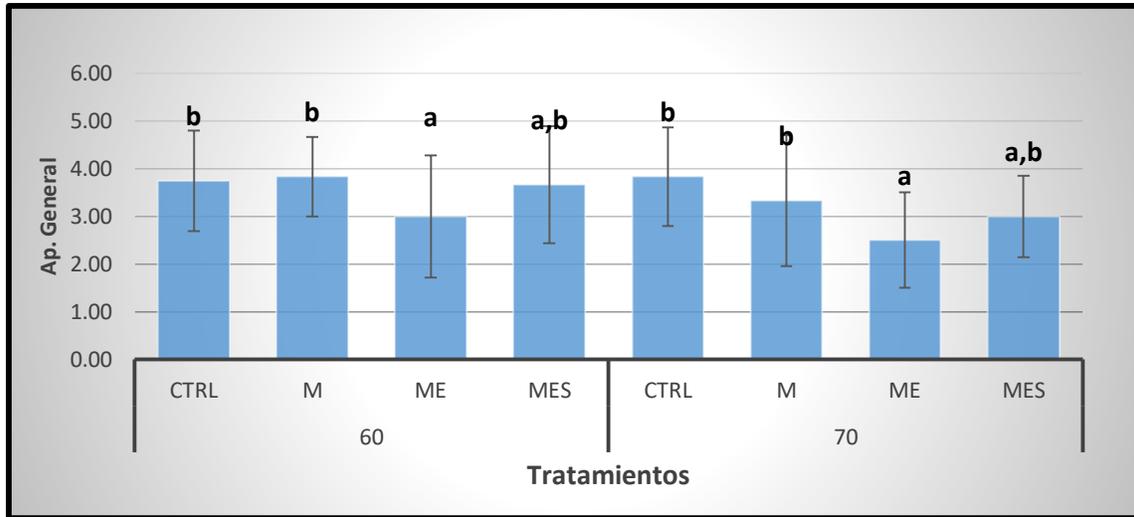


Figura 55. Evaluación del atributo Apariencia general, para carambolas cristalizadas con tres días de proceso., Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Las formulaciones que fueron elaboradas con 3 días de proceso, y formulación con Maltitol y Maltitol-Eritritol-Sacarosa al 60% son las formulaciones con calificación más alta, para el caso de muestra tratada con Maltitol, fue la que mejor calificación obtuvo, calificación idéntica a la obtenida por el control de sacarosa al 70% con un promedio de 3.83 lo cual la coloca en un “me gusta”. Para las carambolas tratadas con MES y M se tuvo una aceptación menor, con respecto al control con Sacarosa, pero sin haber diferencia significativa ($P \geq 0.05$), con esto determinamos que, sensorialmente las carambolas tratadas con Maltitol-Eritritol-Sacarosa, y Maltitol, pudieran ser una opción viable para hacer productos bajos en calorías sin afectar la apariencia de los mismos.

Las muestras menos aceptadas en esta experimentación son aquellas tratadas con Maltitol-Eritritol, presentando valores 26% menores al control, esta baja calificación se adjudica a las características que aporta el eritritol al crear una capa externa de edulcorante que no es atractiva a primera vista.

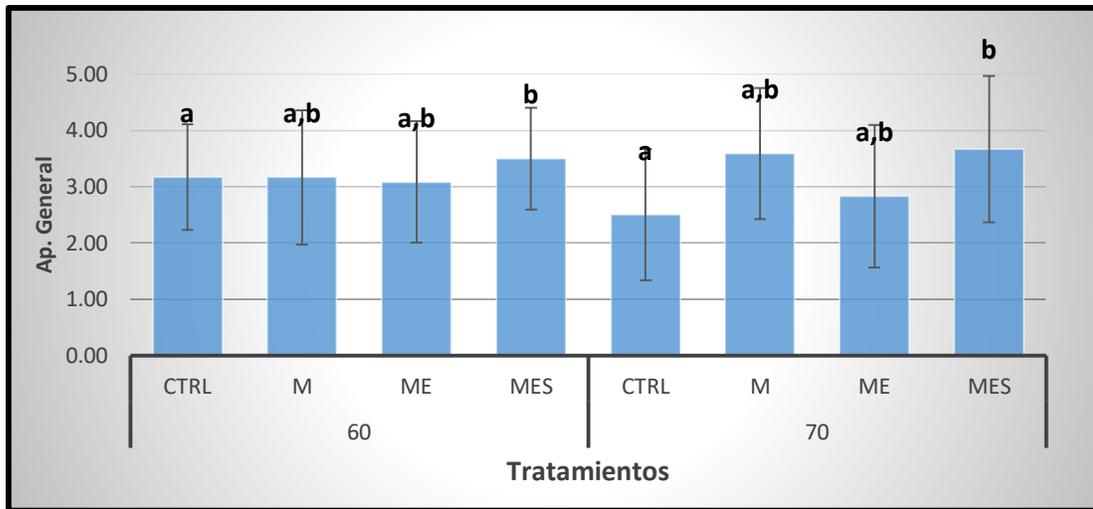


Figura 56. Evaluación del atributo Apariencia general, para carambolas cristalizadas con cuatro días de proceso., Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Como se observa en la figura 56, en el caso de formulaciones de 4 días de proceso, los controles tuvieron una calificación baja debido principalmente al cambio de color, que es uno de los atributos que se pueden evaluar a simple vista, mostrándose más oscuras y opacas como consecuencia de las reacciones de Maillard o caramelización de la sacarosa.

Resultados más uniformes e inferiores con respecto a los procesos de 3 días, fueron los obtenidos en las pruebas sensoriales de las carambolas elaboradas durante 4 días, lo que pudiera indicar que estas, tienden a bajar su aceptación en cuanto a la apariencia, con el aumento en los días de proceso, específicamente hablando de concentración del 60%.

Para el caso de cuatro días de proceso, se tiene que las carambolas tratadas con Maltitol-Eritritol-Sacarosa son las que mejor aceptación tuvieron, a pesar de esto, siguen siendo menores a los obtenidos en carambola elaboradas en 3 días de proceso.

5.4.2. Color y Sabor

La literatura sobre el sabor y color en evaluación sensorial es bastante extensa y se advierte a los investigadores interesados que es compleja y, a veces, contradictoria (Lavin & Lawless, 1998).

Los humanos son especies visualmente impulsadas en muchas sociedades con artes culinarias maduras, la presentación visual de los alimentos es tan importante como sus características de sabor y textura (Lawless y Heymann, 2010).

Los alimentos mal coloreados se identifican de forma menos efectiva (Dubose *et al.*, 1980); otro hallazgo común es que cuando los alimentos tienen color más intenso, obtendrán calificaciones más altas para la intensidad del sabor, estableciéndose así, una relación casi directamente proporcional.

Las asociaciones aprendidas a lo largo de la vida o un entrenamiento sensorial, pueden impulsar los patrones de influencia, (Morrot *et al.* 2001) descubrieron que un panel utilizaba más descripciones de vino tinto cuando un vino blanco estaba intencionalmente mal coloreado de rojo, estos resultados nos orientan a los resultados que se obtuvieron en esta experimentación, donde el aspecto visual, específicamente el color, puede determinar una relación con la evaluación del sabor.

En las figuras 57 y 58 se muestran los resultados de color y sabor para 3 días de proceso.

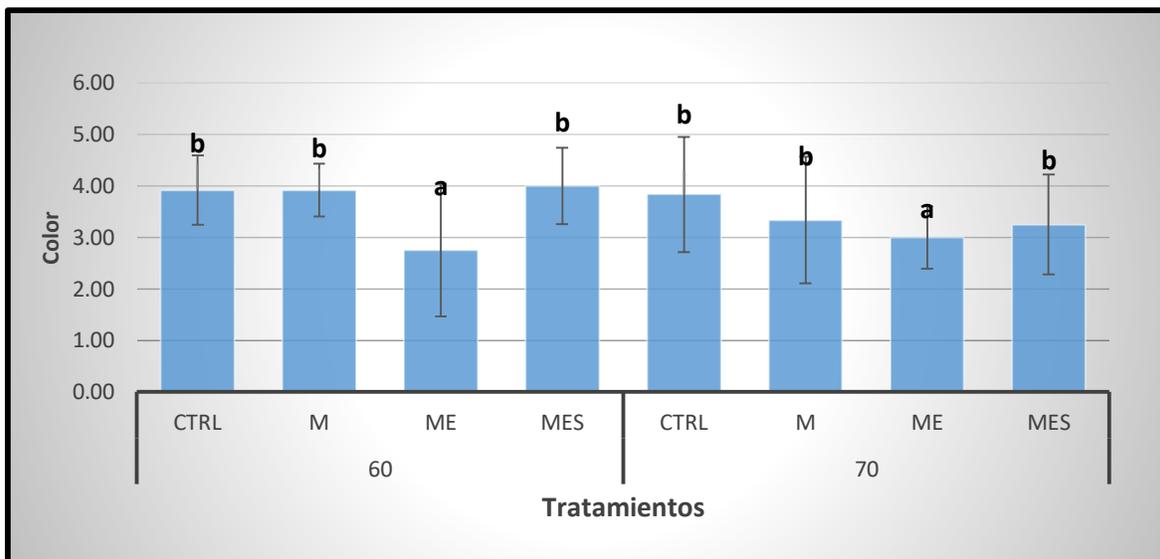


Figura 57. Evaluación del atributo color, para carambolas cristalizadas con tres días de proceso., Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Las carambolas tratadas con Maltitol-Eritritol son en ambos atributos evaluados, las que menor calificación obtuvieron con 17% menor al obtenido por el control, aunque no tuvieron

diferencia significativa ($P \geq 0.05$). Así se verificó lo que Dubose *et al.*, (1998) menciona sobre la relación entre la intensidad de color y el sabor.

Comparando estos resultados con los obtenidos por el parámetro de color “Luminosidad”, observamos que estos mismos tratamientos son los que tienen una mayor luminosidad, afectando así la interpretación sensorial del producto, ya que el edulcorante eritritol, al tener un color blanco intenso al cristalizar, afecta la percepción del panelista haciéndolo creer sería más dulce de lo que realmente es (Perko, 2006; Morrot *et al.*, 2001).

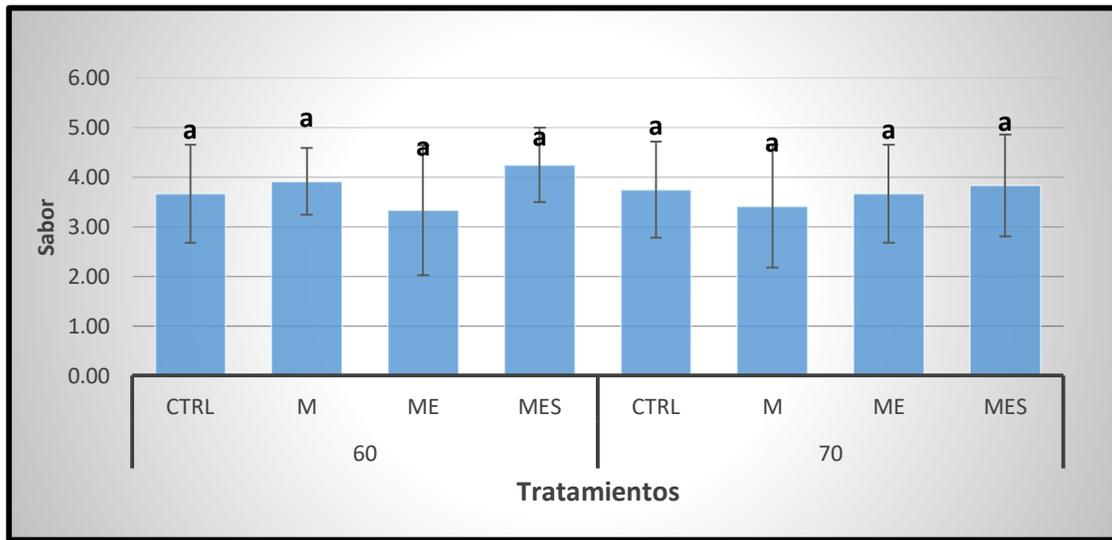


Figura 58. Evaluación del atributo sabor, para carambolas cristalizadas con tres días de proceso., Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En este atributo los controles fueron una buena guía para hacer comparaciones, pues el sabor que aporta la sacarosa es muy conocido y característico, y resulta difícil sustituirla. A pesar de esto, con los resultados obtenidos por el panel, es posible decir que las carambolas tratadas con Maltitol-Eritritol-Sacarosa tienen un desempeño mejor que el control, en cuanto a sabor, se atribuye a que el Eritritol disminuye el dulzor del cristalizado aportando un toque fresco al producto (Perko, 2006).

Las formulaciones que fueron elaboradas con 3 días de proceso, y formulación con Maltitol y Maltitol-Eritritol-Sacarosa al 60% son las formulaciones con calificación más alta al igual que en apariencia general (figura 55), siendo las formulaciones con Maltitol-Eritritol-

Sacarosa las que tuvieron la mejor calificación, superando al control del 10 al 16% en color y sabor respectivamente. En las formulaciones con 70%, no se presentó la misma relación entre el color y sabor, dado que, en color, las formulaciones control tuvieron una aceptación mayor, y en el sabor las muestras tratadas con Maltitol-Eritritol-Sacarosa fueron las que mejor calificación obtuvieron.

Sin embargo, estos resultados aún no son concluyentes, pues la mayoría de los tratamientos tuvieron buena aceptación en cuanto a los atributos color y sabor.

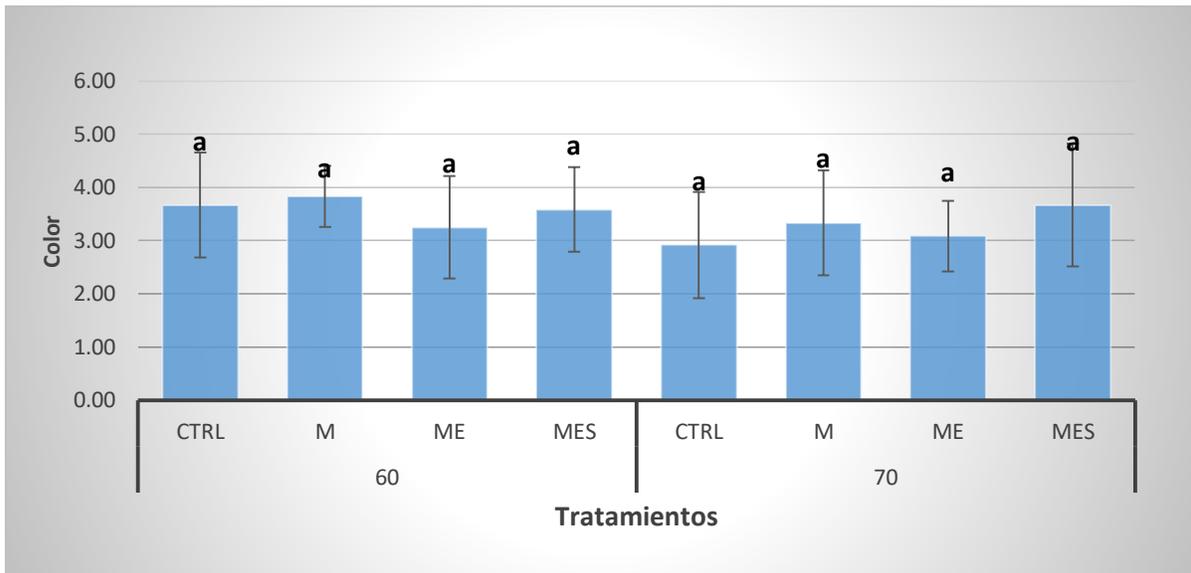


Figura 59. Evaluación del atributo color, para carambolas cristalizadas con cuatro días de proceso., Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Para el atributo color en las carambolas con cuatro días de proceso, tenemos que aunque a simple vista pareciera que son casi iguales en cuanto a aceptación, con resultados promedio entre me gusta (4) y ni me gusta ni me disgusta (3), si se extiende esta evaluación con el parámetro de color “croma” y “ángulo Hue”, tenemos que las muestras que presentan coloraciones amarillas, son las que tienen una calificación mayor por parte de los consumidores, sobre aquellas que pueden tener tonalidades oscuras.

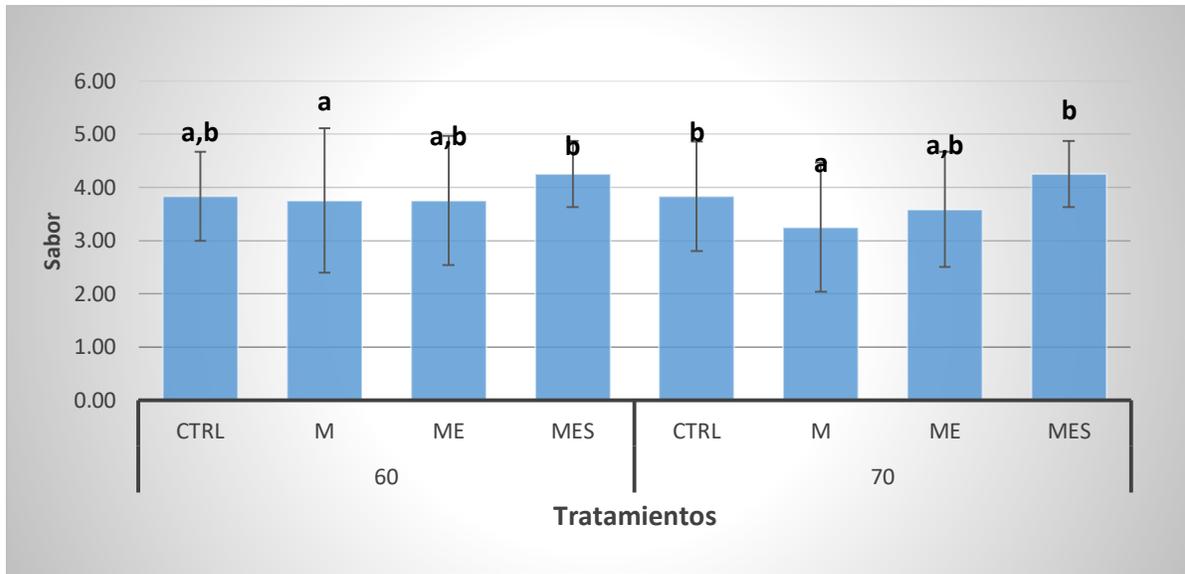


Figura 60. Evaluación del atributo sabor, para carambolas cristalizadas con cuatro días de proceso., Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Para las carambolas tratadas con cuatro días de proceso, se aprecia que las mejor evaluadas en sabor son las muestras tratadas con Maltitol, y Maltitol-Eritritol-Sacarosa, sobrepasando al control hasta en un 28% en las formulaciones con una concentración final del 60%, y en el caso de las concentraciones de 70%, tiene una relación con el atributo color donde también las muestras tratadas con la mezcla Maltitol-Eritritol-Sacarosa, tuvieron la mejor aceptación con un promedio de 3.58 / 5, indicando que a los panelistas les gusta. Estos efectos de los alimentos con mayor coloración sobre la intensidad del sabor y la identificación del sabor se discuten en Stillman, (1993), donde evalúa la percepción de los panelistas con bebidas de frambuesa y fresa, donde aquellas muestras que tenían un color más intenso, fueron las que mejor calificación obtuvieron en cuanto a sabor, a pesar de solo tener diferencias en color.

5.4.3. Olor

El olor es un atributo sensorial, donde el método más eficiente para su evaluación, es mediante un panel sensorial, dado que los instrumentos de medición no pueden reemplazar la evaluación sensorial para muchas características como el olor del producto (Lawless & Heymann, 2010).

Los mecanismos de recepción de olores ahora están comprendidos de una familia de cerca de 1000 genes para el olfato en mamíferos. Alrededor de 350 de estos los tipos de receptores son activos en humanos (Lawless, 2010). La percepción del olor de los alimentos también muestra interacciones con otros sentidos, como el sentido del gusto. Los olores de diferentes calidades tienden a enmascarar o suprimir el uno al otro, al igual que la supresión de la mezcla entre olor y sabor, por ejemplo, la identificación del olor de un alimento disminuye en función de la concentración de otro componente. Tales interacciones de intensidad son muy comunes en todos los alimentos complejos.

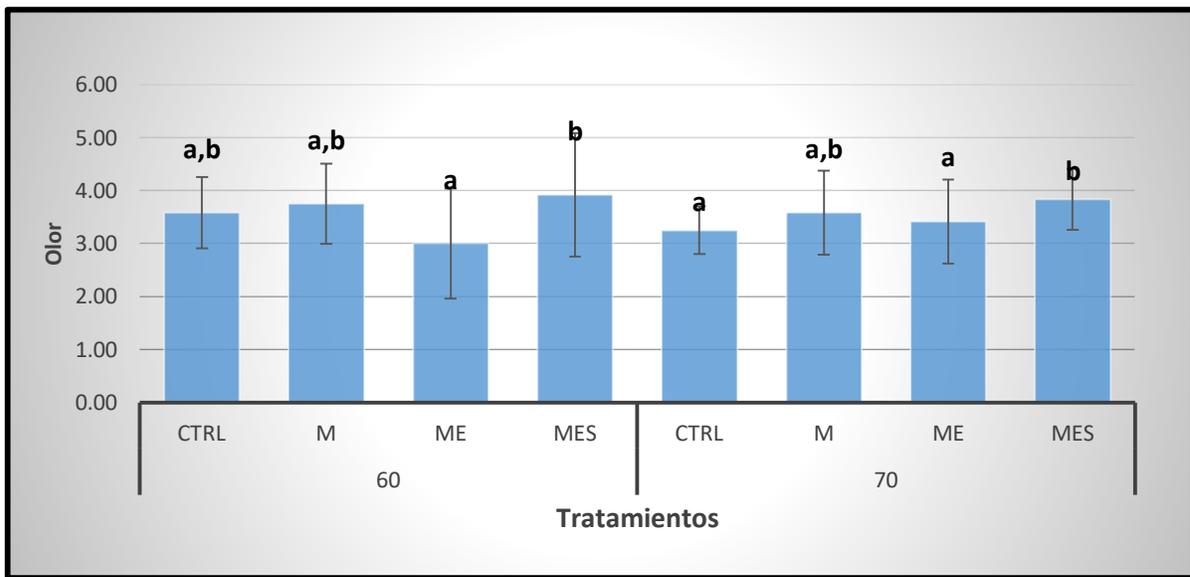


Figura 61. Evaluación del atributo olor, para carambolas cristalizadas con tres días de proceso., Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En las formulaciones de esta experimentación, como se observa en la figura 60 las carambolas cristalizadas con la mezcla Maltitol-Eritritol-Sacarosa tienen la mayor aceptación, y tienen un 10% más aceptación con respecto al control para 60% y un 15% para las de 70% que tomando en cuenta la escala utilizada, representa un valor considerable; la mayoría de las formulaciones tuvieron calificaciones similares al control.

Entre las propiedades de los edulcorantes utilizados tenemos que no presentan cambios en su olor después de algún tipo de procesamiento térmico, como la sacarosa y su típico olor a

azúcar caramelizada. Con esto, el olor de la carambola sobresaliera más en dichas formulaciones, ya que los edulcorantes utilizados son inodoros.

Las carambolas cristalizadas con Maltitol-Eritritol, son las que peor calificación obtuvieron, se asevera que es debido a una relación con la apariencia visual del producto antes de la evaluación, pero sin tener evidencia experimental.

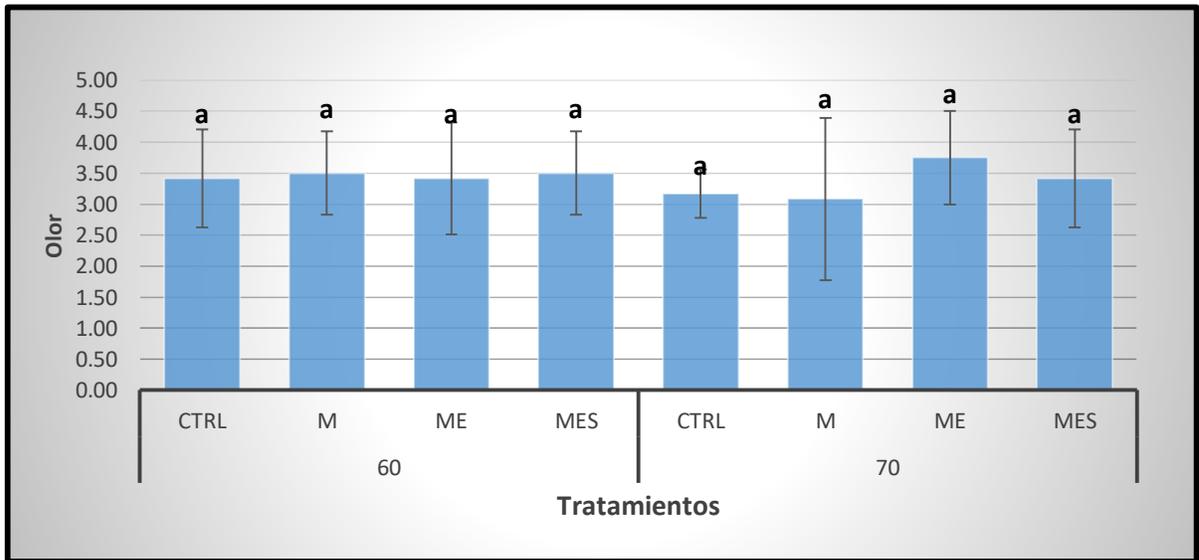


Figura 62. Evaluación del atributo olor, para carambolas cristalizadas con cuatro días de proceso., Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Una situación diferente es la que se tiene para las carambolas con 4 días de proceso, donde los resultados fueron bastante homogéneos, encontrándose en un intervalo de 3.15 y 3.5 (Entre me gusta y ni me gusta ni me disgusta), exceptuando la formulación ME 70%, que obtuvo 3.7.

Aquí las calificaciones otorgadas por los panelistas nos pueden indicar que un mayor tiempo de proceso, hace liberar más compuestos volátiles de la fruta y las interacciones de olor es lo que beneficio la percepción de los jueces.

Otro punto importante que hay que tomar en cuenta es un efecto llamado, “olor retronasal” que surge después de la degustación, y está poco localizado, pero a menudo se percibe como un sabor de la cavidad oral.

Este efecto pudo afectar la percepción de los jueces, ya que cuando el olor retronasal está presente, un hallazgo común es que la dulzura se mejora (Lawless y Heymann, 2010), y los olores también se mejoran, teniendo con ello, una mejor aceptación,

El valor promedio de olor para los controles es de 3.27, teniendo con esto la menor aceptación en cuanto a olor para formulaciones de 4 días concierne. Esto nos confirma lo que anteriormente se menciona sobre los olores que produce el azúcar al tener tratamiento térmico, estos olores harían creer al panelista que el producto es demasiado dulce en comparación a las demás muestras.

Tenemos que las muestras tratadas, a diferencia de las que tienen 3 días de proceso, son los tratamientos con Maltitol-Eritritol los que mejor calificación tuvieron seguidos por los de la mezcla Maltitol-Eritritol-Sacarosa, que también contiene sacarosa en su formulación y después de 4 días de proceso ya mostro cambios en el olor.

5.4.4. Firmeza o textura

La textura de un producto es definida por Szczesniak (1963, 2002) como la manifestación sensorial y funcional de las propiedades estructurales, mecánicas y superficiales de los alimentos detectados a través de los sentidos

Cuando lo visual y táctil las características de textura de un producto están en desacuerdo la discrepancia causa una disminución en la aceptación de un producto (Lawless *et al.*, 2010).

La textura de los alimentos puede ser extremadamente importante para el consumidor. Sin embargo, a diferencia del color y el sabor, la textura es frecuentemente utilizada por el consumidor no como un indicador de la seguridad alimentaria, pero si, como un indicador de la calidad de los alimentos.

En algunos alimentos, la textura percibida es el atributo sensorial más importante del producto, donde los labios, los dientes, la mucosa oral, la saliva, la lengua y la garganta están involucradas en esta percepción de textura; en otros alimentos, la textura del producto es importante, pero no es la principal característica sensorial del producto, y en otros alimentos, la textura percibida tiene un papel menor en la aceptación del producto (Lawless *et al.*, 2010).

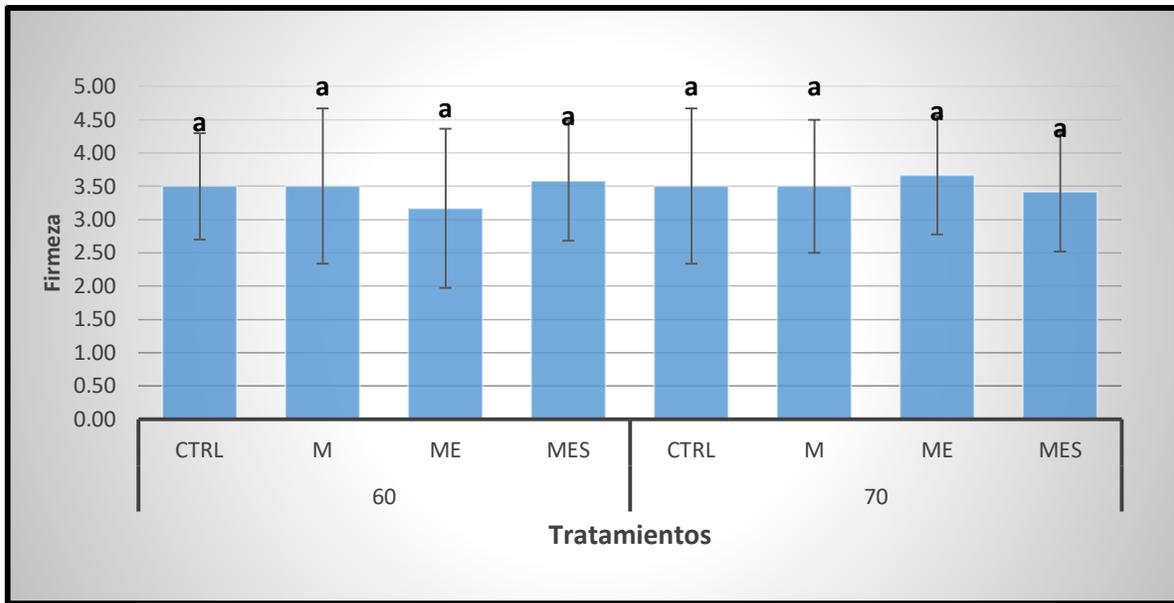


Figura 63. Evaluación del atributo firmeza, para carambolas cristalizadas con tres días de proceso., Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En la figura 63 se observa que las formulaciones de carambolas para 3 días de proceso, tienen un comportamiento similar, obteniendo valores entre 3.2 y 3.7 (significando que a unos panelistas les gusta y a otros ni les gusta ni les disgusta), donde las carambolas Control y las tratadas con Maltitol, tuvieron valores de 3.5 tanto para 60 como para 70% de concentración final, la calificación más alta otorgada por el panel sensorial fue para las carambolas formuladas con Maltitol-Eritritol-Sacarosa y Maltitol-Eritrol (3.64 y 3.7), sin embargo, para carambolas del 60%, la calificación obtenida por Maltitol-Eritritol fue la menor de todas las pruebas, siendo un 10% menor a la calificación obtenida por el control.

Hay que tener en cuenta que las evaluaciones sensoriales se enfocan mucho en las sensaciones que causan en la boca, ya que como menciona (Szczesniak, 2002), uno de los principales impulsores de las respuestas de los consumidores a la textura de los alimentos es que "A las personas les gusta tener el control total de la comida colocada en su boca". Alimentos crujientes, pegajosos o viscosos o aquellos con grumos inesperados o partículas duras son rechazados por temor a arcadas o ahogamiento, y con las características un tanto viscosas de los cristalizados, es que se relaciona con las calificaciones obtenidas.

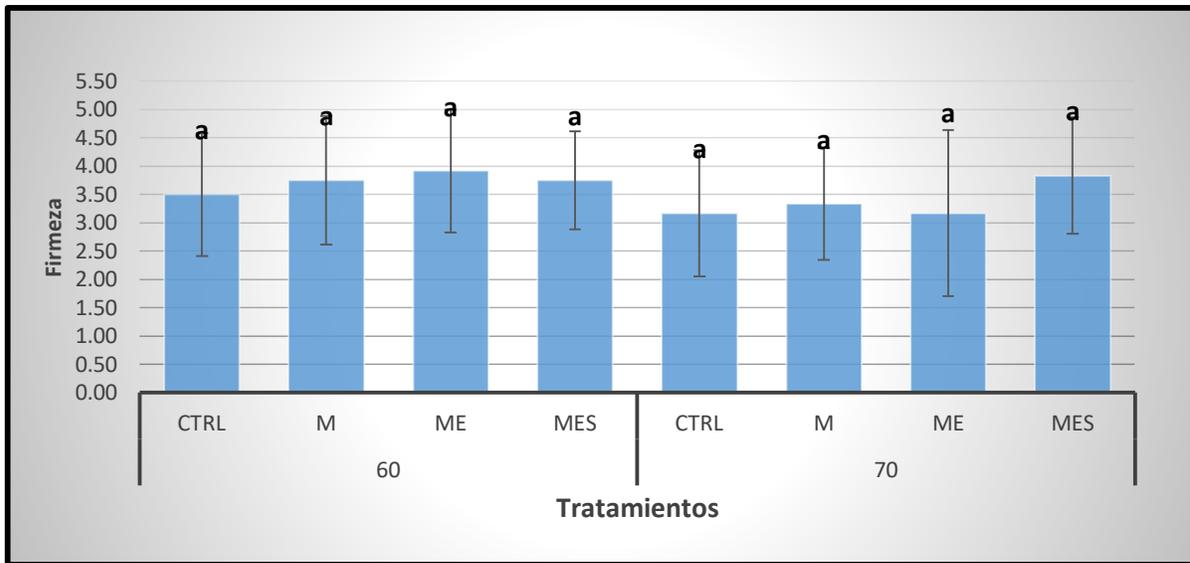


Figura 64. Evaluación del atributo firmeza, para carambolas cristalizadas con cuatro días de proceso., Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Un buen fruto cristalizado, tiene que poseer la firmeza adecuada tanto por fuera como por dentro, para ser aceptada por el consumidor, el Eritritol aporta esta firmeza deseada, al cristalizar más rápido que los demás edulcorantes y tener esta característica (Perko, 2006), debido a esto, es que Maltitol-Eritritol 60% y 4 días, ME 70% 3 días, tienen mejor calificación que el mismo control, seguidas de Maltitol-Eritritol-Sacarosa al 70% y 4 días y Maltitol al 60% y 4 días esto se puede verificar en la figura 64 En las carambolas cristalizadas por 4 días de proceso, el control fue el que menor aceptación tuvo entre los panelistas.

A pesar de las calificaciones dadas por los panelistas, una vez más tenemos que en algunas muestras con Maltitol-Eritritol-Sacarosa y Maltitol-Eritritol fueron superiores con respecto al control, y con esto determinamos que la firmeza de los productos cristalizados, no se ve afectada al hacer un cambio en el tipo de edulcorante, ya que como se mencionó, las carambolas control y las tratadas con Maltitol, tienen el mismo comportamiento para 3 días, y para el caso de 4 días, Maltitol al 60% obtuvo la mejor calificación, debido a que como indica Kearsley, (2006), los puntos de cristalización y características de este edulcorante es muy similar al de la sacarosa.

5.4.5. Agrado General

Una serie de factores anteriormente descritos en cada uno de los atributos de la evaluación sensorial, son los que repercuten en la aceptación general del producto, y haciendo un análisis general, se podría decir, que los resultados expresados en las figuras 65 y 66 concuerdan en su mayoría a los obtenidos por cada atributo por separado.

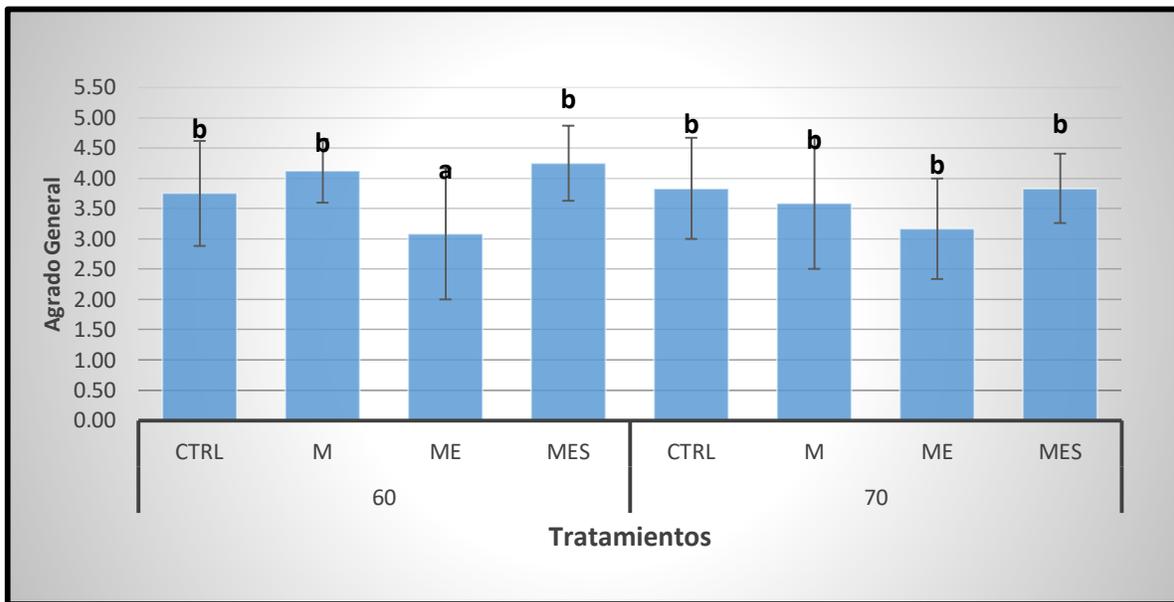


Figura 65. Evaluación sobre el agrado general, para carambolos cristalizadas con tres días de proceso., Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución. Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En la calificación de agrado general, para las carambolos procesadas por 3 días de proceso, tenemos que tanto la formulación de Maltitol al 60%, como ambas de Maltitol-Eritritol-Sacarosa son las que mejor aceptación tuvieron en general, siendo entre 10 y 12% más altas que el control, los parámetros que más peso tuvieron sobre el agrado general analizando todos y cada uno de los atributos, serian en el siguiente orden: apariencia general, sabor, color, firmeza y olor, se sugirió este orden porque tomando como referencia (Lawless *et al.*, 2010), quien dice que la primer evaluación que hace el consumidor es la apariencia del producto, donde el color impactará al sabor percibido, pero no al agrado general, al final viene el olor, ya que este tipo de productos no son tan aromáticos, y que en este caso la textura maneja un

papel menos importante. Como ejemplo de los últimos dos atributos, está el de las carambolas formuladas con Maltitol-Eritritol las cuales presentaron muy buenas calificaciones e incluso llegaron a ser las mejor evaluadas tanto en olor como firmeza, pero al hacer la evaluación de agrado general, sabor, color y apariencia, se posicionaron como una de las formulaciones menos aceptadas.

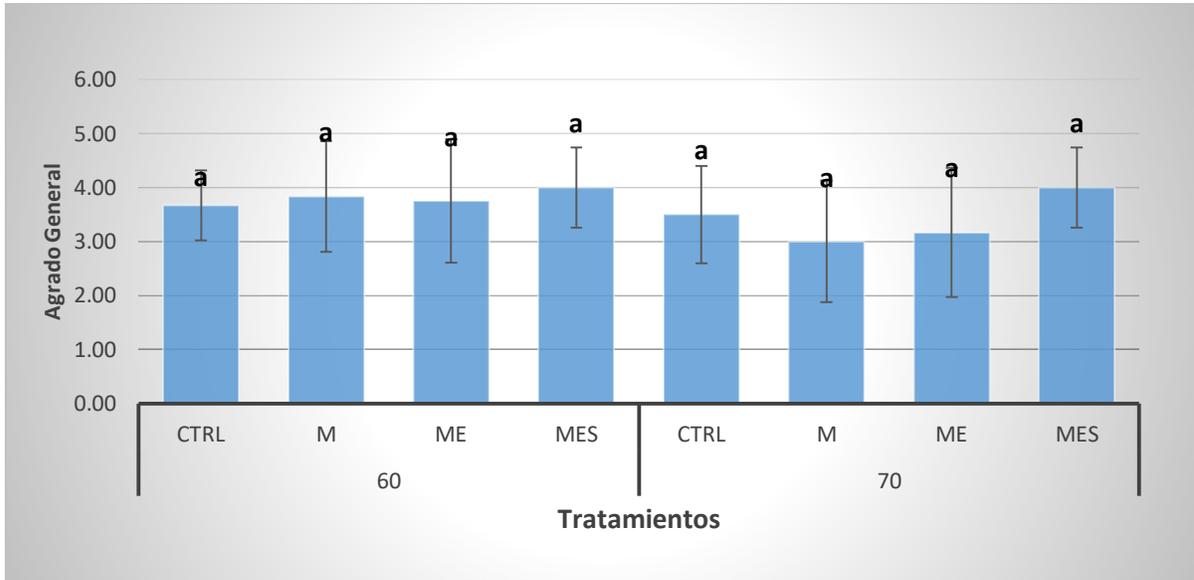


Figura 66. Evaluación sobre el agrado general, para carambolas cristalizadas con cuatro días de proceso., Dónde: (M= Maltitol, ME= Maltitol-Eritritol 3:1, MES= Maltitol- Eritritol-Sacarosa 3:1:1, CTRL= Control; 60, 70= [%] final de solución Las letras diferentes en cada barra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

El panel sensorial, determinó en agrado general que las formulaciones con 3 días de proceso tienen mejor aceptación que aquellas que llevan 4 días de proceso, esto se puede visualizar en las figuras 64 y 65. Donde para 3 días de proceso, 6 de 8 formulaciones sobrepasaron los 3.6 de calificación (llegando casi a me gusta), mientras que para las formulaciones de 4 días de proceso fueron 5 formulaciones.

Específicamente para las carambolas procesadas con 4 días de proceso, tenemos que las que llegaron a concentraciones de 60% tuvieron mayor aceptación que aquellas que llegaron al 70% concordando esto con parámetros como el color y sabor, donde también obtuvieron la menor calificación.

Tomando en cuenta los demás resultados de los otros parámetros que se midieron, tanto sensoriales, como químicos y de calidad se puede establecer que la mejor formulación, es aquella que tiene el tratamiento con Maltitol-Eritritol-Sacarosa, a una concentración final de 60% y llevándose a cabo en 3 días de proceso. Ya que en la mayoría de los atributos sensoriales presentó buena aceptación, en parámetros químicos fue una de las formulaciones que más fenoles totales contuvo y una mayor actividad antioxidante presentó; mientras que para los parámetros de calidad, tuvo sólidos solubles totales necesarios para un cristalizado, con buenas propiedades de color, pH dentro de los intervalos requeridos y una acidez aceptable.

5.5. Caracterización de carambola cristalizada con edulcorante de bajo aporte calórico.

5.5.1. Análisis Químico Proximal de carambola cristalizada con edulcorante de bajo aporte calórico

Para asegurar que el producto final obtenido cumple con los requerimientos del mercado y del producto, se realizó un análisis químico proximal para determinar la humedad, proteína, fibra, cenizas, y carbohidratos del producto elaborado.

Los resultados del análisis químico proximal, en su mayoría se compararon contra los del fruto en estado fresco, dado que, hasta el momento, no hay datos sobre la composición química de carambola cristalizada tradicionalmente.

Los resultados del análisis químico proximal de la carambola Cristalizada con las condiciones de proceso seleccionadas anteriormente, reflejan las características de un producto cristalizado tradicionalmente ya que contiene en promedio menos del 30% de humedad.

Tabla 11. Composición química y aporte calórico de carambola cristalizada con Maltitol-Eritritol-Sacarosa al 60% de concentración final y tres días de proceso.

COMPONENTE	RESULTADO (g/100g)	APORTE CALORICO POR PORCION DE 30g (Kcal)
HUMEDAD^b	29.65±2.56	88.6 Kcal por porción
PROTEINA^b	1.2 ±0.25	
FIBRA CRUDA^b	0.98 ±.018	
CENIZAS^b	1.8±0.12	
CARBOHIDRATOS^b	41.35±4.32	

Los resultados obtenidos de fibra, se asemejan al del fruto en estado fresco, al igual que la proteína donde comparándolo con lo reportado en la bibliografía hay un incremento de casi 1%, esto debido como se mencionó anteriormente, al proceso de secado a temperatura ambiente al que se somete la muestra.

Las cenizas son la que más incremento tuvo, y se atribuye a que tanto el azúcar (sacarosa) como los polioles que se agregaron en la solución edulcorante pudieron haber aportado cenizas.

Para los carbohidratos, se observa una notable diferencia entre un producto cristalizado tradicionalmente, y el cristalizado con las condiciones de proceso establecidas, mientras que para un producto cristalizado tradicionalmente, los carbohidratos alcanzan mínimo el 65% (ITDG, 2006) En esta experimentación se obtuvo un promedio de 41.35%.

A pesar de tener alrededor de 69 °Brix, los resultados indican que hay en promedio de 26 a 29% de sólidos que no fueron determinados como carbohidratos; por las características químicas de los edulcorantes utilizados, se atribuye a que la conformación de los mismos impide que sean evaluados como carbohidratos (Zhang *et al.*, 2010)

Dado los resultados obtenidos, y refiriéndonos a la NOM 086, el producto elaborado se puede clasificar tanto como un producto reducido en calorías, como un reducido en azúcar.

5.5.2. Parámetros microbiológicos de carambola cristalizada con edulcorante de bajo aporte calórico

Como parte del aseguramiento de la calidad del producto final obtenido, se optó por realizar un estudio microbiológico para determinar la calidad microbiológica del producto elaborado. En los frutos sometidos a procesos como el cristalizado, al ser un proceso que involucra un incremento de temperatura (ebullición), es poco probable el desarrollo de bacterias mesofílicas, coliformes, hongos y levaduras. No obstante, hay que tener especial cuidado para evitar su proliferación, ya que la micro flora que se desarrolla depende enormemente de las condiciones ambientales, así como su manipulación después de procesamiento (Erturk & Picha, 2005).

Con el fin de evaluar la inocuidad del producto después de procesamiento, se realizó un recuento en placa de microorganismos coliformes, mesófilos, mohos y levaduras totales y los resultados se aprecian en las tabla 12.

Tabla 12. Recuento total de diferentes microorganismos (mohos y levaduras, mesófilos aerobios y coliformes totales) para carambola cristalizada con Maltitol-Eritritol-Sacarosa al 60% de concentración final y tres días de proceso.

MICROORGANISMO	RESULTADO (UFC/g)
Mohos y levaduras	>10
Mesófilos aerobios	>10
Coliformes totales	>10

Con los datos obtenidos en la tabla 12, se observa que la presencia de microorganismos es muy baja, indicando así que el proceso de elaboración se llevó a cabo correctamente, en primera instancia, teniendo una eliminación de mesófilos aerobios ya que son microorganismos que tienen su mayor actividad entre temperaturas de 20 y 37°C y que son dependientes del oxígeno, y al ser sometidos a una combinación de un tratamiento térmico, más el uso de edulcorantes con difícil procesamiento de fermentación por parte de los microorganismos, resultaron las más útiles para conseguir un producto con la calidad microbiológica como el conseguido.

En el caso de los coliformes totales, sus bajos conteos pueden relacionarse directamente con el efecto de temperatura durante el proceso, ya que estos, son organismos mesofílicas cuyo crecimiento óptimo se encuentra entre 25 y 40 °C; y a temperaturas mayores de 50 °C mueren. (Abushelabi *et al.*, 2003). Además, se ha documentado que Salmonella, al igual que los coliformes fecales, mueren al estar expuestos a temperatura de 55 °C por una hora o entre 15 y 20 min a 60 °C (Tchobanoglous *et al.*, 2003). Teniendo en cuenta que durante el proceso de elaboración se alcanzan temperaturas de ebullición (aproximadamente 90°C) es un factor determinante para su eliminación. Los hongos y levaduras presentaron 5 UFC/g que, sin ser un número elevado, son los microorganismos que se encontraron en mayor concentración, pudiendo ser como consecuencia de una disminución de actividad de agua y propiciando su crecimiento, como por una posible contaminación ambiental, o por manipulación.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- ❖ El uso de tratamientos antioxidantes (ácido cítrico, ácido ascórbico, y mezcla (AC+AS 1:1) mostraron efectividad al inhibir la actividad enzimática de polifenol oxidasa, sin embargo, fueron las carambolas tratadas con Ácido Ascórbico 1% y 2cm de espesor las que presentaron mayor efectividad en la inhibición en la actividad de la enzima conservando los parámetros como la firmeza.
- ❖ El uso de edulcorantes bajos en calorías (Maltitol, Maltitol-Eritritol 3:1, Maltitol-Eritritol-Sacarosa 3:1:1) en las soluciones para cristalizar permite desarrollar productos con un aporte calórico reducido y con un valor agregado como producto.
- ❖ La prueba sensorial de aceptación en carambolas cristalizadas ayudó a establecer las condiciones de proceso del producto, dado que tiene un impacto muy fuerte sobre a el producto, marcándose una notable preferencia hacia las carambolas procesadas con el edulcorante Maltitol-Eritritol-Sacarosa en cualquier concentración y días
- ❖ Las condiciones seleccionadas para el proceso de elaboración de carambola cristalizada fueron: 3 días de proceso, una concentración de 60% y la utilización de edulcorante Maltitol-Eritritol-Sacarosa, combinación que obtuvo muy buena aceptación por parte del panel sensorial, obtuvo buenos resultados en parámetros de calidad y químicos, no presentó cambios de color y la capacidad antioxidante disminuyó ligeramente con respecto al fruto fresco.
- ❖ Refiriéndonos a la NOM 086, el producto elaborado se puede clasificar tanto como un producto reducido en calorías, como reducido en azúcar, ya que presenta alrededor de 20% menos contenido de azúcar comparado con el producto tradicional.
- ❖ Con estos resultados se determina que la elaboración de carambola cristalizada con edulcorantes es una alternativa para fomentar el consumo de esta fruta además de generar un producto de valor agregado.

RECOMENDACIONES

- ❖ Evaluar los parámetros de calidad, químicos y sensoriales sobre carambola en estado fresco, y hacer una comparativa de los cambios en la aceptación después de someterla al proceso de cristalización.
- ❖ Evaluar diferentes mezclas de edulcorantes con los utilizados en este trabajo, así como proponer otros edulcorantes bajos en calorías como el Xilitol o Lactitol, para cristalizar carambola y encontrar la mezcla ideal que tenga la mejor aceptación en una prueba sensorial y mayor valor nutricional.
- ❖ Establecer un nuevo método de elaboración de carambola cristalizada que sea menos agresivo (sin llegar a ebullición), modificando las concentraciones y días de proceso, y que conserve el mayor valor nutricional.
- ❖ Realizar un estudio de vida de anaquel acelerada sobre la carambola cristalizada para determinar los días de vida útil del producto.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Aberouman A. Deokuke S. (2010) Total phenolic contents of some plant foods as an antioxidant compound. *Journal of food Technology*. Vol. 8, 131-133.
2. Abushelabi A.A., Sofos J.N., Sameli J. y Kendall P.A. (2003). Survival and growth of *Salmonella* in reconstituted infant cereal hydrated with water, milk or apple juice and stored at 4 °C, 15 °C and 25 °C. *Food Microbiology*. Vol 20, 17–25.
3. Aginger, N (2001) *Química Orgánica*, Ed. Reverté, PP. 690
4. Álvarez Laris, Claudia (2009). La dulce tradición de Santa Cruz Acapulco, Xochimilco, en *La Jornada*, 22 de Julio de 2009, consultada en Febrero de 2015. Disponible en: <http://aunamnoticias.blogspot.mx/2012/03/santa-cruz-acapulco-pueblo.html>
5. Alzamora S. M., Guerrero S. N., Nieto A., Revisión y edición Mejía L. (2004). *Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas, Manual de capacitación.*, Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria (AGST) Dirección de Sistemas de Apoyo a la Agricultura (AGS) FAO
6. Andrade M. J., Guerrero C., Henríquez A., Gómez A, Concellón A., (2010) Influencia de la radiación UV-C como tratamiento postcosecha sobre carambola (*Averrhoa Carambola L.*) mínimamente procesada almacenada en refrigeración. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, Vol. 11, Núm. 1, 18-27. Asociación iberoamericana de tecnología postcosecha, s.c. México
7. A.O.A.C. (2000) *Official methods of analysis*, USA.
8. Arias J., (2008), *Aprovechamiento Agroindustrial de la uvilla (Physalis Peruviana)*, para la obtención de productos cristalizados y chips. Tesis de licenciatura. Ingeniería Agroindustrial, EPN, Ecuador.
9. Artes, F., Castañer, M., Gil, M. L. (1998). El pardeamiento enzimático en frutas y hortalizas mínimamente procesadas. *International Journal of food Science and technology* Vol 4, Issue (6), 377-389.
10. Azeem A. K., Mathew M., (2010) Hepatoprotective effect of *Averrhoa carambola* fruit extract on carbon tetrachloride induced hepatotoxicity in mice. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine* Vol 3, Issue, 4, 610-613.
11. Barrera J., Sandoval A., (2006) *Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas*. Universidad Simón Bolívar, editorial Equinoccio. 2ª reimpresión.
12. Becerra A. M., Machado H. P., Campos A. A., Matías G., Arraes G., (2011) bioactive compound and antioxidant activity of fresh exotic fruit from northeastern Brazil. *Food Research International* Vol. 44, 2155-2159

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13. Beckett-Young, Kathleen (1989). Fare Of The Country; Candied Fruit Of Provence: Sweet Tradition. The New York Times. Retrieved 2010-04-28.
14. Berry R. E., Wagner C., Shaw P. E., Knight R., (1977) Promising products from tropical fruits. Food products Development Vol. 7 Issue, (4), 109 – 112
15. Borchani, C., Besbes, S., Masmoudi, M., Blecker, C., Paquot, M., & Attia, H. (2011). Effect of drying methods on physico-chemical and antioxidant properties of date fiber concentrates. Food Chemistry, Vol. 125, 1194-1201.
16. Boticario, B.C. (2005) ¿Una alimentación sana puede prevenir el cáncer? Anales de la Real Academia de Farmacia, Vol. 71, 609-633.
17. Burgos M., (2015), La carambola, una fruta con estrella, Puleva Salud. En línea, consultado en Diciembre de 2015, disponible en:
<https://www.lechepuleva.es/nutricion-y-bienestar/beneficios-para-la-salud-de-la-carambola>
18. Calorie Control Council (1996) Disponible en:
<http://datosobrelospolioles.com/erythritol/>
19. Calzada J., (1980). 143 Frutales Nativos , 1ra edición. Lima, Perú.
20. Campbell C.A., Koch K. (1989) Sugar/acid composition and development sweet tart carambola fruit. Journal of American Horticultural Science Vol. 115, 455-457.
21. Campbell C. A., Malo S., (1981) The carambola. Fruit Crops Fact Sheet FC-12 Florida Cooperative Extension Service, Universit of Florida, Gainesville, USA.
22. Campbell C. W., Knight K., Olszack R., (1985) Carambola production in Florida. Proc. Fla. State Horticultural Society Vol 98, 145 – 149.
23. Cano, M.P., Lobo, M.G., y Ancos, B. (1998) Peroxidase and Polyphenol oxidase in Long-Term frozen Stored Papaya Slices. Differences among Hermaphrodites and Female Papaya Fruits. Journal of Food Science and Technology, Vol. 76, 135-141
24. Como hacer fruta cristalizada (2018), disponible en:
<http://www.recetasgratis.com/2015/09/como-hacer-fruta-cristalizada-receta.html>
25. Dávila R., Cortés M., Gil J., (2016) Cambios físicos y fisicoquímicos durante el almacenamiento en plátano impregnado al vacío con soluciones antioxidantes. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial.14 (2):125-134
26. Doce de carambola em calda (2015), consultado en Agosto de 2018, Disponible en:
<https://cozinhaefemera.wordpress.com/2012/05/15/doce-de-carambola-em-calda/>

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

27. Dubose, C. N., Cardello, A. V. and Maller, O. (1980). Effects of colorant and flavorants on identification perceived flavor intensity and hedonic quality of fruit-flavor beverages and cake. *Journal of Food Science*, Vol. 45, 1393-1399, 1415.
28. El Premio Nobel de Medicina y las manzanas transgénicas <https://scientiablog.com/2015/02/27/el-premio-nobel-de-medicina-y-las-manzanas-transgenicas/>
29. Erturk E. y Picha D. H. (2005). Microbiological quality of fresh-cut sweet potatoes. *International Journal of Food Science Technology*, 41, 366–374
30. ITDG (Intermediate Technology Development Group) (2006). Ficha técnica de elaboración de fruta confitada. Soluciones prácticas, Lma, Perú.
31. Francis, F.J. (1980). Color quality evaluation of horticultural crops. *Hort. Science* Vol. 15,58-59.
32. García C., Giraldo G. , Hurtado H., Mendivil C., (2006), Cinética enzimática de la polifenol oxidasa del banano gros michel en diferentes estados de maduración. Universidad De Antioquia, Medellín. *Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica* Issn 0121-4004 Volumen 13 Número 2 Págs. 13-19
33. Gianola, G. (1980) La industria de la fruta seca, en almíbar y confitada, Paraninfo 2ª edición, España.
34. González M L, Muñoz P, Valls V. (2009) Actividad antioxidante de la cerveza: Estudios in vitro e in vivo. Centro de información: Cerveza y salud.
35. González O. M., Guzmán M. I. (2011) Efecto de películas comestibles formuladas a base de alginato y grenetina en la vida útil del mango cortado y listo para consumir. Tesis de licenciatura. Ingeniería en Alimentos FESC-UNAM. México.
36. Gross, J., Ikan, R., Eckhardt, G., (1982), Carotenoids of the fruit of Averrhoa Carambola. *Journal of Phytochemistry*, Vol 22, No. 6, 1479-1481.
37. Guanghou S., Lai P. (2005). Residue from star fruit as valuable source for functional food ingredients and antioxidant nutraceuticals. *Journal of Food Chemistry* Vol. 97, 277–284.
38. Haruenkit (2004), Analysis of sugars and organic acids in pineapple, papaya and star fruit by HPLC using an aminex HPx-87 H column, Faculty of Agricultural Industry, Bangkok, Thailand
39. Meza M., (2016) Higos Cristalizados, Consultado en Noviembre de 2016, disponible en: <https://www.profeco.gob.mx/TECNOLOGIAS/CONFITE/HIGOSCRIS.HTM>

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

40. INIFAP, (2004), por: Hilda Pérez Barraza, Víctor Vázquez Valdivia. Carambolo (Averrhoa Carambola l.) su cultivo y producción en Nayarit. folleto técnico 3. centro de investigación regional del pacifico centro campo experimental Santiago Ixcuintla.
41. JECFA. The Joint Food and Agriculture Organization/World Health Organization Expert Committee on Food Additives
42. Kader A.A., (2003) Quality Parameters of fresh-cut fruit and vegetable products. In O. Lamikanra (ed.), fresh-cut fruits and vegetables. Science, Technology and Arket. Boca Raton, FL: CRC Press.
43. Kang, K.W., Kwak, S.H., Yun, S.Y., Kim, S.K. (2007) Evaluation of Antioxidant Activity of Sugar Alcohols Using TOSC (Total Oxy-radical Scavenging Capacity). Corea Agricultura Science Digital Library
44. Kearsley (2006). Maltitol. En: H. Mitchel, ed., Sweeteners and sugar alternatives in food technology, 1a Ed. Blackwell publishing., pp.223 – 248.
45. Khurnpoon, L., Promtab, W., (2014) The effect of ascorbic acid on browning symptom in whole and fresh-cut sapodilla (*Achras sapota* Linn.) fruit during storage V Postharvest Unlimited, ISHS International Conference, 10-13.
46. Kuskoski E., Asueroro A., Troncoso A., Garcia M. C. Fett R., (2004) Actividad antioxidante de pigmentos antocianicos. Revista. Brasileña. Ciencia y Tecnología. Alimentaria., Vol. 24, No. 4, 691-693
47. Kuskoski E., Asueroro A., Troncoso A., Mancini-Filho J. (2005) Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. Journal of Food Science and Technology vol.25 no.4
48. Lavin, J., Lawless, H. T. (1998) Effects of color and odor on judgments of sweetness among children and adults, J. Food Quality and Preference, 9, 283 – 289.
49. Lawless H. T., Heymann H., (2010) Sensory Evaluation of Food Principles and Practices. Segunda edición, editorial Springer.
50. Lawless, H., Popper R., Kroll B., (2010) A comparison of the labeled magnitude (LAM) scale, an 11-point category scale and the traditional 9-point hedonic scale, Journal of Food Quality and Preference, 21, 4–12.
51. Leighton F, Urquiaga I, Diez M. (1997) Propiedades antioxidantes del vino y sus componentes. XXII Congreso de la Vid y del Vino. Buenos Aires, Argentina.
52. Lim Y., Lee S., (2013) *In Vitro* Antioxidant capacities of Star fruit (*Averrhoa carambola*), an Underutilised tropical fruit. Journal of Biology, Vol 01, Issue 01, pp. 21-24.

53. Lira D. M. R. (2007) Guía para la evaluación sensorial de los alimentos. Agrosalud, Lima, Perú
54. Londoño C, Ossa Z., Perdomo L.& Valencia W. (2001) Influencia del espesor y la temperatura en el secado de carambola (Averrhoa Carambola L.) . Ingenierías & Amazonia 4(2),. Comp. Anal. 14, Pp.169.
55. Lowry, O. H., Rosebrough, N.J., Farr, A. L., & Randall, R.J. (1951) Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193: 265-275
56. Maltitol syrups (2016) Consultado en Agosto de 2018, Disponible en: <https://www.foodingredientsonline.com/doc/maltitol-syrups-0001>
57. Matthews, R.F., Myers, P.O., 1995. Effect of antioxidants on browning of refrigerated carambola slices. Proc. Florida State Hort. Soc. Vol. 108, 316–320.
58. McGuire R., (1992) Reporting of objective color measurements. Hort Science, Vol. 27 Issue 12. 1254–1255.
59. Mermelada de carambolo y piña (2018), consultado en Julio de 2018. Disponible en: <http://www.encuesta2.com/encuesta-35207/mermelada-pina-amp-carambola.html>
60. Mi dulce Puebla (2018) consultado en Julio de 2018, Disponible en: <http://midulcepuebla.com/fruta-cristalizada/>
61. Michelis A. (2006) Elaboración y conservación de frutas y hortalizas. Procedimientos para el hogar y pequeños emprendimientos comerciales. Editorial hemisferio sur, Argentina.
62. Miller,W.R., McDonald, R.E., (1998). Reducing irradiation damage to ‘Arkin’ carambola by plastic packaging or storage temperature. HortScience 3, 1038–1041.
63. MACIA (Ministerio de Asuntos campesinos indígenas y agropecuarios), (2003). “Cadena productiva: Frutas exóticas”, Cochabamba, Bolivia.
64. Matthews, R.F.; Myers, P.O. (1995) Effect of antioxidants on browning of refrigerated carambola slices. Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 108, 316-320
65. Morante J., Agnieszka A., Bru R., Carranza M., Pico R., Nieto E., (2014) Distribución, localización e inhibidores de las polifenol oxidasas en frutos y vegetales usados como alimento. Revista de Ciencia y Tecnología. Vol 7 Issue 1, 23-31.
66. Morrot, G. Brochet, F. and Dubourdieu, D. (2001). The color of odors. Brain and Language, 79, 309 – 320.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

67. Morton J., (1987) Carambola, In: Fuits of Warm Climates, Morton J. F., (ed). Creative Resources Systems, Inc., Miami, Florida, USA.
68. Munro I., Bernt W., Borzelleca J., Flamm G., Lynch B., Kennepohl E., Baè E., Modderman J., (1998), Erythritol: An Interpretive Summary Of Biochemical, Metabolic, Toxicological And Clinical Data, Journal Of Food And Chemical Toxicology, Volume 36, Pp. 1139-1174
69. Muñoz, A., Ramos, F., Alvarado, C., Castañeda, B., Lizarazo, F. (2009). Evaluación de compuestos con actividad biológica en cascara de camu camu, Guinda, Tomate de árbol y Carambola. Cultivadas en Perú. Rev. Soc. Quím. Perú. 75 (4).
70. Murillo E. (2002) Actividad antioxidante de Bebidas de frutas y de té comercializadas en Costa Rica. Universidad de Panamá, instituto de Alimentación y nutrición
71. Naczk, M.; Shahidi, F. (2006). Phenolic in cereal, fruit and vegetables: Occurrence extraction and analysis. Journal Pharmaceutical and Biomedical Analysis, v. 41, p. 1523-1542.
72. Norma Mexicana NMX-F-102-S-1978. Determinación de la acidez titulable en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas. Dirección general de normas
73. Norma Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994, Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales.
74. Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.
75. Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
76. Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales.
77. Orozco N., (2010) Tendencias innovadoras en la industria de la confitería. Dirección de Innovación y Desarrollo Tecnológico Ministerio de Economía. El Salvador.
78. Organic Facts (2018), 11 Best Benefits Of Star Fruit (Carambola), consultado en Julio de 2018. Disponible en: <https://www.organicfacts.net/star-fruit-carambola.html>
79. Pearson, D. (1998) Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos, Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, Pp. 332.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

80. Perko, R. (2006). Eritritol. En: H. Mitchel, ed., Sweeteners and sugar alternatives in food technology, 1a Ed. Blackwell publishing., pp.149 - 176.
81. Pragati, S; Dahiya, S; Dhawan, SS. (2003). Effect of drying methods on nutritional composition of dehydrated aonla fruit (*Emblica officinalis* Garten) during storage. *Plant Foods for Human Nutrition*. 58: 1–9.
82. Propiedades medicinales de la carambola (2018), consultado el 23 de julio de 2018. Disponible en: https://www.botanical-online.com/carambola_beneficios.htm
83. Quintero V. C., Giraldo G.G., Lucas J A., Vasco J., (2013) Caracterización fisicoquímica del mango comun (*Mangifera Indica* L.) durante su proceso de maduración. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* Vol.11 No. 1 pp. 10-18.
84. Re, R.; Pellegrini, N.; Proteggente, A.; Pannala, A.; Yang, M.; Rice-Evans, C. (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay, *Journal of Free Radical Biology and Medicine*, 26: 1231-1237
85. Rico A. B., Martin-Dianna J.M., Baratb y C. Barry-Ryana (2007). Extending and measuring the quality of fresh –cut fruit vegetables: a review. *Food Science and Technology*, 18: 373-386.
86. Rivera M., (2009) Investigación y análisis de la carambola y propuesta gastronómica. Tesis. Universidad Equinoccial, Quito, Ecuador.
87. Ronda F., Gómez M., Blanco C., Caballero P., 2005. Effects of polyols and non digestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. *Journal of food chemistry*, Vol 90, pp. 549-555.
88. Ruiz J., Ruiz H., Herman E., Zarate G. (2011) Modeling of Kinetics, equilibrium and distribution data of osmotically dehydrated carambola (*Averrhoa Carambola* L.) in sugar solutions. *Journal Of Food Engineering* 104, pp.218–226
89. Ruiz S. (1990). *Producción Casera De Dulces, Jaleas Y Mermeladas*, Editorial Olimpo. México.
90. SAGARPA (2002) *Procesamiento de frutas y verduras a nivel casero*. Subsecretaría de desarrollo rural. Dirección general de apoyos para el desarrollo rural
91. Salazar, L M., Guevara A., (2002) Obtención de carambola (*Averrhoa Carambola* deshidratada por osmosis *Revista ingeniería* vol. 9, núm. 1, Universidad de Carabobo Valencia, Venezuela
92. Salunke D. K., Boli H. R., Reddy N. R., (1991) *Storage, processing and nutritional quality of fruits and vegetables* (2 Edicion Vol II. Press Inc.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

93. Sánchez M., (2010) El arte del Dulce Cristalizado: Consultado en Febrero de 2015. Disponible en: <http://vatelclub.mx/pdf/EL%20ARTE%20DEL%20DULCE%20CRISTALIZADO.pdf>
94. SENATI. (1996). Elaboración de fruta confitada, guía del participante, SENATI, Madrid
95. SIAP Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, (2014), Carambola, En línea, consultado el 21 de Agosto de 2015, disponible en: <http://www.siap.gob.mx/>
96. SIAP.Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2017), Carambola, En línea, consultado el 16 de Junio de 2018, disponible en: <http://www.siap.gob.mx/>
97. Setiawan B., Sualeman A., Giraud D. W., Driskell J., (2001) Carotenoid content of selected Indonesian Fruits. *Journal of Food Comp Anal*, 14, pp. 169 – 176.
98. Sharma R.,R., Sharma, H.C; Goswami M.A (1994) Polyphenol oxidase activity and phenolic content pattern during shoot development of grape in different growing seasons. *J. Plant Biochem. Biothechnol.*, 3 (2): 145-147
99. Shui G, Leong P. (2005) Screening and identification of antioxidants in biological samples using high-performance liquid chromatography-mass spectrometry and its application on *Salacca edulis* Reinw. *Journal of Agriculture Food Chemistry*. 23;53(4):880-6
100. Solís, S. (1994), “Obtención de parámetros Tecnológicos para la Elaboración de Fruta Confitada de Carambola (*Averrhoa carambola* L.) por el método de proceso lento”. Tesis para optar por el Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María - Perú.
101. Sozzi, G. O. (2007). “Fisiología de la maduración de los frutos de especies leñosas”. En Sozzi, G. O. *Árboles frutales. Ecofisiología, cultivo y aprovechamiento*. Buenos Aires: Facultad de Agronomía. pp. 667–687.
102. Stillman, J. A. (1993) Color influence flavor identification in fruit flavored beverages. *Journal of food Science*, 58, 810 – 812.
103. Szczesniak, A. S. (1963). Classification of textural characteristics. *Journal of Food Science*, 28, 385–389.
104. Szczesniak, A. S. (2002). Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 13, 215–225.
105. Tchobanoglous G., Burton F.L. y Stensel H.D. (2003). *Wastewater engineering: Treatment and reuse*. Metcalf and Eddy. McGraw–Hill Professional, Nueva York. 1848p.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

106. Teixeira G., Durigan J. Ferraudoc A, Alves R., O'Hare T., (2012) Multivariate analysis of fresh-cut carambola slices stored under different temperatures. *Journal of Postharvest Biology and Technology* 63, pp.91–97.
107. Teixeira G., Durigan J., Alves R., O'hare T (2007) Use of modified atmosphere to extend shelf life of fresh-cut carambola (*Averrhoa Carambola* l. cv. fwang tung)". *Postharvest Biology and Technology* 44, pp. 80–85
108. Teixeira G., Durigan J.F., Alves, R.E., O'hare, T.J., (2005). Use of carambola (*Averrhoa carambola*) fruit at two stages of maturity for fresh-cut products. *Journal of postharvest biology and technology*, 68: 1901–1908.
109. Teixeira G., Durigan F., Mattiuz B., Alves E., O'Hare T. (2006), "Cultivar affects browning susceptibility of freshly cut star fruit slices" *Journal of science agricultural*, Vol 63 n-1, p 1-4
110. Tello D. (1986) Conservación de la carambola (*Averrhoa Carambola*) por azúcar y calor. Trabajo de fin de carrera, Facultad De Ingeniería En Industrias Alimentarias, Universidad Nacional De La Amazonía Peruana (Unap), Iquitos, Perú
111. Tello D., García, Vázquez. (2002) Conservación de la Carambola (*Averrhoa Carambola*) por azúcar y calor. *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, v.2, n° 1, p. 49 – 58.
112. Urreta J., (2004) Conservación de los Alimentos, editorial Persa. México
113. Wang C.Y. (1995) Effect of temperature preconditioning on catalase, on refrigerated storage of minimally peroxidase, and superoxide, dismutase in chilled zucchini squash. *Postharvest biology and technology* 5 67-76.
114. Warner E., (1993). Las conservas del año 2000. Editorial Leo. México
115. Watson L. Dallwitz M. (1994) The families of flowering Plants. *Nordic Journal of Botany* Volume 14 Issue 5.
116. Zhang Y., Li P., Cheng L., (2010), "Developmental changes of carbohydrates, organic acids, amino acids, and phenolic compounds in 'Honeycrisp' apple flesh, *Journal of Food Chemistry* 123 (4): 1013-1018.