



**DESARROLLO DE UN CAMELO SIN  
AZÚCAR A PARTIR DE PULPA LIOFILIZADA  
DE TAMARINDO**

# UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



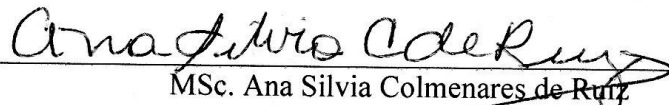
## DESARROLLO DE UN CAMELO SIN AZÚCAR A PARTIR DE PULPA LIOFILIZADA DE TAMARINDO

Trabajo de graduación presentado por Andrea María Barrios  
Abate para optar al grado académico en Maestría en  
Tecnología de Alimentos y Gestión


Guatemala,

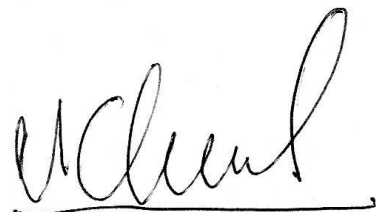
2015


Vo. Bo. :

(f)   
MSc. Ana Silvia Colmenares de Ruiz  
Asesor

Tribunal Examinador:

(f)   
MSc. Ana Silvia Colmenares de Ruiz  
Asesor

(f)   
Dra. Marializ Gramajo Rodriguez

(f)   
MSc. Ana Alicia Paz de Galindo

Fecha de aprobación: Guatemala, 11 de noviembre del 2015

## CONTENIDO

	Página
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE GRÁFICAS	xii
LISTA DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
CAPITULOS	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO	3
A. Confitería	4
1. Confitería sin azúcar	5
B. Edulcorantes (sustitutos de los azúcares)	7
1. Funciones de los edulcorantes en los productos de confitería	7
2. Edulcorantes de alta intensidad	8
a. Sucralosa	9
b. Acesulfame K	11
c. Stevia	13
3. Edulcorantes masivos	14
a. Propiedades de los azúcares de alcohol	15
b. Isomaltosa	16
c. Jarabe de maltitol	18
d. Jarabe de poliglicitol	19
C. Procedimiento para la elaboración de caramelos duros sin azúcar	20
D. El tamarindo	23
1. Generalidades	23
2. Descripción	24
3. Forma comestible del fruto	25
4. Productos procesados	26
E. Liofilización	27
1. Definición	27

2. Proceso	29
F. Empaque	31
1. Propiedades	31
III. JUSTIFICACIÓN	33
IV. OBJETIVOS	35
A. Generales	35
B. Específicos	35
V. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	36
A. ETAPA I: Formulación del caramelo	36
1. Preparación de la pulpa de tamarindo liofilizada	36
2. Prueba de diferentes formulaciones	36
a. Perfil del producto	39
b. Prueba de ordenamiento	41
c. Formulación final	41
B. ETAPA II: Evaluación de empaque y vida de anaquel	42
C. ETAPA III: Costos	43
VI. RESULTADOS	44
A. ETAPA I: Formulación del caramelo	44
1. Preparación de la pulpa de tamarindo liofilizada	44
2. Formulaciones preliminares	45
a. Formulación jarabe de poliglicitol	45
b. Formulación isomalatosa	47
c. Formulación isomaltosa y jarabe de maltitol	49
3. Perfil del producto	51
4. Prueba de ordenamiento	54
5. Formulación final	56
B. ETAPA II: Evaluación de empaque y vida de anaquel	57
C. ETAPA III: Costos	60
VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	63
VIII. CONCLUSIONES	72
IX. RECOMENDACIONES	73

X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
XI.	ANEXOS	79
	A. Tablas de Kramer	79
	B. Datos obtenidos para el análisis de vida de anaquel	81
	C. Fotografías del producto en el transcurso de 10 semanas	83
	D. Etiqueta	85

## LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Características de edulcorantes de alta intensidad aprobados por la FDA	8
Tabla 2. Propiedades fisicoquímicas de la sucralosa	10
Tabla 3. Propiedades fisicoquímicas y solubilidad del acesulfame K	12
Tabla 4. Comparación entre las características del matitol y sacarosa	18
Tabla 5. Comparación química del jugo concentrado de tamarindo y la pulpa de tamarindo en polvo	27
Tabla 6. Ventajas y desventajas del proceso de liofilización de alimentos	29
Tabla 7. Formulación utilizando jarabe de poliglicitol	37
Tabla 8. Formulación utilizando isomaltosa	37
Tabla 9. Formulación utilizando isomaltosa y jarabe de maltitol	37
Tabla 10. Procedimiento de elaboración del caramelo	38
Tabla 11. Parámetros de evaluación descriptiva. Perfil del producto.	40
Tabla 12. Evaluación de las características del caramelo de tamarindo en evaluación descriptiva. Perfil del producto.	40
Tabla 13. Formato para evaluación de aceptación. Prueba de ordenamiento	41
Tabla 14. Resultados de las características de pulpa liofilizada	44
Tabla 15. Caracterización de la pulpa de tamarindo liofilizada	44
Tabla 16. Resultados del rendimiento y comportamiento de los caramelos formulados con jarabe de poliglicitol y stevia	45
Tabla 17. Resultados del rendimiento y comportamiento de los caramelos formulados con jarabe de poliglicitol y sucralosa	46
Tabla 18. Resultados del rendimiento y comportamiento de los caramelos formulados con jarabe de poliglicitol y acesulfame	47
Tabla 19. Resultados del rendimiento y comportamiento de los caramelos formulados con isomaltosa y stevia	47

Tabla 20. Resultados del rendimiento y comportamiento de los caramelos formulados con isomaltosa y sucralosa	48
Tabla 21. Resultados del rendimiento y comportamiento de los caramelos formulados con isomaltosa y acesulfame	49
Tabla 22. Resultados del rendimiento y comportamiento de los caramelos formulados con isomaltosa, jarabe de maltitol y stevia	49
Tabla 23. Resultados del rendimiento y comportamiento de los caramelos formulados con isomaltosa, jarabe de maltitol y sucralosa	50
Tabla 24. Resultados del rendimiento y comportamiento de los caramelos formulados con isomaltosa, jarabe de maltitol y acesulfame	51
Tabla 25. Puntuaciones de los panelistas para las formulaciones en la evaluación descriptiva. Perfil del producto	53
Tabla 26. Formulaciones evaluadas en la prueba de preferencia. Prueba de ordenamiento	54
Tabla 27. Resultados de las puntuaciones obtenidas para las características de sabor en el caramelo. Prueba de ordenamiento	55
Tabla 28. Formulación final	56
Tabla 29. Características principales del caramelo	56
Tabla 30. Color del caramelo en escala claro-oscuro durante 10 semanas	57
Tabla 31. Valores de constantes de Arrhenius y datos para realizar la gráfica 7	59
Tabla 32. Tiempo de vida de anaquel a diferentes temperaturas de almacenamiento	60
Tabla 33. Costos de los ingredientes y mano de obra del lote realizado del caramelo sin azúcar	62
Tabla 34. Comparación de los costos de un caramelo sin azúcar y un caramelo tradicional	62
Tabla 35. Tabla de Kramer de categorías totales necesarias para una significancia del 5% (p. 0.05). De 2 a 10 tratamientos o muestras	79

Tabla 36. Tabla de Kramer de categorías totales necesarias para una significancia del 5% ( $p = 0.05$ ). De 11 a 20 tratamientos o muestras	80
Tabla 37. Dureza del caramelo durante 10 semanas	81
Tabla 38. Actividad de agua ( $A_w$ ) del caramelo durante 10 semanas	82
Tabla 39. Porcentaje de humedad del caramelo durante 10 semanas	82
Tabla 40. Cambios del caramelo a través del tiempo	83

## LISTA DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 1. Perfiles de sabor sacarosa vrs. sucralosa	10
Gráfica 2. Isotermas de sorción de diferentes variantes de isomaltosa	17
Gráfica 3. Gráfico de araña. Análisis del perfil del producto	53
Gráfica 4. Media del color L vrs. días transcurridos a 25°C	58
Gráfica 5. Medida del color L vrs. días transcurridos a 35°C	58
Gráfica 6. Medida del color L vrs. días transcurridos a 45°C	59
Gráfica 7. LnK versus 1/T	59
Gráfica 8. Porcentaje de costos del proceso de liofilización	61

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Diagrama del proceso de producción de caramelos duros con isomaltosa	21
Figura 2. Árbol de tamarindo	25
Figura 3. Pulpa de tamarindo liofilizada	44
Figura 4. Pulpa de tamarindo liofilizada y pulverizada	45
Figura 5. Caramelos formulados con jarabe de poliglicitol y stevia	46
Figura 6. Caramelos formulados con jarabe de poliglicitol y sucralosa	46
Figura 7. Caramelos formulados con jarabe de poliglicitol y acesulfame	47
Figura 8. Caramelos formulados con isomaltosa y stevia	48
Figura 9. Caramelos formulados con isomaltosa y sucralosa	49
Figura 10. Caramelos formulados con isomaltosa y acesulfame	49
Figura 11. Caramelos formulados con isomaltosa, jarabe de maltitol y stevia	50
Figura 12. Caramelos formulados con isomaltosa, jarabe de maltitol y sucralosa	50
Figura 13. Caramelos formulados con isomaltosa, jarabe de maltitol y acesulfame	51
Figura 14. Formato presentado a los panelistas en la evaluación descriptiva. Perfil del producto	52
Figura 15. Formato presentado a los panelistas en la prueba de preferencia. Prueba de ordenamiento	55
Figura 16. Etiqueta del envase de caramelos sin azúcar con pulpa de tamarindo	85

## RESUMEN

En los últimos años en Guatemala se ha presentado un crecimiento de las enfermedades causadas por el sobrepeso y la obesidad, una de las más importantes ha sido la diabetes. Esto ha provocado que el consumidor busque constantemente en el mercado nuevos productos que puedan satisfacer sus necesidades sin hacerle daño a su salud.

El objetivo de este trabajo es desarrollar un caramelo duro sin azúcar utilizando pulpa de tamarindo liofilizada como saborizante. Además obtener un producto que tenga un sabor, color y consistencia agradable para el consumidor, sin aportar las calorías de un caramelo tradicional.

Para el desarrollo del producto se realizaron pruebas de varias formulaciones, utilizando tres polialcoholes, isomaltosa, jarabe de maltitol y jarabe de poliglicitol, y tres edulcorantes intensos, sucralosa, stevia y acesulfame K. Las formulaciones se evaluaron por medio de un análisis sensorial descriptivo y de preferencia para determinar la formulación mejor aceptada por el consumidor. La formulación final fue evaluada durante 10 semanas, realizando análisis de color, porcentaje de humedad, actividad de agua y dureza, para determinar su vida de anaquel. Por último se estimaron los costos promedio de producción y así poder compararlo con el costo de un caramelo tradicional con azúcar.

## I. INTRODUCCIÓN

Las tendencias de la industria alimentaria en los últimos años están marcadas por factores como el nivel socioeconómico y cultural-educativo. Los hábitos alimenticios han cambiado, cada vez se dedica menos tiempo a la alimentación diaria porque se está muy ocupado. Además la preocupación por la dieta y la salud ha aumentado debido a la aparición de enfermedades no transmisibles causadas por la obesidad. Por lo tanto se requieren más opciones diferentes de alimentos fáciles de preparar, pero que al mismo tiempo sean saludables. (Anzueto, 2014)

El sobrepeso y la obesidad han provocado el desarrollo de enfermedades como la diabetes, la hipertensión y problemas cardiovasculares, en personas jóvenes. Esto está forzando a la población a realizar cambios en su alimentación de manera que sea más saludable, disminuyendo la cantidad de grasa y azúcar que consumen diariamente.

En el mercado se encuentran nuevos productos con las declaraciones de “sin preservantes”, “sin colorantes”, “sin saborizantes artificiales”, en categorías como bebidas, confitería y snacks. Esto se realiza con el objetivo de separar este tipo de alimentos de la imagen de poco saludables. (Anzueto, 2014). Por lo tanto la industria confitera agrega fruta real a los productos, provocando que se perciban de una forma más saludable. Además se logran productos que no contengan colorantes o saborizantes artificiales ni preservantes, lo que atrae a un mercado que desea eliminar productos artificiales de su dieta (Zanetos, 2013).

Los edulcorantes han tomado gran importancia en la industria de caramelos, pues sustituyen el azúcar y glucosa, para formular productos bajos en calorías y aptos para diabéticos. Utilizando polialcoholes por sus propiedades de volumen y viscosidad en soluciones y combinados con edulcorantes de alta

intensidad para proporcionar el dulzor, permiten a la industria generar productos que posean las características que los consumidores buscan en los caramelos con azúcar.

Debido a que las tendencias muestran el interés del consumidor en obtener productos bajos en calorías y con etiquetas limpias<sup>1</sup>, el objetivo de este trabajo es formular un caramelo sin azúcar utilizando como saborizante la pulpa de tamarindo liofilizada. Además evaluar todas sus características sensoriales, químicas y fisicoquímicas, y de determinar el costo aproximado del producto y compararlo con un caramelo tradicional.

---

1. Etiqueta limpia se refiere a la transparencia del producto, es decir, el origen de sus ingredientes no es sintético y el producto no contiene conservantes artificiales. (42)

## II. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

Según el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), en nuestro país el sobrepeso y la obesidad es un problema que ha aumentado significativamente en la últimas cuatro décadas, al extremo que uno de cada 20 niños, de entre cero y cinco años, es obeso, lo que equivale al 5.4% de la población. (Diéguez, 2015)

El problema se vuelve cada vez más serio en la etapa de la adolescencia y adulta, en donde el estrés y una mala dieta alimenticia afecta a muchos guatemaltecos. Guatemala ocupa el décimo lugar en el mundo con un 27% de obesidad en la población mayor a 15 años. (Diéguez, 2015)

Las tasas de obesidad han aumentado considerablemente desde 1980, pues los niveles de estrés se elevaron y a esto se le asoció el aumento del consumo de comida rápida en América Latina. Es tan rápido su avance que se considera, junto con la diabetes, una epidemia y los afectados con estas enfermedades seguirán aumentando, por los nuevos hábitos alimenticios que apuntan a un mayor consumo de alimentos poco nutritivos en nuestras dietas y rutinas bajas de ejercicio con alto estrés laboral. (Somos Guate, 2013)

Especialistas en diabetes estiman que en Guatemala hay más de un millón trescientas mil personas que padecen esta enfermedad. En 2014 se registraron 680 mil casos nuevos y ocho mil personas fallecieron por este padecimiento. La cifra es alarmante ya que solamente el 54% de los pacientes son diagnosticados. (Marroquín, 2015)

Actualmente el estilo de vida cada vez más acelerado y estresante, provoca que se le preste poca atención a los alimentos que se consumen. No se considera la alimentación como una prioridad, por lo tanto la calidad de los alimentos no es la adecuada, cuando debería ser una prioridad ya que de esta

depende el nivel de energía, salud y equilibrio hormonal. Este problema se ve reflejado en las nuevas generaciones, ya que las costumbres alimenticias se trasladan de los padres de familia a los hijos, generando así mayor índice de sobrepeso.

## **A. CONFITERIA**

La industria confitera puede dividirse en tres: los productos de pastelería, elaborados con chocolate y los dulces que tiene base fundamentalmente de sacarosa, glucosa, fructosa, lactosa o combinaciones de estos azúcares. Dentro de los productos de esta industria se pueden encontrar: caramelo duro, caramelo suave, gomas, jaleas, rellenos, malvaviscos, pastillas, goma de mascar, etc. (Edwards, 2002).

Se conoce como “caramelos duros” a los productos de confitería obtenidos de una masa de sacarosa cristalizada y glucosa evaporada a alta concentración, moldeada y enfriada a estado vítreo (Edwards, 2002).

Estos productos están elaborados a altas temperaturas de cocimiento, siendo su formulación a base de azúcar de caña y glucosa de maíz principalmente, además de un ácido utilizado como perseverante, normalmente se utiliza ácido cítrico, colorante, saborizante, si es necesario, y en algunos casos se utilizan rellenos de frutas o de lo que se desee (Arancia Corn Products, 1992).

Un caramelo duro necesita un contenido final de humedad entre 1 – 1.5% para asegurar la estabilidad del producto terminado. Para conseguir este contenido de humedad se requiere llevar el producto a temperaturas mayores de 140°C. (Edwards, 2002)

Las características más importantes que se deben evaluar en los caramelos duros, son:

- Sabor
- Olor
- Color
- Dureza
- Pegajosidad
- Porcentaje de humedad
- Actividad de agua

**1. Confitería sin azúcar.** En los últimos años se ha puesto mucho esfuerzo técnico y científico en fabricar productos que se asemejen a los caramelos pero que no contengan como base sacarosa y jarabe de glucosa. Esto se ha hecho con el fin de satisfacer las necesidades especiales en la dieta, productos para el mercado que busca alimentos sanos y con menos calorías, y los productos especiales o sin azúcar que son aptos para diabéticos. (Edwards, 2002).

Los productos para diabéticos se realizan con el objetivo de satisfacer las necesidades de este mercado y no producir una subida del azúcar en la sangre. Por esto, este tipo de productos excluyen normalmente de los ingredientes la sacarosa y el jarabe de glucosa. Los ingredientes más comunes en los productos de confitería para personas diabéticas son los polialcoholes. Estas sustancias sólo son absorbidas lentamente por lo que se evita un aumento en los niveles sanguíneos de glucosa (Edwards, 2002).

Actualmente ha aumentado la disponibilidad así como la variedad de edulcorantes, lo cual explica las nuevas tendencias en la investigación científica y en la fabricación de productos sin sacarosa, pues ningún edulcorante, incluida la sacarosa, es perfecto para todos los usos. Por esto las industrias han optado

por utilizar mezclas, buscando que los perfiles de sabor sean lo más cercanos a los productos originales (Reyo, 2010).

En un informe especial de la revista industria alimentaria (2003), los editores mencionan como en los últimos años ha aumentado el desarrollo de confitería sin azúcar. Debido a la creación de edulcorantes que no provocan sabores secundarios no deseados. Además la comercialización de productos sin azúcar está aumentando su popularidad debido a las demandas de las personas preocupadas por la dieta y la salud. El chicle sin azúcar representa el 50% de todas las ventas de chicle en Estados Unidos (Industria Alimentaria, 2003).

En el mercado se pueden encontrar diversas marcas de caramelos, siendo la líder en el mercado de caramelos con mentol, refrescantes, *Halls*, mientras que en caramelos con sabores de leche o toffees, tanto blandos como duros, se encuentra *Werther's Original*. Además se encuentran marcas como *Haribo*, las cuales ofrecen productos como gomitas sin azúcar. Es importante recalcar que actualmente en Guatemala no se encuentran fábricas que produzcan este tipo de caramelos.

El reemplazo del azúcar por Edulcorantes de Alta Intensidad es un problema serio en comestibles sólidos y semisólidos, ya que la sacarosa desempeña una función estructural, además del dulzor, en estos productos. Este inconveniente técnico se resuelve con el uso de edulcorantes que proporcionen volumen y dulzor, como el caso de los polioles (Reyo, 2010).

Los alcoholes de azúcar determinan las propiedades de los caramelos sin azúcar, ya que componen la mayoría de los ingredientes. Por lo tanto, la selección de un polialcohol o de la mezcla de estos es responsable de las características de procesamiento, textura y la estabilidad durante el almacenamiento (Morales, 2006).

Reyo, Agustín; *et al* (2010), en su artículo académico describe una formulación realizada para lograr un producto final, sin afectar el manejo tecnológico de la mezcla y obtenerlo con las mejores cualidades sensoriales y fisicoquímicas. Se utilizaron como edulcorantes jarabe de poliglicitol y sucralosa, se utilizó una mezcla de edulcorantes, debido a que solamente con el poliol no se alcanzaba un perfil de dulzor adecuado para el producto.

## **B. EDULCORANTES (Sustitutos de los azúcares)**

Los edulcorantes comprenden un amplio grupo de sustancias que producen sabor dulce o mejoran la percepción de los sabores dulces (Fennema, 2000).

Según el Reglamento Técnico Centroamericano de Alimentos y Bebidas Procesadas, Aditivos Alimentarios, los edulcorantes son aditivos alimentarios (diferentes del azúcar) que confieren a un alimento un sabor dulce.

Generalmente se clasifican en dos grupos principalmente: edulcorantes de alta intensidad o sin valor nutritivo y edulcorantes masivos o nutritivos.

### **1. Funciones de los edulcorantes en los productos de confitería**

a. Nivel de dulzor: la función primaria es proporcionar dulzor. La elección adecuada de un edulcorante o una mezcla determina qué tan dulce será el producto.

b. Textura: dentro de ésta se incluyen características como dureza, suavidad, adhesividad, cuerpo o sensación bucal.

c. Humectación: para que los productos terminados no sufran de secado antes de ser consumidos, algunos de los ingredientes deben ser higroscópicos, y así poder atraer y retener moléculas de agua presentes en las demás materias primas involucradas en la formulación (Reyo, 2010).

**2. Edulcorantes de alta intensidad.** Son elaborados por síntesis química, no se relacionan químicamente con los azúcares. No aportan energía porque no son metabolizados. Proporcionan un alto dulzor, pero no aportan masa ni volumen al producto. Dentro de estos se encuentran el aspartame, acesulfame K, sucralosa, sacarina, ciclamato, alitame, dulcina (Echavarría, 2012). Estos edulcorantes son por lo menos 50 veces más dulce que el azúcar, por lo tanto la cantidad que se utiliza en las formulaciones suele ser muy pequeña (Moraru, 2012).

En la Tabla 1 se muestra un resumen de las características más importantes de los edulcorantes alternativos de alta intensidad aprobados por la FDA.

Tabla 1. Características de edulcorantes de alta intensidad aprobados por la FDA

<b>Edulcorantes alternativos</b>	<b>Nombres comerciales</b>	<b>Aporte calórico (kcal/g)</b>	<b>Dosis diaria recomendada (mg/kg btw)</b>	<b>Poder edulcorante*</b>
Sacarina	Sweet n'Low	0	5	200-700x
Aspartame	Nutrasweet, Equal	4	50	160-220x
Acesulfame-K	Sweet One, Sweet & Safe	0	15	200x
Sucralosa	Splenda	0	5	600x
Neotame	-	0	18	8000x
Steviol glycosides (natural)	Stevia, Truvia, Rebiana, Pure Via	0	-	300x

\*Valores comparados con la sacarosa, a la cual se le asigna el valor 1.0

Fuente: Tou J. (2010) Sweeteners: Uses, Dietary Intake and Health Effects.

**a. Sucralosa.** La sucralosa es uno de los edulcorantes intensos más recientes disponibles en la industria de alimentos. Es el único realizado a partir de la sacarosa por un proceso de modificación química, que da como resultado un aumento de la intensidad del dulzor, un sabor agradable similar al azúcar y una molécula estable. Esta última propiedad es muy útil para la sustitución en productos a pH bajos y neutros, así como alimentos procesados en caliente (Molinary, 2006).

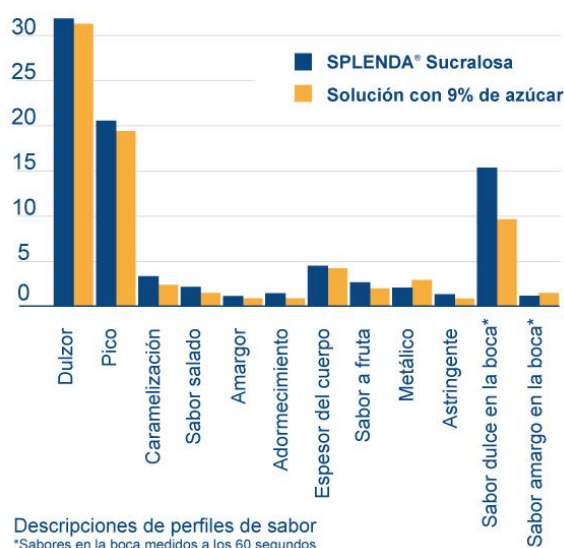
Es producida por un selectivo reemplazo de tres grupos hidroxilo en la molécula de sacarosa con tres átomos de cloro, para producir 4-cloro-4-desoxi- $\alpha$ -D-galactopiranosido de 1,6-dicloro-1,6-didesoxi- $\beta$ -D-fructofuranosilo. Su fórmula molecular es  $C_{12}H_{19}Cl_3O_8$  (Molinary, 2006).

La sucralosa es 600x más dulce que la sacarosa. La cantidad utilizada varía dependiendo de la matriz alimentaria donde sea mezclada. Como en todos los edulcorantes de alta potencia la concentración y la cantidad utilizada depende del pH, temperatura y la presencia de otros ingredientes (Molinary, 2006).

Los edulcorantes tienen otros atributos de sabor diferentes a dulzor. En la Gráfica 1 se compara el perfil de sabor de la sacarosa y la sucralosa. Se puede observar que la sucralosa comparada con la sacarosa tiene gran calidad como edulcorante sin un resabio amargo o notas metálicas (Molinary, 2006).

En sistemas alimentarios puede utilizarse como único edulcorante o con mezcla de edulcorantes nutritivos y no nutritivos. Cuando es parte de una mezcla de edulcorantes no nutritivos tiene buena sinergia con acesulfame-K, ciclamato y sacarina (Molinary, 2006).

Gráfica 1. Perfiles de sabor sacarosa vrs. sucralosa



Fuente: [http://www.yourdrinksolutions.com/language/es\\_ar/nuestros\\_ingredientes/nuestros\\_endulzantes/splenda\\_sucralosa/pages/excelente\\_sabor\\_con\\_splenda\\_sucralosa.aspx](http://www.yourdrinksolutions.com/language/es_ar/nuestros_ingredientes/nuestros_endulzantes/splenda_sucralosa/pages/excelente_sabor_con_splenda_sucralosa.aspx)

El uso de un ingrediente en la producción de la industria de alimentos depende no solo de sus características sensoriales sino también de sus propiedades fisicoquímicas. Estas propiedades determinan el tipo de proceso de manufactura en el cual el ingrediente puede utilizarse y la función que desempeña en el mismo. Además son importantes para la vida de anaquel del producto (Molinary, 2006).

Tabla 2. Propiedades fisicoquímicas de la sucralosa

Apariencia	Polvo blanco cristalino
Olor	Prácticamente sin olor
Sabor	Intenso dulzor parecido al azúcar
Intensidad del sabor	400-800 veces más que el azúcar
Contenido calórico	Cero

Continuación Tabla 2. Propiedades fisicoquímicas de la sucralosa

Solubilidad	Fácilmente soluble en agua (28.2g/100ml a 20°C) Insoluble en aceite (<0.1g/100g a 20°C)
Punto de fusión (Descomposición)	125°C (cuando se calienta desde 115°C a 5°/min)
Gravedad específica (solución acuosa 10%)	1.04 (20°C)
Peso molecular	397.64

Fuente: Molinary S. y Quinlan M. (2006) Sucralose. (15)

**b. Acesulfame K.** El acesulfame K, es la sal de potasio del acesulfame, fue descubierta en 1967 por Clauß and Jensen. Es aproximadamente 200 veces más dulce que la sacarosa. El dulzor del acesulfame K se percibe rápidamente y sin resabio desagradable (Haber, 2006).

Se puede formar a partir de un proceso a base de ácido sulfámico y diceteno que reaccionan y forman acetoacetamida-N-sulfónico ácido que cicla en presencia de trióxido de azufre para formar un anillo acesulfame. A medida que el acesulfame libre se comporta como un ácido reacciona con hidróxido de potasio y forma la sal (Haber, 2006).

Combinar el acesulfame K con otros edulcorantes puede provocar una mejora en la cantidad y calidad del edulcorante. Cantidad debido a que aumenta su poder edulcorante y calidad ya que pueden variar los perfiles de intensidad y tiempo que dure en el paladar (Haber, 2006).

Las propiedades fisicoquímicas y la solubilidad en diferentes compuestos del acesulfame K se presentan en la siguiente Tabla. Las diferentes propiedades

lo hacen un edulcorante muy versátil y útil en muchos alimentos y bebidas (Haber, 2006).

Tabla 3. Propiedades fisicoquímicas y solubilidad del acesulfame K

Apariencia	Sólido cristalino no higroscópico
Color	Sin color a blanco
Color en solución	Sin color
Punto de fusión	>200°C (bajo descomposición)
Densidad	1.81 g/cm <sup>3</sup>
pH (solución 10%)	5.5 - 7.5
Solubilidad en agua	≈150 g/l a 0°C ≈270 g/l a 20°C ≈1300 g/l a 100°C
Solubilidad en etanol	≈220 g/l en etanol acuoso al 15% ≈100 g/l en etanol acuoso al 50%
Solubilidad en jarabes de azúcar (a 20°C)	≥100 g/l de jarabe de sacarosa al 62.5% ≥160 g/l de jarabe de azúcar invertido al 62.5% ≈150 g/l de jarabe de fructosa al 50%
Solubilidad en jarabes de alcoholes de azúcar (a 20°C)	≥75 g/l de jarabe de sorbitol al 70% ≥100 g/l de jarabe de maltitol al 80% ≥250 g/l de jarabe de isomaltol al 25%

Fuente: Haber B., Lipinski G. y Rathjen S. (2006) Acesulfame K.

El acesulfame K como un edulcorante de alta potencia puede ser utilizado en confitería, pues gracias a su intensidad y su rápida percepción puede combinarse con los alcoholes de azúcar, que tienen un bajo poder edulcorante (Haber, 2006).

Los productos de confitería sin azúcar se producen de una manera similar como los productos a base de azúcar, pero a menudo bajo condiciones de

cocimiento ligeramente distintas. Utilizando acesulfame K como edulcorante se recomienda que, si los ácidos se añaden antes de la cocción, es aconsejable añadir el edulcorante junto con otros ingredientes normalmente añadidos después de la cocción, como los sabores y colores. De lo contrario, las altas temperaturas de cocción y el pH bajo pueden causar pérdidas ligeras en el dulzor. Por otro lado si se añaden los ácidos después de la cocción, el acesulfame K puede mezclarse con los ingredientes antes de la cocción, y no hay problema con la descomposición (Haber, 2006).

Los polialcoholes y los agentes de volumen son necesarios para ajustar la textura de algunos caramelos sin azúcar duros y suaves. El pH de estos productos por lo general es bajo, y el acesulfame K es suficientemente estable y no cambia el dulzor durante el almacenamiento (Haber, 2006).

**c. Stevia.** La stevia es edulcorante que se encuentra en las hojas de la planta *Stevia rebaudiana*, la cual es originaria de la parte norte de Paraguay en Sur América (Lindley, 2006).

Dentro de la hoja se forman varios y diferentes compuestos que pueden utilizarse como edulcorantes. Sus propiedades sensoriales varían dependiendo de sus estructuras. El steviosido está compuesto de un grupo esteviol enlazado con glucosa, por medio de un enlace  $\beta$ , y restos de un disacárido glucosa-glucosa; mientras que el rebaudiosido A, está formado por esteviol enlazado con glucosa por medio de enlaces  $\beta$  y restos de un trisacárido glucosa-glucosa-glucosa. El rebaudiosido A, contiene más grupos polares que el steviosido, es más soluble y tiene un gusto más parecido a la sacarosa. Pero el steviosido es igualmente aceptado por no tener un sabor amargo y presentar un sabor dulce agradable.

Las mezclas entre stevia y otros edulcorantes de alta potencia no es una práctica común, ya que el motor principal para el uso de éste como edulcorante

es su origen natural. Aunque en algunos productos pueden encontrarse mezclas para aumentar el poder edulcorante (Lindley, 2006).

Stevia se utiliza en productos como bebidas, caramelos, gomas de mascar, productos horneados, cereales, yogur, helado, sidras, té, pastas de dientes y enjuagues bucales. En los últimos años se ha introducido como edulcorante de mesa, un mercado bastante importante (Lindley, 2006).

Como se mencionó anteriormente es una molécula bastante estable que resiste los regímenes de temperatura y tiempo empleado en las operaciones de procesamiento de alimentos, asegurando de este modo que las características sensoriales del stevia y sus análogos pueden ser utilizados en la mayoría de alimentos y bebidas (Lindley, 2006).

**3. Edulcorantes masivos.** Son hidratos de carbono que son especialmente utilizados para agentes de volumen. Proveen una gran flexibilidad para reemplazar el azúcar en las formulaciones, además que complementan el uso de otros edulcorantes. Los más conocidos comercialmente los polialcoholes y las povidexosas. Proveen volumen al producto con menos calorías que el azúcar (Venkatesh, 2010).

Los azúcares alcohólicos son un grupo importante de edulcorantes. Se derivan de los azúcares, pues químicamente se obtienen por la hidrogenación del azúcar convirtiendo el grupo carbonilo, proveniente de un aldehído, cetona o azúcar reductor, en un grupo hidroxilo primario o secundario. Se conocen también como polioles, alcoholes polivalentes, o polialcoholes (Fennema, 2000).

Se pueden encontrar polialcoholes naturalmente en algunas frutas y vegetales. Los más comunes pueden ser sorbitol, manitol, maltitol y xilitol.

Los polioles se utilizan comúnmente en dulces para diabéticos, goma de mascar y recubrimientos de tabletas y gomas de mascar. En la etiqueta de estos productos puede encontrarse las declaraciones “menos azúcar” o “libre o sin azúcar”, pero estos todavía contienen carbohidratos y cierta cantidad de calorías (Morales, 2006).

Estos compuestos se absorben más lentamente que los azúcares, la razón por la cual tienen un efecto laxante. Son considerados edulcorantes nutritivos porque tienen cierto valor calórico. Tienen gran importancia en el desarrollo de alimentos procesados por ser no cancerígenos y no elevar el los niveles de glucosa en la sangre como la sacarosa. En las formulaciones uno de los propósitos de la sacarosa es proveer volumen en el producto. En los alimentos reducidos en calorías los azúcares alcohólicos pueden proveer el volumen que los edulcorantes de alta intensidad no; por lo tanto suelen utilizarse en combinaciones (Venkatesh, 2010).

#### **a. Propiedades de los azúcares de alcohol**

- Añaden volumen y textura a los alimentos.
- Tienen menor reactividad que la sacarosa u otros edulcorantes nutritivos. No contienen el grupo carbonilo reactivo necesario para la participación en la reacción de Maillard, por lo tanto no causa el color dorado.
- Proporcionan un efecto refrescante o sabor “fresco”.
- Son más resistentes a la acción enzimática, ataque microbiano y fermentación.
- La higroscopicidad de los polialcoholes, en orden ascendente es, manitol < isomaltol < lácitol < xilitol < sorbitol (cristales) < maltitol < sorbitol (sirope). Esta propiedad es importante para la reducción de la actividad de agua en los alimentos, el sorbitol es el más usado para este fin.

- Ayuda a retener la humedad en los alimentos.
- Son efectivos para controlar la cristalización. Las soluciones de alcoholes de azúcar son menos viscosas que las de sacarosa a la misma concentración. Esta propiedad afecta a los procesos de nucleación y crecimiento de cristales.
- No pierden dulzor.
- No causan caries, no promueven el daño a los dientes porque las bacterias en la boca no metabolizan ni convierten el dulce en placa o ácidos dañinos que causan caries (Venkatesh, 2010).

**b. Isomaltosa.** La isomaltosa es un sustituto del azúcar hecho del azúcar y se utiliza como el azúcar. Como el azúcar, tiene muchas funciones en un producto, lo que permite el desarrollo de productos de confitería de alta calidad con características específicas nutricionales y funcionales, productos que son de bajo índice glucémico, reducidos en calorías y no que promueven la caries dental (Sentko, 2006).

El proceso de producción de la isomaltosa comprende dos pasos. En el primer paso, el enlace glucosídico  $\alpha$ -(1-2) ente la glucosa y la fructosa, se reordena por un sistema enzimático inmovilizado a un enlace  $\alpha$ -(1-6). El resultado es la isomaltulosa, que sigue siendo una combinación entre glucosa y fructosa. El enlace  $\alpha$ -(1-6) es más estable que el enlace  $\alpha$ -(1-2) en la sacarosa. En el segundo paso, hidrógeno es agregado a la parte de la fructosa. El resultado es la combinación de dos alcoholes disacáridos, 6-O- $\alpha$ -D-glucopiranosil-D-sorbitol (1,6-GPM) y el 1-O- $\alpha$ -D-glucopiranosil-D-manitol di hidratado (1,1-GPM). El nombre genérico de la mezcla es isomaltosa (Sentko, 2006).

Su poder edulcorante va desde 0.45 a 0.60 comparando con la sacarosa (=1.0), la potencia del mismo aumenta conforme aumenta la concentración. Su

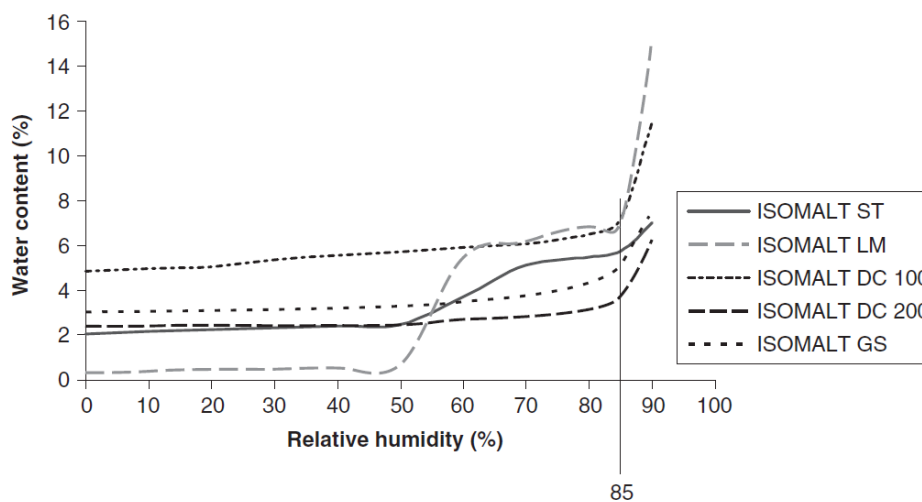
perfil de dulzor se puede describir como puro, sabor dulce sin ningún resabio amargo, similar al de la sacarosa (Sentko, 2006).

Debido a que la isomaltosa mejora el sabor de los alimentos suele combinarse con edulcorantes tanto nutritivos como no nutritivos. La ventaja de estas combinaciones, es que la isomaltosa suele enmascarar el resabio amargo de algunos edulcorantes (Sentko, 2006).

Los productos producidos con isomaltosa son muy estables microbiológicamente, debido a que contiene un mínimo porcentaje de glucosa, sorbitol y manitol, sustratos para los procesos microbiológicos (Sentko, 2006).

Al observar las isotermas de sorción (Gráfica 2), a una temperatura de almacenamiento a 25°C y una humedad relativa arriba del 85%, la/ isomaltosa no absorbe una notable cantidad de humedad. Su baja higroscopicidad, es una propiedad muy importante y explica porque productos elaborados con una base de isomaltosa (por ejemplo los caramelos duros), tienden a no ser pegajosos y tener una larga vida de anaquel (Sentko, 2006).

Gráfica 2. Isotermas de sorción de diferentes variantes de isomaltosa



Fuente: Sentko A. y Willibald-Ettle I. (2006) Isomalt.

Dentro de las principales aplicaciones se encuentra la elaboración de productos sin azúcar como, caramelos duros, chocolate, caramelos suaves, goma de mascar, tabletas comprimidas, productos horneados, pastas de frutas, barras de cereal y cereales de desayuno (Sentko, 2006).

**c. Jarabe de maltitol.** El maltitol y el jarabe de maltitol, así como otros poliglicitoles, son indispensables para la producción de productos de alta calidad libres de azúcar o reducidos en azúcar. Son comercializados como seguros para la salud dental, adecuado para diabéticos pues no aumenta el índice glicémico y reducido en calorías (Kearsley, 2006).

La confitería sin azúcar está basada casi exclusivamente en el reemplazo de la sacarosa y glucosa con polioles o alcoholes de azúcar. De los polialcoholes encontrados en el mercado, el maltitol ofrece propiedades muy parecidas a las de la sacarosa. (Tabla 4.) (Kearsley, 2006).

Tabla 4. Comparación entre las características del maltitol y sacarosa

	<b>Sacarosa</b>	<b>Maltitol</b>
Peso molecular	342	344
Poder edulcorante	1.0	0.90
Calorías (kcal/g)	4.0	2.4
Solubilidad a 22°C	67%	65%
Punto de fusión (°C)	168-170	144-152
Entalpía de solución (cal/g)	-4.3	-5.5
Humedad Relativa de equilibrio para absorción de agua (20°C)	84%	89%

Fuente: Kearsley M. y Deis R. (2006) Maltitol and Maltitol Syrups.

Se produce como otros polialcoholes, a partir de la hidrogenación catalítica de un azúcar reductor, donde el grupo reactivo, aldehído o cetona, se transforma en un grupo estable de alcohol. En el caso del maltitol y los jarabes

de maltitol se obtienen del almidón, los más utilizados son los de maíz, trigo y tapioca (Kearsley, 2006).

El maltitol en polvo no es utilizado normalmente como humectante sino más bien como edulcorante, en cambio el jarabe de maltitol proporciona ambas, dulzor y cierto grado de humectación, que se puede variar dependiendo de los polímeros en el jarabe. Además el maltitol es uno de los polialcoholes menos higroscópicos (Kearsley, 2006).

Maltitol, lactitol y xilitol son más solubles proveen las características más similares a la sacarosa. El jarabe de maltitol también es bastante soluble y tiene características parecidas al jarabe de glucosa. Aportan 2.4 kcal/g (10kJ/g) (Kearsley, 2006).

En caramelos duros sin azúcar se prefiere utilizar isomaltosa como edulcorante, el problema principal es para esta aplicación es la baja solubilidad y viscosidad. Reemplazar el 15-30% de isomaltosa con un apropiado jarabe de maltitol aumenta la solubilidad y la viscosidad del caramelo. Además con la utilización de jarabe de maltitol se necesitara adicionar menos sabor y se reduce la cantidad de edulcorante de alta potencia, debido a que el maltitol aporta mayor dulzor que la isomaltosa (Kearsley, 2006).

**d. Jarabe de poliglicitol.** Los poliglicitoles son hidrolizados de almidón hidrogenado que contienen menos del 50% de maltitol y menos del 20% de sorbitol en base seca, el resto se compone de gluco-oligosacáridos hidrogenados (con más de tres unidades de glucosa unidas a una unidad de sorbitol). Se produce por la hidrólisis parcial del almidón, puede ser de maíz, papa o trigo. Esta hidrólisis produce dextrinas, las cuales se someten a hidrogenación para convertirlas en alcoholes de azúcar (Kearsley, 2006).

Se utilizan comercialmente en la misma forma que otros alcoholes de azúcar comunes, como un edulcorante y como un humectante. También se puede utilizar como un modificador de cristalización, pues prevenir la formación de cristales de jarabes de azúcar. Se utiliza para dar volumen, cuerpo, textura, y la viscosidad a las mezclas, y puede proteger contra el daño de congelación y secado. Generalmente se mezcla con otros edulcorantes, tanto calóricos como no calóricos (Calorie Control Council, 2014)

Los hidrolizados de almidón hidrogenado (HSH) se absorben más lentamente en el tracto digestivo. Una parte de los HSH puede ser hidrolizada enzimáticamente por el organismo y convertida en sobitol, maltitol y glucosa, pero este proceso es lento. Por lo tanto, tienen un índice glucémico menor que el de la glucosa. Una parte de estos es metabolizada por las bacterias colónicas en el tracto digestivo inferior. Esto produce una reducción en las calorías disponibles y permite su uso como alternativa al azúcar para productos reducidos en calorías (Hidrolizados de Almidón Hidrogenado, Uso, Salud y Seguridad, 2014).

Son edulcorantes nutritivos, aportan 2.4 kcal/g y proveen entre el 40 y el 90% de la dulzura del azúcar. A diferencia de los azúcares, los jarabes de poliglicitol no son fácilmente fermentados por las bacterias de la boca, por lo que se utilizan en la elaboración de productos sin azúcar que no promueven el desarrollo de caries (Hidrolizados de Almidón Hidrogenado, Uso, Salud y Seguridad, 2014).

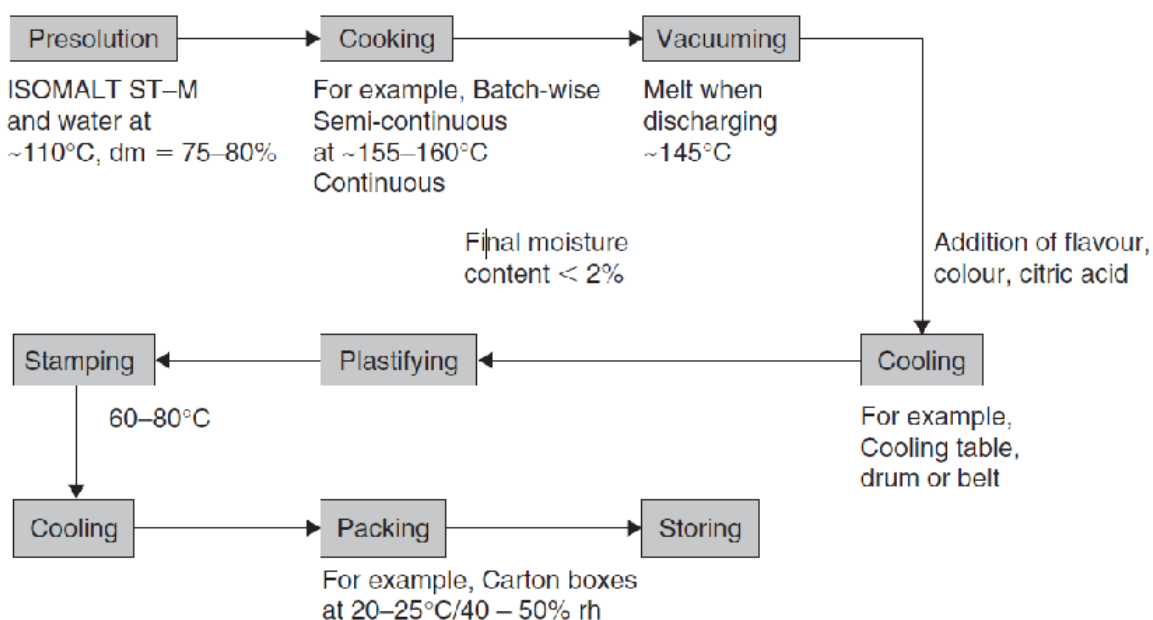
### **C. PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE CAMELOS DUROS SIN AZÚCAR**

En el procedimiento utilizado por Rey, Agustín; *et al* (2010), se mezclan los edulcorantes con agua. Se colocaron en una olla de aluminio y se inició el calentamiento de la mezcla con agitación hasta disolver por completo los

ingredientes. Alcanzados los 115°C se suspendió la agitación. Se continúa el calentamiento hasta alcanzar la temperatura final de cocimiento, aproximadamente 140°C. Se retiró del fuego y al descender la temperatura a 130°C se agregó el color, sabor y ácido, para evitar la hidrólisis. Por último se colocó la mezcla en los moldes, previamente engrasados, se dejó enfriar y se empacaron.

A nivel industrial los caramelos duros pueden realizarse en procesos continuos o semi-continuos. En los procesos cuando se utiliza isomaltosa el proceso más adecuado es por lotes, ya que su solubilidad es menor que la sacarosa a temperaturas altas, por lo tanto se necesita controlar el proceso de disolución, a una temperatura menor a 110°C, para evitar la recristalización descontrolada. El proceso se resume en el diagrama de la Figura 1 (Sentko, 2006).

Figura 1. Diagrama del proceso de producción de caramelos duros con isomaltosa



Fuente: Sentko, Anke; y Willibald-Ettle, Ingrid. 2006. *Isomalt*.

Los técnicos expertos en polioles para la empresa Cargill's mencionan que los parámetros del proceso necesitan ser ajustados comparado con el proceso de un caramelo tradicional. Por ejemplo, un caramelo duro realizado con maltitol o isomaltosa requiere una mayor temperatura de cocción y necesita ser enfriado a una menor temperatura para obtener la viscosidad deseada. (Ravi, 2013)

1. Cocción. Para alcanzar un contenido de humedad menor al 2% es necesario que la temperatura de la cocción sea más elevada. Dependiendo del sistema que se utilice las temperaturas pueden ser (Sentko, 2006):

- Cocción sin vacío (a presión atmosférica): ~165°C.
- Cocción con vacío aplicado a medio proceso (proceso semi-continuo de cocción): 155-160°C.
- Cocción bajo vacío: 135-140°C.

2. Aplicar vacío. Debido a que la temperatura de ebullición más alta, las masas cocidas de isomaltosa tienen baja viscosidad. En procesos continuos el vacío debe aplicarse, debido a que se necesita disminuir la temperatura del proceso para aumentar la viscosidad. Si no existe una cocción al vacío, existe una mayor transferencia de masa en comparación con la formulación tradicional, lo que cual disminuye el rendimiento del proceso (Sentko, 2006).

3. Descarga. Dependiendo del equipo y la calidad y el tiempo de vacío aplicado, la temperatura de descarga varía entre 130°C y 150°C. Los rodillos de las máquinas siguientes no deben calentarse como de costumbre, para mantener la viscosidad de la masa cocida (Sentko, 2006).

4. Adición de Aditivos. Los aditivos, como sabores, colores y ácidos, deben agregarse en la plancha de enfriamiento (en procesos por lotes) o en el tornillo sin fin (en procesos continuos). La masa cocida no debe exceder los 110°C, para evitar la evaporación de los sabores. Edulcorantes, como la sucralosa y el

acesulfame-K, pueden agregarse durante la cocción debido a que son estables a altas temperaturas, mientras que edulcorantes como el aspartame deben agregarse en el enfriamiento (Sentko, 2006).

5. Enfriamiento. Debido a que la masa cocida de isomaltosa presenta menor viscosidad, que la mezcla entre sacarosa y jarabe de maíz, el enfriamiento puede tomar más tiempo. El enfriamiento del rango de 100-110°C, a una temperatura de plastificación de 60-80°C, es más lento debido a que la mezcla de isomaltosa posee una capacidad calorífica mayor que la mezcla de sacarosa y jarabe de maíz (Sentko, 2006).

6. Moldeado / Troquelado. La masa cocida debe estar a una temperatura entre 60°C y 80°C para poder ser colocada en la máquina troqueladora. Durante el proceso de moldeado la temperatura puede variar entre 60°C y 70°C (Sentko, 2006).

7. Enfriamiento dulces moldeados. Los caramelos deben enfriarse hasta una temperatura entre 25°C y 30°C, para obtener la consistencia de caramelos duros sin perder la forma, antes de ser empacados (Sentko, 2006).

8. Empaque. Debido a que los caramelos contienen productos higroscópicos deben ser empacados inmediatamente después del enfriamiento, en empaques que proporcionen barrera a la humedad para mantener la calidad del caramelo (Sentko, 2006).

## **D. EL TAMARINDO**

### **1. Generalidades**

- Nombre científico: *Tamarindus indica* L. (Parrota, 1990)
- Familia botánica: *Caesalpinaceae* (*Leguminosae*) (Parrota, 1990)

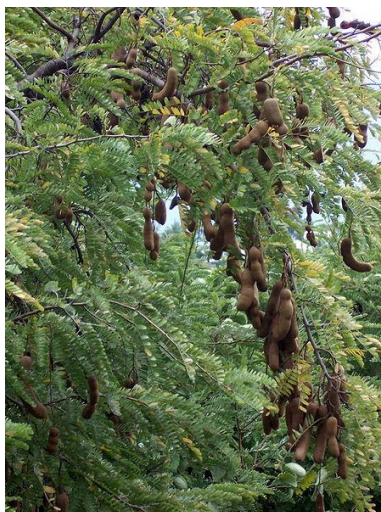
Fueron los árabes los primeros en tener conocimiento de las propiedades del fruto de esta especie, que fue conocido en Europa como “tamarindo de la India”. Los comerciantes lo introdujeron al Asia. El nombre deriva el árabe “tamare” = dátíl, e “hindi” = indio, que significa dátíl de la India, siendo este nombre el que le dio origen a su nombre botánico. El fruto fue conocido desde la Edad Media en Europa y fue descrito en 1298 por Marco Polo y en 1565 por García D’Orta quien lo describe como un recurso muy valioso (Roy, 1995).

**2. Descripción.** Sus frutos son vainas indehiscentes, oblonga o linear, algo comprimida lateralmente y comúnmente curvada con una capa externa (epicarpio) pardo delgada, crustácea seca y escamosa (se quiebra irregularmente al secarse), una capa mediana (mesocarpio) pulposa combinada con fibras y una capa coriácea interna (endocarpio) septada entre las semillas, de 1.7 a 15 cm de largo por 2 a 3.5 cm de ancho y 1.5 cm de espesor; conteniendo 1 a 12 semillas. Los frutos persisten en el árbol por varios meses (Parrota, 1990).

En Centroamérica el árbol de tamarindo florece en abril y sus frutos maduran en junio. Crece hasta los 1200 metros de altura, extendiéndose en el continente americano desde el estado de Florida (EEUU) hasta el Brasil. Se cultiva con varios fines en toda América tropical. El mayor productor sigue siendo la India, país donde inicialmente se introdujo. Otros países que cultivan el tamarindo son: China, Pakistán, Filipinas, México, Guatemala, Java y España (Islas Canarias). En Guatemala se siembra en Zacapa, Chiquimula, Jutiapa y El Progreso (Bolaños, 2007).

Un árbol maduro (20 años) puede producir de 100 a 200 kg de frutos por año o 12 a 16 toneladas por hectárea; dando de 40 a 250 kg de pulpa comestible. La producción es cíclica con cosechas abundantes cada 3 años. El árbol aún sigue productivo después de 30 ó 60 años (Roy, 1995).

Figura 2. Árbol de tamarindo



Fuente: <http://www.paginasprodigy.com/setenta/imagenes/tamarindo.jpg>,

Los frutos pueden dejarse hasta 6 meses en el árbol después de su maduración, pero el contenido de humedad se reducirá en un 20 % o más. Estos deben cosecharse cortándolos directamente del árbol. El pecíolo es muy duro y no es posible trozarlo con la mano sin dañar el fruto. El fruto maduro debe almacenarse bajo refrigeración para prolongar el tiempo de disponibilidad de una pulpa fresca (Roy, 1995).

**3. Forma comestible del fruto.** Mansilla, Flor (2008) en su trabajo, define todas las propiedades que posee el tamarindo, así como la historia y descripción del árbol. Las semillas tostadas se pueden utilizar como alimento, pero el principal producto comestible es el fruto de donde se puede obtener una pulpa carnosa y ácida con la cual se elaboran pastas concentradas como materia prima para elaborar bebidas, dulces y helados. Además tiene efectos medicinales, puede utilizarse como un laxante suave.

Su principal producto es el fruto, cuya pulpa carnosa y ácida es apreciada para elaborar agua fresca. En plan industrial se elaboran pastas para concentrados que se utilizan en la preparación de bebidas refrescantes, dulces y helados. La pulpa constituye el 40 % de la vaina y es fuente de vitamina C y B.

100 gramos de fruto maduro contienen 115 calorías, 3 g de proteína y 18 g de carbohidratos. Su acidez obedece a la presencia de ácido tartárico, acético y ascórbico (Roy, 1995).

La pulpa es una fuente rica de vitaminas e importantes minerales y contiene más calcio que otros frutos. Su composición química es: agua 11.3 %, proteína 13.3 %, grasa 5.4 %, carbohidrato 57.1 % ceniza 4.1 % y fibra cruda 8.8 %. La proteína de la semilla es rica en ácido glutámico (18 %), ácido aspártico (11.6 %), glicina (9.1 %) y leucina (8.2 %) pero deficiente en metionina, treonina, valina y cisteína, por lo que se le considera una proteína de baja calidad. La proporción de aminoácidos esenciales en la proteína es de 33.6 % (Roy, 1995).

**4. Productos procesados.** Singh, Dheeraj, *et al*, (2007) en su artículo describe algunos productos de tamarindo que se comercializan en el mercado. La pulpa de tamarindo se utiliza para una gran variedad de propósitos a nivel doméstico e industrial. Es rica en pectina y azúcares reductores, además contiene una gran cantidad de ácidos orgánicos, en su mayor parte (aproximadamente un 98%) el ácido tartárico.

En países como India, Filipinas, Tailandia y otras partes de Asia, se realizan muchos productos, tanto para consumo popular, como para utilizarlo en industrias y producir otros productos. A nivel industrial se encuentran productos como jugos concentrados y pulpa en polvo, los cuales al mezclarse con otros ingredientes (por ejemplo agua y azúcar), forman productos como toffees, siropes, dulces, jugos y conservas (Singh, 2007).

Según Singh, Dheeraj, *et al*, (2007) el jugo de tamarindo concentrado y la pulpa en polvo tienen las composiciones químicas mostradas en la siguiente Tabla.

Tabla 5. Composición química del jugo concentrado de tamarindo y la pulpa de tamarindo en polvo.

<b>Componentes</b>	<b>Jugo concentrado de tamarindo %</b>	<b>Pulpa de tamarindo en polvo %</b>
Humedad	28.2 – 52	3.5 – 8.8
Ácido tartárico	13.0	8.7 – 11.1
Azúcar invertido	50.0	15.8 – 25.0
Proteínas	2.0	1.7 – 2.4
Almidones		20.0 – 41.3
Cenizas		2.1 – 3.2

Fuente: Singh, Dheeraj, *et al*, (2007) Processed products of Tamarind.

Obasi, N.E., *et al*, (2013) elaboró un caramelo blando de tamarindo, la pulpa separada de las pepitas fue sometida a un proceso de secado para obtener polvo. Para el caramelo se utilizó azúcar, jarabe de glucosa, agua y la pulpa de tamarindo en polvo, la mezcla se llevó a una temperatura de 110°C, para luego enfriarlo y empacarlo. Los análisis sensoriales del caramelo mostraron una aceptación del producto, por lo tanto utilizar la pulpa de tamarindo en polvo es una muy buena opción para realizar un caramelo o cualquier otro producto a nivel industrial.

Hernandez, Alejandro (2010), utilizó la pulpa de tamarindo como saborizante y los residuos fibrosos para obtener un polvo que se utiliza como fibra en la fabricación de galletas. Por lo tanto existe la alternativa de industrializar y utilizar los residuos del tamarindo en otros productos para aprovechar su valor nutricional.

## **E. LIOFILIZACIÓN**

**1. Definición.** La liofilización es un proceso de secado mediante sublimación. Se basa en el desecado de determinados materiales por medio de

la sublimación del agua contenida en estos. Se realiza congelando el producto y se remueve el hielo aplicando calor en condiciones de vacío (Orrego, 2008).

La técnica constituye un efectivo sistema de preservación de elementos biológicos como células, enzimas, vacunas, virus, levaduras, sueros, algas, frutas, vegetales y alimentos en general. Todos estos materiales contienen sustancias volátiles o termo sensibles que no se ven afectadas por este proceso, ya que se trabaja a temperaturas y presiones reducidas. Lo más importante del método es que no altera la estructura fisicoquímica del producto y admite su conservación sin cadena de frío, ya que su bajo porcentaje de humedad permite obtener un producto con elevada estabilidad microbiológica (Parzanese, 2009).

Los alimentos pueden ser liofilizados en diferentes formatos: cubos, deshilachado, tiras, picado, granulado o polvo, y luego pueden ser utilizados como ingredientes industriales. Las ventajas y desventajas se describen en la Tabla 6 (Parzanese, 2009).

Viteri, Patricia (2010) realizó un estudio sobre la estabilidad de una pulpa de mora liofilizada, con el objetivo de determinar la temperatura y presión ideal en el proceso de liofilización, para que las características sensoriales del producto se mantengan durante más tiempo. Utilizando una temperatura de 110°C a una presión de 1.15 Hg, la humedad final del producto es de 2.5% y puede almacenarse hasta por 18 meses en envases laminados, para evitar mayor contacto con la humedad.

Grajales, Lina, *et al.* (2005) estudió a el proceso para la liofilización de la carambola, combinando con otros métodos de deshidratación para preservar la fruta por más tiempo. Utilizar una osmodeshidratación previa al proceso de liofilización muestra un ahorro en el costo energético y en tiempo, ya que la carambola pierde aproximadamente el 50% de su peso.

Tabla 6. Ventajas y desventajas del proceso de liofilización de alimentos.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valorización y potenciación de las producciones primarias.</li> <li>• Ausencia de temperaturas altas, por lo que previene el daño térmico.</li> <li>• Conservación, fácil transporte y almacenamiento de los productos.</li> <li>• Inhibición del crecimiento de microorganismos, estabilidad microbiológica.</li> <li>• Recuperación de las propiedades del alimento al rehidratarlo.</li> <li>• Ausencia de aditivos y/o conservantes.</li> <li>• Mantenimiento del valor nutricional del alimento.</li> <li>• Empleo de vacío, estabilidad química.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Largo tiempo de procesamiento.</li> <li>• Alto consumo de energía, en algunos casos.</li> <li>• Costo de inversión inicial alto.</li> </ul>

Fuente: Parzanese M. (2009) Tecnologías para la Industria Alimentaria: Liofilización de alimentos.

**2. Proceso.** La liofilización involucra cuatro etapas principales:

a. Preparación: es fundamental el acondicionamiento de la materia prima ya que los productos liofilizados no pueden ser manipulados una vez completado el proceso (Parzanese, 2009).

b. Congelación: se lleva a cabo en congeladores independientes (separados del equipo liofilizador) o en el mismo equipo. El objetivo es congelar

el agua libre del producto. Para ello se trabaja a temperaturas entre  $-20$  y  $-40^{\circ}\text{C}$ . Se busca que el producto congelado tenga una estructura sólida, sin que haya líquido concentrado, de manera que el secado ocurra únicamente por sublimación (Parzanese, 2009).

c. Desecación primaria: consiste en la desecación del producto, por sublimación del solvente congelado (agua en la mayoría de los casos). Para este cambio de fase es necesario reducir la presión en el interior de la cámara, mediante una bomba de vacío, y aplicar calor al producto, sin subir la temperatura. Esto último se puede hacer mediante conducción, radiación o fuente de microondas. Los dos primeros se utilizan comercialmente combinándose su efecto al colocarse el producto en bandejas sobre placas calefactoras separadas una distancia bien definida. De esta manera se consigue calentar por conducción, en contacto directo desde el fondo y por radiación, desde la parte superior. Los niveles de vacío y de calentamiento varían según el producto a tratar (Parzanese, 2009).

El hielo comienza el proceso de sublimación desde la superficie del producto y a medida que avanza el proceso, el vapor debe pasar por las capas ya secas para salir del producto. Para mejorar el rendimiento de esta operación, es primordial efectuar controles sobre la velocidad de secado y sobre la velocidad de calentamiento de las bandejas. Además se den controlar la presión total y parcial del sistema (Parzanese, 2009).

d. Desecación secundaria: se lleva a cabo por medio de desorción. Consiste en evaporar el agua no congelable, o agua ligada, que se encuentra en los alimentos; logrando que el porcentaje de humedad final sea menor al 2%. Como en este punto no existe agua libre, la temperatura de las bandejas puede subir sin riesgo de que se produzca fusión. Sin embargo, en esta etapa la presión disminuye al mínimo, por lo que se realiza a la máxima capacidad de vacío que pueda alcanzar el equipo. Es importante, finalmente, controlar el

contenido final de humedad del producto, de manera que se corresponda con el exigido para garantizar su estabilidad (Parzanese, 2009).

## **F. EMPAQUE**

El polipropileno biorientado (BOPP) es un polímero termoplástico parcialmente cristalino, perteneciente al grupo de las poliolefinas, se obtiene a partir de los monómeros de propileno. (Información Técnica y Comercial del BOPP, 2015)

Con la biorientación se logró mejorar notablemente las propiedades ópticas, mecánicas y de barrera al vapor de agua de la película. El BOPP comenzó entonces a convertirse en el film más versátil en la industria del envase flexible, llegando a desplazar totalmente al film de celofán en 20 años. Por su excelente barrera al vapor de agua se convirtió en materia prima base para los envases de galletas, snacks y todos los alimentos que no deben perder ni ganar humedad. (El polipropileno biorientado y sus aplicaciones, 2015)

Sin embargo, en la utilización de la película de BOPP para empaques, existe la limitante del encogimiento cuando sus capas son calentadas para efectuar el sellado. Para obviar este problema se utiliza el recubrimiento con un material termosellable o la coextrusión con un material de más baja temperatura de termosellado. La coextrusión con capas termosellables que contengan etileno y otro comonomero permite usar la película de BOPP en empaques impermeables al aire sin la apariencia de arrugas o encogimiento. (Películas de Polipropileno, 2015)

### **1. Propiedades**

a. Propiedades mecánicas: resistencia a roturas, ralladuras, golpes y perforaciones.

- b. Propiedades químicas: resistente al agua, al vapor de agua, al aceite, grasas, a algunos ácidos y álcalis así como disolventes.
- c. Propiedades ópticas: su superficie es brillante y tiene un alto grado de transparencia.
- d. Reciclable: es un material fácilmente reciclable ya que únicamente debe ser triturado para regresar al proceso productivo. Está constituido por moléculas sencillas sensibles a la luz UV y por ello se estima que en un período de 15 años puede reintegrarse a la naturaleza.
- e. Una característica importante es que sirve de base para impresión, lo cual permite ahorro de material adicional para etiquetar o imprimir. (Información Técnica y Comercial del BOPP, 2015)

### III. JUSTIFICACIÓN

La obesidad ha alcanzado proporciones epidémicas en todo el mundo. Por tanto, prevenir y tratar la obesidad está resultando una prioridad creciente. (Picó, 2006). De acuerdo con el Ministerio de Salud, el 21% de los adultos son obesos y 39% más tiene sobrepeso, lo que se advierte como una situación de alto riesgo para el 60% de los guatemaltecos mayores de edad. (Juárez, 2013). La obesidad trae consigo múltiples enfermedades severas, entre ellas la diabetes y la hipertensión.

Las personas con diabetes constantemente buscan productos en el mercado que satisfagan sus necesidades de consumir alimentos dulces, sin que estos afecten sus índices de glucosa en la sangre. Para esto las industrias de alimentos han creado postres con edulcorantes, como podemos encontrar gelatinas, pasteles, galletas, chocolates, etc. (Palmer, 2007).

Los caramelos son un producto muy popular en el mercado guatemalteco, consumidos por la mayor parte de las personas, sobre todo niños y adultos de la tercera edad. Esto es una oportunidad para crear productos atractivos para este tipo de mercado, como caramelos que puedan ser consumidos sin causar caries para niños y que no contengan azúcar para personas adultas con diabetes. Según la revista Industria Alimenticia se prevé que el mercado mundial de productos de confitería represente USD\$1.5 billones en el 2015.

Actualmente en Guatemala existen siete fábricas grandes que producen todo tipo de caramelos, duros, blandos, gomitas, chicles, chocolates y malvaviscos, pero ninguna de estas se encuentra en el mercado de caramelos sin azúcar. Mientras que las grandes empresas extranjeras en sus marcas como *Halls*, *Werther's Original*, *Tic Tac*, *Virginias*, *Mentos*, entre otras están innovando creando productos con cualidades más naturales y saludables.

Hace 20 años la mayoría de la gente ubicaba a los frutos secos en la pirámide alimenticia junto a los productos que sólo había que consumir de vez en cuando. Actualmente, estos productos son considerados como un importante aporte nutricional, lo que explica por qué en el 2013 el 60% de los lanzamientos de productos con frutos secos se relacionan con alimentos más saludables. Para agregar los frutos secos sin alterar las características y la vida útil del producto, es necesario que contenga el menor porcentaje de humedad posible. Es por esto que se utilizan procesos de liofilización para eliminar la mayor cantidad de agua libre posible, sin perjudicar las características sensoriales y nutricionales de las frutas.

El tamarindo es fruta que se produce mucho en la parte baja del Valle de Motagua, entre el departamento de El Progreso y Zacapa, donde hay tantos árboles en un área que se le llama “El Tamarindal”. De cada árbol maduro se cosechan entre 3 a 3.5 quintales, estimando una producción en los rangos de 390 a 450 quintales por año. La industria guatemalteca ha utilizado la pulpa solamente para realizar concentrados para bebidas, por lo tanto es necesario buscar otras formas de aprovechar un producto nacional y ayudar en la economía de nuestros agricultores.

Cada día el mercado exige productos con un valor agregado, por esto no deben ser solo considerados sanos, sino que también deben poseer sabor diferente, ser innovadores y preferiblemente únicos en su clase, para captar la atención del consumidor final y provocar una preferencia por el producto guatemalteco. Así, el objetivo principal del presente trabajo es desarrollar un caramelo duro sin azúcar, utilizando como saborizante pulpa de tamarindo liofilizada. Esto se realiza con el fin de ofrecer en el mercado un producto único que pueda ser consumido por personas diabéticas o con problemas con el azúcar y además que sea natural, es decir sin sabores ni colores artificiales.

## **IV. OBJETIVOS**

### **A. Objetivo general**

Desarrollar un caramelo duro sin azúcar utilizando pulpa de tamarindo liofilizada como saborizante.

### **B. Objetivos específicos**

1. Formular un caramelo duro sustituyendo al azúcar y glucosa con edulcorantes masivos y de alta intensidad.
2. Evaluar las características físicas, químicas, fisicoquímicas y sensoriales del producto final.
3. Determinar la vida de anaquel del producto empacado en polipropileno.
4. Comparar costos del producto desarrollado con un caramelo tradicional.

## V. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

### A. ETAPA I: Formulación del caramelo

Para determinar la formulación final del producto, según las características deseadas, se siguieron los siguientes pasos.

**1. Preparación de la pulpa de tamarindo liofilizada.** Se extrajo la pulpa de tamarindo eliminando manualmente la cáscara y las semillas. Esta pulpa húmeda se congeló a 0°C, para luego colocarse en el liofilizador por 8 horas a una temperatura -51°C y una presión de 0.120 mBar. Para esto se utilizó liofilizador marca LABCONCO.

La pulpa obtenida luego del proceso de secado, tenía una consistencia viscosa y poco manejable, por lo tanto se realizó un proceso de corte manual utilizando cuchillos.

A la pulpa liofilizada se le determinaron las siguientes características:

- i. pH: se utilizó un potenciómetro HI 99161 Foodcare, marca HANNA Instruments.
- ii. Porcentaje de humedad: se midió con la balanza de humedad MAC 50/1 marca RADWAG.
- iii. Actividad de agua: se determinó con el equipo AQUA LAB.

**2. Prueba de diferentes formulaciones.** Se realizaron tres diferentes formulaciones variando la cantidad y los tipos de edulcorantes utilizados en cada una. Las formulaciones que fueron analizadas y el procedimiento utilizado se muestran en las siguientes Tablas.

Tabla 7. Formulación utilizando jarabe de poliglicitol

<b>Ingrediente</b>	<b>Porcentaje</b>
Jarabe de poliglicitol	72.1%
Agua	16.2%
Ácido tartárico	0.6%
Pulpa de tamarindo	10.8%
Edulcorante de alta intensidad	0.3%

Fuente: Reyo, A. (2010) Desarrollo de formulaciones de productos de confitería de bajo aporte calórico utilizando alcoholes polihídricos como edulcorantes.

Tabla 8. Formulación utilizando isomaltosa

<b>Ingrediente</b>	<b>Porcentaje</b>
Isomaltosa	67.6%
Agua	20.7%
Ácido tartárico	0.6%
Pulpa de tamarindo	10.8%
Edulcorante de alta intensidad	0.3%





Fuente: Sentko, Anke; y Willibald-Ettle, Ingrid. (2006) Isomalt.

Tabla 9. Formulación utilizando mezcla de Isomaltosa y Jarabe de Maltitol



<b>Ingrediente</b>	<b>Porcentaje</b>
Isomaltosa	54.1%
Jarabe de maltitol	22.5%
Agua	11.7%
Ácido tartárico	0.6%
Pulpa de tamarindo	10.8%
Edulcorante de alta intensidad	0.3%

Fuente: Celeghin, A. y Rubiolo, A. (2004) Variación de las características de formulaciones con edulcorantes similares a las de caramelos duros de bajas calorías con el contenido de agua.

Tabla 10. Procedimiento de elaboración del caramelo

Descripción	Observaciones	Fotografía
<p>Paso 1: Mezclar isomalt, sucralosa y agua.</p>	<p>Solución blanquecina y turbia.</p>	
<p>Paso 2: Agitar la mezcla hasta alcanzar 115 °C.</p>	<p>Solución completamente homogénea y transparente.</p>	
<p>Paso 3: Sin agitación calentar la mezcla hasta 140°C.</p>	<p>Solución completamente homogénea, transparente y con burbujas.</p>	
<p>Paso 4: Dejar enfriar la mezcla a menos de 130°C y agregar la pulpa de tamarindo y liofilizada y el ácido tartárico.</p>	<p>Mezcla transparente, sin burbujas. Al mezclar la pulpa y el ácido tartárico se forma una masa café.</p>	

Continuación Tabla 10. Procedimiento de elaboración del caramelo.

Descripción	Observaciones	Fotografía
Paso 5: Moldear y dejar enfriar.	Caramelos café oscuro con apariencia brillante.	
Paso 6: Empaque	Los caramelos se empacan individualmente en polipropileno transparente.	

De cada una de las formulaciones, se evaluó la factibilidad del proceso y el rendimiento. Las muestras con un mejor rendimiento se analizaron por un perfil del producto.

**a. Perfil del producto.** Con un panel de quince personas se evaluaron las muestras, nombradas aleatoriamente, describiéndolas en base a sus características. Los panelistas utilizados son trabajadores de la fábrica de dulces *Productos Gloria* y cumplen con el siguiente perfil:

- Mayores de 18 años.
- Entrenados para la catación de caramelos duros, conociendo las características de dureza, pegajosidad, brillo y perfil de sabores de productos similares.

Los aspectos más importantes que deben tomarse en cuenta para los panelistas son: (Potts, 2010)

- No consumir alimentos o bebidas por lo menos 30 minutos antes del análisis sensorial.
- Todos los panelistas deben probar las muestras en el mismo orden.
- Tomar el tiempo que sea necesario.
- Las muestras deben ser del mismo tamaño o cantidad.

- Enjuagar la boca entre muestras.
- El tiempo entre muestras debe ser el mismo.
- Probar las muestras alejado de olores de producción.

En la Tabla 11 se muestran los parámetros que cada panelista utilizó para la evaluación de las principales características del caramelo, mostradas en la Tabla 12.

Tabla 11. Parámetros de evaluación descriptiva. Perfil del producto.







Característica	0	1	2	3	4	5
Sabor dulce	Nada dulce	Levemente dulce	Poco dulce	Dulce	Muy dulce	Excesivamente dulce
Sabor ácido	Nada ácido	Levemente ácido	Poco ácido	Ácido	Muy ácido	Excesivamente ácido
Sabor a tamarindo	Nada	Levemente intenso	Poco Intenso	Intenso	Muy intenso	Excesivamente intenso
Sabor amargo	Nada amargo	Levemente amargo	Poco amargo	Amargo	Muy amargo	Excesivamente amargo
Brillo	Nada brillante	Levemente brillante	Poco brillante	Brillante	Muy brillante	Excesivamente brillante
Pegajosidad	Nada pegajoso	Levemente pegajoso	Poco pegajoso	Pegajoso	Muy pegajoso	Excesivamente pegajoso
Dureza	Nada duro	Levemente duro	Poco duro	Duro	Muy duro	Excesivamente duro
Color	Pantone 722 C 	Pantone 723 C 	Pantone 153 C 	Pantone 154 C 	Pantone 160 C 	Pantone 161 C 

Tabla 12. Evaluación de las características del caramelo de tamarindo en evaluación descriptiva. Perfil del producto.

Código de la muestra		Puntaje			
		8261	9421	3500	9512
Característica	Dulce				
	Ácido				
	Afrutado				
	Amargo				
	Fermentado				
	Astringente				
	Picante				
	Metálico				

Las puntuaciones de los panelistas se sumaron y luego se calculó el promedio aritmético, para poder realizar un análisis gráfico (gráfica de araña) de las principales características del caramelo.

**b. Prueba de ordenamiento.** Con el mismo panel de quince personas utilizado en el perfil del producto, se evaluaron cuatro nuevas muestras nombradas aleatoriamente. Estas fueron realizadas variando los porcentajes de los ingredientes utilizados en la muestra mejor calificada.

Se les pidió a los evaluadores que calificaron las muestras de acuerdo a las diferentes características, siendo la puntuación 1 para la muestra con mayor agrado y la puntuación 4 para la muestra de menor agrado. La tabla de evaluación se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Formato para evaluación de aceptación. Prueba de ordenamiento

Orden	Características		
	Sabor dulce	Sabor ácido	Sabor a tamarindo
1			
2			
3			
4			

Los resultados se tabularon para obtener los punteos de cada una de las muestras, luego de sumarlos. El análisis de los datos estadísticamente se realizó por medio de la tabla de Kramer (Anexo 1), para una significancia del 5%.

**c. Formulación final.** La formulación mejor evaluada se replicó y se le realizaron las evaluaciones de dureza, color, porcentaje de humedad y actividad de agua.

- 1) Dureza: se utilizó texturómetro TA xT2i texture analyser, marca Stable Micro Systems.

- 2) Color: se evaluó utilizando un colorímetro Color Quest II, marca Hunter Lab.
- 3) Porcentaje de humedad: se midió con la balanza de humedad MAC 50/1 marca RADWAG.
- 4) Actividad de agua: se determinó con el equipo AQUA LAB.

## **B. ETAPA II: Evaluación de empaque y vida de anaquel**

El cálculo de la vida de anaquel del producto empacado se realiza por métodos acelerados. Estos estudios se basan en someter el producto a condiciones de almacenamiento que aceleren las reacciones de deterioro, examinar el producto periódicamente hasta que ocurra el final de la vida de anaquel, y entonces usar los resultados para proyectar la vida de anaquel bajo condiciones de verdadera distribución. (Chica, 2003)

El modelo más utilizado para determinar la vida de anaquel de un producto es la ecuación de Arrhenius.

$$K = K_0 e^{-E_a/RT}$$

En donde:

K = velocidad de la reacción que varía con respecto a la temperatura

$K_0$  = constante pre-exponencial

$E_a$  = energía de activación del proceso (calorías/mol)

R = constante de los gases (1.986 mol K/caloría)

T = temperatura en la que se lleva a cabo el análisis (K)

El caramelo se empacó utilizando una bobina de doble capa de polipropileno con un grosor de 55  $\mu$ . Luego se midieron las características de dureza, color, porcentaje de humedad, actividad de agua y sabor a tres temperaturas diferentes (25, 35 y 45°C) por 10 semanas. Las mediciones se realizaron con caramelos empacados.

- a. Dureza: se utilizó texturómetro TA xT2i texture analyser, marca Stable Micro Systems.
- b. Color: se evaluó utilizando un colorímetro Color Quest II, marca Hunter Lab.
- c. Porcentaje de humedad: se midió por medio de la balanza MAC 50/1 marca RADWAG.
- d. Actividad de agua: se determinó con el equipo AQUA LAB.

Los datos obtenidos se tabularon y se graficaron de manera de poder calcular la velocidad de la reacción.

### **C. ETAPA III: Costos**

Las variables a considerar en esta etapa son:

- Costo de materia prima.
- Costo de proceso de pulpa de tamarindo.
- Costo de producción del caramelo.
- Costo de mano de obra requerida.
- Costo de empaque.

Estos se compararon con los costos de un caramelo tradicional.

## VI. RESULTADOS

### A. ETAPA I: Formulación del caramelo

**1. Preparación de la pulpa de tamarindo liofilizada.** La pulpa luego de someterse al proceso de liofilización presenta las características mostradas en las Tablas 14 y 15, y en las Figuras 3 y 4.

Tabla 14. Resultados de las características de pulpa liofilizada.

Producto	Peso
Pulpa húmeda	500 g
Pulpa liofilizada	382.6 g
Porcentaje perdido	23.48%

Tabla 15. Caracterización de la pulpa de tamarindo liofilizada.

Característica	Descripción
Nivel de madurez	Cáscara café y quebradiza
pH	4.34 ± 0.10
Porcentaje de humedad	17.15 ± 0.75%
Actividad de agua	0.481 ± 0.001

Figura 3. Pulpa de tamarindo liofilizada.



Figura 4. Pulpa de tamarindo liofilizada y pulverizada.



**2. Formulaciones preliminares.** En las tablas y figuras a continuación se muestran los resultados de las diferentes formulaciones utilizadas para realizar las pruebas preliminares y posteriormente fueron sometidas a evaluaciones.

**a. Formulaciones con jarabe de poliglicitol**

Tabla 16. Resultados del rendimiento y comportamiento de los caramelos formulados con jarabe de poliglicitol y stevia

Ingrediente	Cantidad	Rendimiento	Observaciones
Jarabe de poliglicitol	80 g	Se obtuvieron 50.26g de caramelos. El porcentaje de rendimiento es de 45.28%.	El producto es muy pegajoso y difícil de trabajar. Luego de almacenado a temperatura ambiente y por 8 días se deformó completamente.
Agua	18 g		
Ácido tartárico	0.7 g		
Pulpa de tamarindo	12 g		
Stevia	0.3 g		

Figura 5. Caramelos formulados con jarabe de poliglicitol y stevia.



Tabla 17. Resultados del rendimiento y comportamiento de los caramelos formulados con jarabe de poliglicitol y sucralosa

Ingrediente	Cantidad	Rendimiento	Observaciones
Jarabe de poliglicitol	80 g	Se obtuvieron 43.75g de caramelos. El porcentaje de rendimiento es de 39.41%.	El producto es muy pegajoso y difícil de trabajar. Luego de almacenado a temperatura ambiente y por 8 días se deformó completamente.
Agua	18 g		
Ácido tartárico	0.7 g		
Pulpa de tamarindo	12 g		
Sucralosa	0.2 g		

Figura 6. Caramelos formulados con jarabe de poliglicitol y sucralosa.



Tabla 18. Resultados del rendimiento y comportamiento de los caramelos formulados con jarabe de poliglicitol y acesulfame

Ingrediente	Cantidad	Rendimiento	Observaciones
Jarabe de poliglicitol	80 g	Se obtuvieron 52.93g de caramelos. El porcentaje de rendimiento es de 47.68%.	El producto es muy pegajoso y difícil de trabajar. Luego de almacenado a temperatura ambiente y por 8 días se deformó completamente.
Agua	18 g		
Ácido tartárico	0.7 g		
Pulpa de tamarindo	12 g		
Acesulfame	0.3 g		

Figura 7. Caramelos formulados con jarabe de poliglicitol y acesulfame



#### b. Formulaciones con isomaltosa

Tabla 19. Resultados del rendimiento y comportamiento de los caramelos formulados con isomaltosa y stevia

Ingrediente	Cantidad	Rendimiento	Observaciones
Isomaltosa	75 g	Se obtuvieron 78.16g de caramelos. El porcentaje de rendimiento es de 70.41%.	Buena consistencia y su fácil desmoldeo. Blancos y porosos luego de almacenados a temperatura ambiente y por 8 días.
Agua	23 g		
Ácido tartárico	0.7 g		
Pulpa de tamarindo	12 g		
Stevia	0.3 g		

Figura 8. Caramelos formulados con isomaltosa y stevia.



Tabla 20. Resultados del rendimiento y comportamiento de los caramelos formulados con isomaltosa y sucralosa

Ingrediente	Cantidad	Rendimiento	Observaciones
Isomaltosa	75 g	Se obtuvieron 75.21g de caramelos. El porcentaje de rendimiento es de 67.76%.	Los caramelos presentan buena consistencia y su desmoldeo es fácil. Su color y forma no sufrió cambios luego de almacenados a temperatura ambiente por 8 días.
Agua	23 g		
Ácido tartárico	0.7 g		
Pulpa de tamarindo	12 g		
Sucralosa	0.2 g		

Figura 9. Caramelos formulados con isomaltosa y sucralosa



Tabla 21. Resultados del rendimiento y comportamiento de los caramelos formulados con isomaltosa y acesulfame

Ingrediente	Cantidad	Rendimiento	Observaciones
Isomaltosa	75 g	Se obtuvieron 75.39g de caramelos. El porcentaje de rendimiento es de 67.92%.	Los caramelos presentan buena consistencia y su desmoldeo es fácil. Se observan blanquecinos luego de estar almacenados a temperatura ambiente por 8 días.
Agua	23 g		
Ácido tartárico	0.7 g		
Pulpa de tamarindo	12 g		
Acesulfame	0.3 g		

Figura 10. Caramelos formulados con isomaltosa y acesulfame



### c. Formulaciones con isomaltosa y jarabe de maltitol

Tabla 22. Resultados del rendimiento y comportamiento de los caramelos formulados con isomaltosa, jarabe de maltitol y stevia

Ingrediente	Cantidad	Rendimiento	Observaciones
Isomaltosa	60 g	Se obtuvieron 75.45g de caramelos. El porcentaje de rendimiento es de 67.97%.	Consistencia pegajosa. Dificil desmoldeo. Blancos y porosos luego de almacenados a temperatura ambiente por 8 días.
Jarabe de maltitol	25 g		
Agua	13 g		
Ácido tartárico	0.7 g		
Pulpa de tamarindo	12 g		
Stevia	0.3 g		

Figura 11. Caramelos formulados con isomaltosa, jarabe de maltitol y stevia.



Tabla 23. Resultados del rendimiento y comportamiento de los caramelos formulados con isomaltosa, jarabe de maltitol y sucralosa

Ingrediente	Cantidad	Rendimiento	Observaciones
Isomaltosa	60 g	Se obtuvieron 78.90g de caramelos. El porcentaje de rendimiento es de 71.08%.	Los caramelos presentan buena consistencia y su desmoldeo es fácil. Su color y forma no sufrió cambios luego de ser almacenados a temperatura ambiente por 8 días.
Jarabe de maltitol	25 g		
Agua	13 g		
Ácido tartárico	0.7 g		
Pulpa de tamarindo	12 g		
Sucralosa	0.2 g		

Figura 12. Caramelos formulados con isomaltosa, jarabe de maltitol y sucralosa.



Tabla 24. Resultados del rendimiento y comportamiento de los caramelos formulados con isomaltosa, jarabe de maltitol y acesulfame

Ingrediente	Cantidad	Rendimiento	Observaciones
Isomaltosa	60 g	Se obtuvieron 77.53g de caramelos. El porcentaje de rendimiento es de 69.85%.	Los caramelos presentan buena consistencia y su desmoldeo es fácil. Se observan blanquecinos luego de almacenados a temperatura ambiente por 8 días.
Jarabe de maltitol	25 g		
Agua	13 g		
Ácido tartárico	0.7 g		
Pulpa de tamarindo	12 g		
Acesulfame	0.3G		

Figura 13. Caramelos formulados con isomaltosa, jarabe de maltitol y acesulfame



**3. Perfil del producto.** Las cuatro formulaciones que presentaron una mayor factibilidad en el proceso y no mostraron cambios visuales luego de almacenadas por 8 días fueron evaluadas por los panelistas, en la Figura 14 se puede observar la forma en la que fueron presentadas las muestras.

En la Tabla 25 se muestran los resultados de la evaluación del perfil del producto obtenidos luego de realizar un análisis sensorial. Estos datos fueron evaluados y graficados a través de un gráfico de araña, que se muestra en la Gráfica 3. El gráfico de araña se utiliza como una herramienta para analizar diferentes características de cada una de las formulaciones, para observar con

más claridad que ingredientes se deben cambiar o agregar para mejorar el producto.

Figura 14. Formato presentado a los panelistas en la evaluación descriptiva.

### Perfil del producto.

Nombre: \_\_\_\_\_

**Boleta de Evaluación**  
Perfil del producto

A continuación se le presenta un set de 4 pruebas de caramelos, por favor obtiene y pruebe cada uno, manteniéndolo durante 30 segundos dentro de su boca. De acuerdo a cada característica, califique las muestras seleccionando un puntaje en la Tabla No. 1 y colocándolo en la Tabla No. 2 de evaluación. No olvide tomar agua entre cada muestra.

Tabla No. 1

Característica	0	1	2	3	4	5
Sabor Dulce	Nada dulce	Ligeramente dulce	Poco dulce	Dulce	Muy dulce	Excesivamente dulce
Sabor Ácido	Nada ácido	Ligeramente ácido	Poco ácido	Ácido	Muy ácido	Excesivamente ácido
Sabor a Tanninobio	Nada	Ligeramente intenso	Poco intenso	Intenso	Muy intenso	Excesivamente intenso
Sabor Amargo	Nada amargo	Ligeramente amargo	Poco amargo	Amargo	Muy amargo	Excesivamente amargo
Sabor	Nada brillante	Ligeramente brillante	Poco brillante	Briante	Muy brillante	Excesivamente brillante
Pegajosidad	Nada pegajoso	Ligeramente pegajoso	Poco pegajoso	Pegajoso	Muy pegajoso	Excesivamente pegajoso
Dureza	Nada duro	Ligeramente duro	Poco duro	Duro	Muy duro	Excesivamente duro
Color	Parabola 722 C	Parabola 723 C	Parabola 103 C	Parabola 104 C	Parabola 100 C	Parabola 101 C

Tabla No. 2

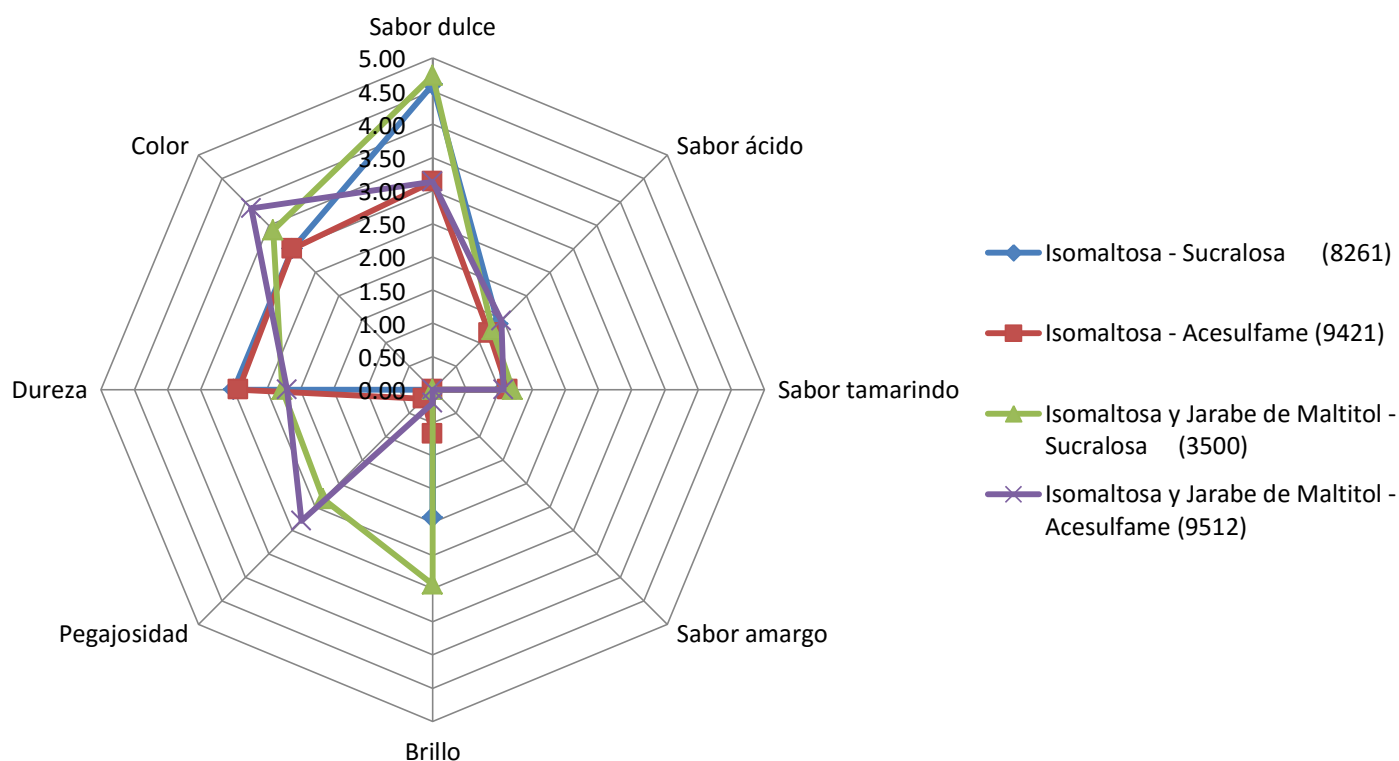
Característica	Puntaje			
	8261	9421	3500	9512
Dulce				
Ácido				
Afrutado				
Amargo				
Fermentado				
Astringente				
Picante				
Metálico				

Las características más importantes, las cuales dependen de los polialcoholes son el brillo, la dureza y la pegajosidad. Mientras que los diferentes sabores pueden ser modificados con facilidad, variando la cantidad de los otros ingredientes en la formulación. Por lo tanto al realizar el análisis del gráfico de araña con respecto a estas características, la fórmula mejor evaluada fue la muestra 8261, donde se utiliza una mezcla de isomaltosa con sucralosa.

Tabla 25. Puntuaciones de los panelistas para las formulaciones para la evaluación descriptiva. Perfil del producto

Característica	Isomaltosa - sucralosa (8261)	Isomaltosa - acesulfame (9421)	Isomaltosa y jarabe de maltitol - sucralosa (3500)	Isomaltosa y jarabe de maltitol - acesulfame (9512)
Sabor dulce	4.60	3.13	4.73	3.13
Sabor ácido	1.40	1.20	1.27	1.47
Sabor tamarindo	1.07	1.13	1.20	1.07
Sabor amargo	0.00	0.00	0.00	0.00
Brillo	1.93	0.67	2.93	0.20
Pegajosidad	0.00	0.20	2.33	2.80
Dureza	3.00	2.93	2.27	2.20
Color	3.00	3.00	3.40	3.87

Gráfica 3. Gráfico de araña. Análisis del perfil del producto.



**4. Prueba de ordenamiento.** La fórmula de isomaltosa con sucralosa, la cual obtuvo las mejores puntuaciones en las características de brillo, dureza y pegajosidad, sufrió cambios en la cantidad de sucralosa, responsable del sabor dulce, en el ácido tartárico, responsable del sabor ácido, y en la pulpa de tamarindo, responsable del sabor a tamarindo, para poder realizar una segunda prueba y determinar la formulación final.

Se produjeron cuatro nuevas formulaciones, aumentando la cantidad de pulpa y ácido tartárico, y disminuyendo la cantidad de sucralosa. En la Tabla 26 se muestra el detalle de los ingredientes y cantidades que se utilizaron en cada una de las formulaciones.

Cada muestra fue evaluada por el mismo panel sensorial. En la Figura 15 se muestra la forma en que fueron presentadas las muestras. Los resultados obtenidos se evaluaron por medio de la tabla Kramer para un nivel de significancia del 5%. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 27.

Tabla 26. Formulaciones evaluadas en la prueba de preferencia. Prueba de ordenamiento

<b>Ingrediente</b>	<b>Muestra 1 (5438)</b>	<b>Muestra 2 (6386)</b>	<b>Muestra 3 (3831)</b>	<b>Muestra 4 (6224)</b>
Isomaltosa	75 g	75 g	75 g	75 g
Agua	23 g	23 g	23 g	23 g
Ácido Tartárico	0.7 g	1 g	1.3 g	1.5 g
Pulpa	12 g	15 g	18 g	20 g
Sucralosa	0.1 g	0.08 g	0.06 g	0.04 g
Peso Producto Terminado	66.40 g	78.83 g	76.83 g	78.45 g
Rendimiento	59.93%	69.10%	65.47%	65.63%

Figura 15. Formato presentado a los panelista en la prueba de preferencia.

## Prueba de ordenamiento

Nombre: \_\_\_\_\_

**Boleta de Evaluación**  
**Prueba de aceptabilidad por ordenamiento**

A continuación se le presenta un set de 4 pruebas de caramelos, por favor observe y pruebe cada uno, manteniéndolo durante 30 segundos dentro de su boca. De acuerdo a los diferentes atributos presentados en la Tabla No. 1, ordene las muestras, siendo 1 la que presenta mayor intensidad y 4 la intensidad más baja. Por último coloque cuál de las muestras en general le agradó más. No olvide tomar agua entre cada muestra.

Tabla No. 1

Orden	Características		
	Sabor Dulce	Sabor Ácido	Sabor a Tamarindo
1			
2			
3			
4			

Indique el código de la muestra que fue de su mayor agrado.

Código: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

(Muchas Gracias!)

Tabla 27. Resultados de las puntuaciones obtenidas para las características de sabor en el caramelo. Prueba de ordenamiento.

Muestra	Características		
	Sabor dulce	Sabor ácido	Sabor a tamarindo
<b>1 (5438)</b>	58	60	57
<b>2 (6386)</b>	28	45	45
<b>3 (3831)</b>	19	22	29
<b>4 (6224)</b>	45	23	18

**5. Formulación final.** Con base en los resultados obtenidos por la prueba de ordenamiento, se obtiene la formulación final, mostrada en la tabla 28.

Tabla 28. Formulación final.

<b>Ingrediente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
Isomaltosa	75 g	67.35%
Agua	15 g	13.47%
Ácido tartárico	1.3 g	1.17%
Sucralosa	0.06 g	0.05%
Pulpa	20 g	17.96%
Peso producto terminado	74.55 g	
Rendimiento	66.95%	
Caramelos por lote	45	

En la Tabla 29 se muestra las mediciones realizadas al producto final de sus principales características.

Tabla 29. Características principales del caramelo.

<b>Característica</b>	<b>Medición</b>	<b>Datos teóricos**</b>
Dureza	20092.65 ± 3083.55 g	----
Color	L*=64.03 ± 3.38	----
Porcentaje de Humedad	0.8 ± 0.08%	2.5 – 3%
Actividad de agua	0.541 ± 0.09	0.20 – 0.35

\*L=escala Hunterlab

\*\*Caramelos elaborados con sacarosa. Fuente: Edwards W. P. 2002. La ciencia de las Golosinas.

## B. ETAPA II: Evaluación de empaque y vida de anaquel

Los caramelos se mantuvieron por 10 semanas a temperaturas de 25°C, 35°C y 45°C. Semanalmente se evaluaron los parámetros de actividad de agua, porcentaje de humedad, color y textura, a través de la fuerza de corte.

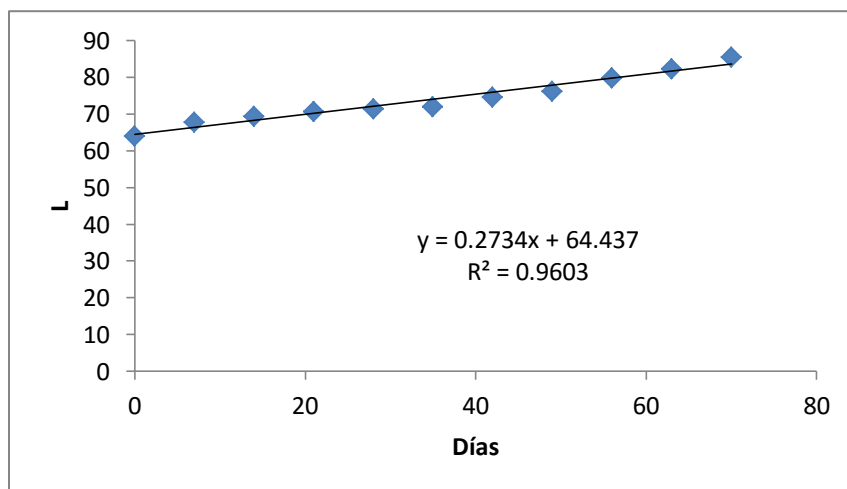
Con el paso del tiempo la coloración fue la característica que presentó mayores cambios, pasando de un café oscuro a un beige muy claro casi blanco, como puede apreciarse en las fotos de la Tabla 40 (anexo C). El valor que se tomó como parámetro es el de la escala Hunterlab, L, tomando como valor máximo aceptable 90.

En la Tabla 30 se muestran los resultados de las mediciones realizadas en el colorímetro. Estas mediciones se grafican versus el tiempo en días para cada temperatura, los resultados se muestran en las Gráficas 4, 5 y 6.

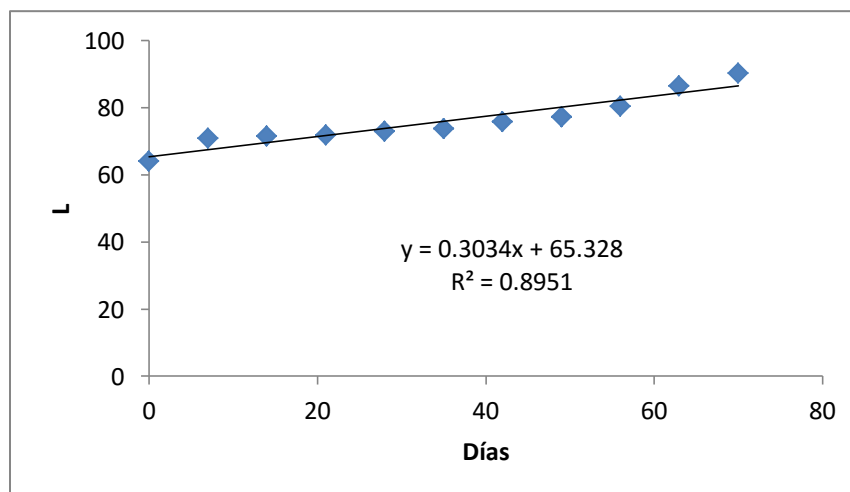
Tabla 30. Color del caramelo en la escala Hunterlab L durante 10 semanas

<b>Semana</b>	<b>Días</b>	<b>25 °C</b>	<b>35°C</b>	<b>45°C</b>
Inicial	0	64.03 ± 3.38	64.03 ± 3.38	64.03 ± 3.38
Semana 1	7	67.86 ± 2.25	70.97 ± 1.48	71.54 ± 1.48
Semana 2	14	69.45 ± 3.11	71.54 ± 2.64	72.97 ± 1.07
Semana 3	21	70.73 ± 1.49	71.86 ± 2.69	74.24 ± 1.89
Semana 4	28	71.42 ± 2.89	72.99 ± 3.17	74.92 ± 0.44
Semana 5	35	72.02 ± 1.60	73.71 ± 2.55	75.75 ± 2.65
Semana 6	42	74.66 ± 1.54	75.85 ± 2.68	77.18 ± 0.83
Semana 7	49	76.24 ± 0.96	77.23 ± 3.26	82.54 ± 2.19
Semana 8	56	79.86 ± 2.41	80.53 ± 2.23	89.57 ± 1.08
Semana 9	63	82.34 ± 2.46	86.47 ± 1.49	90.14 ± 1.76
Semana 10	70	85.45 ± 3.56	90.24 ± 1.64	90.86 ± 1.92

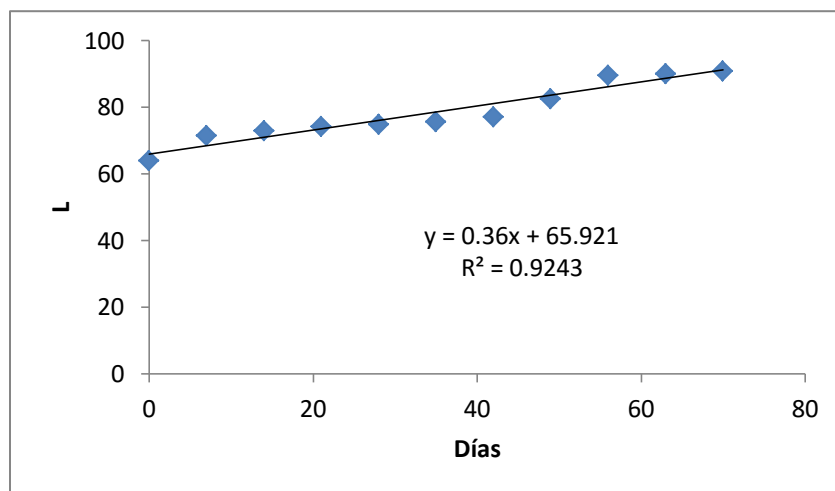
Gráfica 4. Medida del color L vs. días transcurridos a 25°C.



Gráfica 5. Medida del color L vs. días transcurridos a 35°C.



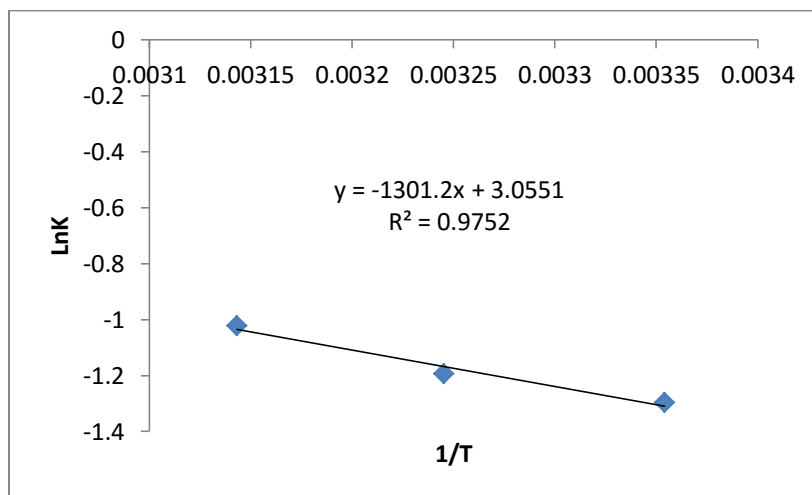
Gráfica 6. Medida del color L vs. días transcurridos a 45°C.



Al aplicar el modelo de Arrhenius, a continuación se grafica el  $\ln K$  (pendiente de las ecuaciones) versus  $1/T$  (en grados Kelvin).

Tabla 31. Valores de constantes de Arrhenius y datos para realizar la Gráfica 7

K	LnK	1/T
0.2734	-1.2968	0.00335402
0.3034	-1.1927	0.00324517
0.36	-1.0217	0.00314317

Gráfica 7.  $\ln K$  versus  $1/T$ 

A partir de la ecuación de la gráfica se puede determinar la constante para cualquier temperatura, como se muestra a continuación.

$$K = e^{-1301.2(1/T)+3.0551}$$

Tabla 32. Tiempo de vida de anaquel a diferentes temperaturas de almacenamiento.

Temperatura	Valor de K	Tiempo de vida
21°C	-1.3685	204 días
25°C	-1.3091	192 días
35°C	-1.1675	166 días
45°C	-1.0348	146 días

Un caramelo tradicional con una humedad residual de 2 a 3 %, puede tener una vida de anaquel de 12 a 14 meses almacenado a temperatura ambiente. (Edwards, 2002)

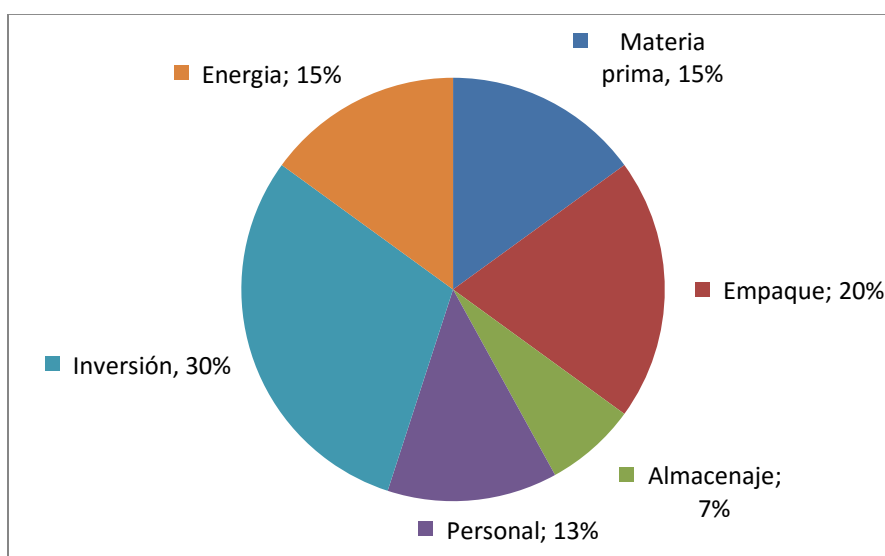
### C. ETAPA III: Costos

Los costos de la materia prima fueron cotizados en diferentes proveedores guatemaltecos. El costo del isomalt en Alimtec, el ácido tartárico y la sucralosa en Distribuidora del Caribe y el material de empaque en Polytec

El costo de la mano de obra total para la realización del caramelo se estima en un 30% con base en los costos de la materia prima. Este es un dato aproximado que se obtuvo con la ayuda de la empresa Productos Gloria, fabricante de caramelos en Guatemala.

El tamarindo con semilla y sin cáscara fue comprada por libra en el supermercado y tuvo un costo de Q.7.00 la libra. De cada libra se obtuvieron 100 gramos de pulpa, por lo tanto el costo de la pulpa antes de liofilizar es de Q.0.07 por gramo. Se utilizaron 20 gramos por lote, es decir que el costo de la pulpa por lote es de Q.1.40 antes de secarla, según la Gráfica 8 el costo del proceso de secado es de un 65% comparado con la materia prima. Por lo tanto al calcular el costo total de la pulpa de tamarindo luego del proceso de liofilización es de Q.4.00.

Gráfica 8. Porcentaje de costos del proceso de liofilización.



Fuente: Parzanese M. (2009) Tecnologías para la Industria Alimentaria: Liofilización de alimentos.

Los costos se muestran en la Tabla 33, se definen para el tamaño de lote producido, según la Tabla 28.

Tabla 33. Costos de los ingredientes y mano de obra del lote realizado del caramelo sin azúcar.

	<b>Costo</b>	<b>Cantidad</b>
Isomalt	Q. 3.83	75 g
Agua	Q. 0.15	15 g
Pulpa de tamarindo liofilizada	Q. 4.00	20 g
Ácido tartárico	Q. 0.05	1.3 g
Sucralosa	Q. 0.05	0.06 g
Mano de obra	Q. 2.42	
Empaque	Q. 0.49	
Costo total / Lote	Q. 10.99	45 caramelos
Costo total / Caramelo	Q. 0.25	1 caramelo

Tabla 34. Comparación de los costos de un caramelo sin azúcar y un caramelo tradicional

<b>Costo caramelo sin azúcar</b>	<b>Costo caramelo tradicional*</b>
Q. 0.25	Q. 0.06

\*Fuente: Empresa fabricante de dulces en Guatemala *Productos Gloria*.

## VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El primer paso para el desarrollo del caramelo, consistió en la obtención de la pulpa de tamarindo seca, para lo cual se separaron manualmente las semillas agregando una poca cantidad de agua hirviendo, para evitar incrementar el contenido de humedad en el producto antes del proceso de secado. Con esto se busca que la pulpa de tamarindo contenga el menor porcentaje de agua posible antes de ser agregada al caramelo. El proceso de cocción del caramelo elimina el contenido de humedad en el mismo, llevándolo a porcentajes menores al 2%. Agregar una pulpa con alto contenido de humedad afecta en gran medida la vida de anaquel del producto.

Para la deshidratación de la pulpa se utilizó un proceso de liofilización, el objetivo de realizarlo por este método es eliminar la mayor cantidad de agua libre de la pulpa y evitar que esta pierda los principales componentes volátiles del sabor al aplicar altas temperaturas.

La pulpa de tamarindo tenía un porcentaje de humedad inicial de 40.6%, la cual disminuyó a 17.15% luego del proceso de liofilización. Las investigaciones muestran que una pulpa de tamarindo en polvo contiene entre 3.5 y 8% de humedad. (Singh, 2007) Por lo que a pulpa no quedó completamente seca luego del tratamiento en el liofilizador. Esto se debe a que la pulpa contiene agua ligada, la cual puede eliminarse utilizando un liofilizador con mayor potencia y con un sistema de bandejas, de manera que el producto pueda someterse al proceso en capas delgadas y en áreas amplias.

La pulpa seca, al salir del liofilizador, era una pasta viscosa y pegajosa, por lo tanto requirió de trabajo mecánico para disminuir el tamaño lo más posible, de manera que fuera sencillo agregar a la mezcla de caramelo y obtener una masa homogénea.

El segundo paso para desarrollar el caramelo sin azúcar, fue realizar las formulaciones preliminares sustituyendo la sacarosa y la glucosa con edulcorantes no calóricos. Se realizaron tres fórmulas preliminares variando los porcentajes y los tipos de edulcorantes utilizados en cada una. En la Tabla 7 se muestra la formulación utilizada por Reyo, A. en su investigación “Desarrollo de productos de confitería de bajo aporte calórico utilizando alcoholes polihídricos como edulcorantes”, donde se utiliza como edulcorante masivo el jarabe de poliglicitol. Sentko, A. en su trabajo “Isomalt” utilizó la formulación con isomaltosa que se muestra en la Tabla 8. Por último la tercera formulación se basó en el estudio de Celeghin, A. “Variación de las características de formulaciones con edulcorantes similares a las de caramelos duros de bajas calorías con el contenido de agua”, donde se utilizó una mezcla entre isomaltosa y jarabe de maltitol.

Los polialcoholes como ingrediente principal se agregaron en porcentajes y entre 67% y 76% para la fabricación de los caramelos, mientras que de edulcorantes intensos se utilizó un 0.3%. Se combinaron los edulcorantes debido a que cada uno tiene una función específica, y así se pudo crear un producto que cumpla con las características de un caramelo duro. Los edulcorantes masivos o polialcoholes cumplieron la función de darle la textura al caramelo, mientras que los edulcorantes intensos proporcionaron el sabor dulce.

Los edulcorantes intensos utilizados fueron la sucralosa, el acesulfame K y la stevia, estos proporcionan el dulzor en el caramelo, ya que su característica principal es su alto poder edulcorante en relación con la sacarosa, a esto se debe que la cantidad utilizada en las formulaciones sea tan pequeña. Además se utilizaron edulcorantes masivos o polialcoholes, los cuales fueron isomaltosa, jarabe de maltitol y jarabe de poliglicitol, la función principal de estos es proporcionar el volumen y la textura del caramelo, y es por esto que son los que se agregan en porcentajes más altos.

Se conjugaron todos los edulcorantes se obtuvieron 9 formulaciones preliminares, las cuales se muestran en las Tablas 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 y 23. Se realizaron tantas pruebas con el objetivo de determinar qué combinación de edulcorantes y porcentaje de polialcoholes proporcionan las mejores características de sabor, color y textura en el caramelo.

Las tres formulaciones donde se utilizó el jarabe de poliglicitol fueron las primeras descartadas, debido a que durante la elaboración de las pruebas se observa que el manejo de la mezcla es muy difícil, ya que es muy pegajosa y con poca consistencia. La dificultad para moldear el producto, provocó que gran porcentaje se pierda y que se obtuvieran rendimientos menores del 48%. Por otro lado los caramelos fueron almacenados por 8 días, en condiciones normales (temperatura ambiente), y perdieron completamente su forma, convirtiéndose en una masa pegajosa (ver Figuras 5, 6 y 7). El jarabe de poliglicitol es un polialcohol que se descubrió recientemente, por lo tanto todavía no se utilizó con certeza en todas las formulaciones, y muchas veces es combinado con otros polialcoholes.

Se descartaron las tres muestras y se analizaron las seis restantes, donde se observó que dos formulaciones presentan problemas. La formulación de isomaltosa y stevia a pesar que presentaba una buena consistencia al desmoldearlo, al pasar solamente ocho días almacenados perdieron completamente su color y la textura al partirlos era completamente porosa (ver Figura 9). La otra formulación que presentó problemas fue la de isomaltosa, jarabe de maltitol y stevia, ya que la consistencia al sacarlo del molde era pegajosa y al momento de almacenarlo perdió completamente el color y su textura fue porosa (ver Figura 11). El stevia utilizado en las pruebas contenía un porcentaje de maltodextrina, la cual absorbió la humedad en el caramelo y en el ambiente, y provocó que se formaran grandes cristales que le dieron la textura y la opacidad al caramelo.

Por lo tanto luego de que las nueve muestras realizadas fueran almacenadas por 8 días, cinco de ellas fueron descartadas ya que perdieron sus características de color, brillo y textura. Es por esto que en el análisis sensorial descriptivo del perfil de sabor solamente se presentaron cuatro muestras a los panelistas para que fueran evaluadas.

Cada panelista evaluó las cuatro muestras de forma descriptiva y las calificó según sus características de sabor, color, dureza, pegajosidad y brillo, utilizando la Tabla 10 como clave para obtener el perfil de cada uno de los caramelos. Los resultados presentados en la Tabla 24 demuestran que ninguna de las formulaciones presentó sabor amargo, por lo tanto los edulcorantes pueden ser utilizados sin ningún problema para realizar el caramelo, ya que los consumidores no percibieron el resabio amargo característico en productos con edulcorantes artificiales. Además se pudo observar que tanto el sabor ácido como a tamarindo era necesario aumentarlos, ya que no se distinguieron en ninguna de las formulaciones. En las formulaciones con sucralosa el sabor dulce se encontró muy fuerte, mientras que en las formulaciones con acesulfame K se encuentra en un nivel aceptable.

Uno de los parámetros más importante para analizar en la elaboración del caramelo es la dureza y pegajosidad, ya que es uno de los factores más importantes para el fácil procesamiento y manejo del producto, así como para su vida de anaquel. Por lo tanto es la característica principal para determinar la muestra que se utiliza para continuar con los análisis y determinar la formulación final del caramelo.

Entonces los resultados de las cuatro formulaciones fueron evaluados por medio de un gráfico de araña (Gráfica 3), donde se muestra que la fórmula mejor calificada, pues presenta un brillo y dureza aceptable y cero pegajosidad, fue la muestra de isomaltosa y sucralosa. Al trabajar con esta muestra se mejoran los

aspectos del sabor, disminuyendo el porcentaje de sucralosa, aumentando el porcentaje de ácido tartárico y de pulpa de tamarindo.

Se realizaron cuatro nuevas formulaciones, utilizando diferentes niveles de sucralosa, ácido tartárico y pulpa de tamarindo, para determinar qué porcentaje de cada uno de los ingredientes es el adecuado en la fórmula final del caramelo. Por otro lado se disminuyó la cantidad de agua en la fórmula, esto con el fin de evitar que el producto final contenga una alta humedad, ya que en las muestras anteriores se encontró que los caramelos con 8 días de almacenamiento a temperatura ambiente se volvían pegajosos. Además los polialcoholes vienen en jarabe, que ya contienen agua, y agregar más aumenta el contenido final de humedad en los caramelos. Un porcentaje mayor al 3% provoca que se disminuya la vida de anaquel del producto.

Las nuevas cuatro formulaciones fueron evaluadas por el panel sensorial, realizando una prueba de preferencia en base a los tres sabores predominantes en el caramelo, dulce, ácido y tamarindo. Con esto se pudo determinar cantidad y la mezcla de ingredientes más aceptada y determinar los porcentajes de los ingredientes en la formulación final.

Los resultados obtenidos en la prueba de ordenamiento fueron evaluados estadísticamente por medio de la tabla de Kramer, para un nivel de significancia del 5%. A través de este método se sumaron las calificaciones asignadas por cada panelista en las características evaluadas. Esas sumatorias permitieron determinar la muestra preferida en base a cada uno de los sabores evaluados. Por lo tanto para un análisis de 4 muestras y 15 panelistas, las muestras que tengan una puntuación menor a 28 son las más aceptadas, las que se encuentren con puntuaciones entre 28-47 son de aceptación media y las que tengan valores mayores a 47 son las menos aceptadas (ver anexo III).

Al analizar los resultados de la prueba, que se muestran en la Tabla 27, mostraron que el sabor dulce, con una puntuación de 19, y el sabor ácido, con una puntuación de 22, preferidos fueron los de la muestra 3, mientras que el sabor a tamarindo, con una puntuación de 18, fue el de la muestra 4. Por lo tanto se determinó que es necesario hacer una combinación de dos muestras, tomando la cantidad de sucralosa y de ácido tartárico presente en la muestra 3 y la cantidad de pulpa de tamarindo de la muestra 4.

Después de todas las pruebas y análisis, se determinó la formulación final, mostrada en la Tabla 28. Se agregaron 75 g de isomaltosa (67.35%), los cuales proporcionaron la textura dura y no pegajosa, 15 g de agua (13.47%), y así se obtuvo el porcentaje de humedad final excelente de 0.8%, 0.06 g de sucralosa (0.05%), 1.3 g de ácido tartárico (1.17%) y 20 g de pulpa de tamarindo liofilizada (17.96%), con estas cantidades se obtuvieron los sabores dulce, ácido y a tamarindo preferidos por los consumidores.

Con estos datos se realizó una prueba final, donde se obtuvo un rendimiento del 66.95% y 45 caramelos. Para evitar que los caramelos se pegaran entre ellos se agregó almidón, con esto se forma una capa externa que atrapa la humedad del ambiente y evita que se pongan pegajosos.

Los caramelos terminados fueron analizados y se determinaron sus características iniciales de dureza, 20092.65 g fuerza, color, 64.03 medición en la escala Hunterlab, porcentaje de humedad 0.8% y actividad de agua de 0.541 (ver Tabla 29).

Debido a que la humedad que se encuentra en el ambiente afecta de gran manera al caramelo, fue necesario colocar una barrera que evitara que ésta tenga contacto directo con el producto. Por esto el caramelo fue empacado individualmente utilizando un film de polipropileno biorientado (BOPP) con un grosor de 55  $\mu$ , el cual además de ser resistente al agua y al vapor de agua,

también es resistente a perforaciones, roturas y tiene una superficie brillante y con alto grado de transparencia.

Una de las partes más importantes necesarias para comercializar el caramelo es determinar su vida de anaquel. Por lo tanto se realizó un análisis por método acelerado, colocando el caramelo por 10 semanas a tres diferentes temperaturas, 25°C, 35°C y 45°C. Esto provocó que las características se deterioraran con mayor rapidez y por medio de la velocidad de reacción y la ecuación de Arrhenius se pudiera calcular el tiempo de vida del producto a cualquier temperatura de almacenamiento. Para este análisis semanalmente se evaluaron cuatro características del caramelo, el color, la dureza, la actividad de agua y el porcentaje de humedad.

La dureza del caramelo se evaluó por medio de la cantidad de gramos fuerza necesarios para partirlo. A través del tiempo los caramelos empezaron a volverse más duros, por lo tanto la fuerza necesaria para partirlos aumenta, lo cual puede observarse en la Tabla 37. Además se observó que al aumentar la temperatura de almacenamiento el caramelo formó una capa más dura y difícil de partir. Esto se debió que el caramelo pierde humedad y en la parte exterior se forma una capa blanquecina y cristalina.

La pérdida de humedad del caramelo se ve reflejada en los datos obtenidos en las mediciones durante las 10 semanas, ya que la humedad inicial de 0.8% disminuyó a 0% desde la primera semana, la cual se mantuvo durante todo el tiempo. Esto se explica ya que la precisión de la balanza es de +/- 0.1%, para muestras de 2 gramos o menos, por lo tanto el cambio en la humedad no es significativo en el caramelo.

Al medir la actividad de agua del caramelo se observó un pequeño incremento durante las 10 semanas. Es decir, que el caramelo contenía un mayor porcentaje de agua libre, pero que al mismo tiempo reaccionaba con los

ingredientes en el caramelo formando la capa externa blanquecina y dura, lo que no permitía que la humedad del mismo aumentara.

El color del caramelo fue medido por medio de un colorímetro, tomando como base la medición en escala de claro - oscuro. Esta característica denota un cambio drástico en el caramelo, ya que visualmente al cabo de las 10 semanas pierde completamente su brillo y el color café característico del tamarindo. La medición inicial fue de 64.03, para terminar en 89.45 a 25°C, 90.24 a 35°C y 90.86 a 45°C. Al momento en que el caramelo ya se encuentra con un color completamente blanquecino las mediciones fueron de 90, esto implica que el caramelo ya no es aceptado por el consumidor por su efecto visual.

El análisis de las características de dureza, humedad, actividad de agua y color, durante las 10 semanas, permitió determinar la característica más importante y con mayor influencia en la vida de anaquel de los caramelos. Se observó que existe una relación directa entre todas las características, pues la dureza del caramelo aumenta relacionada con la disminución de la humedad, mientras que la actividad de agua demostró que al ir aumentando, se encuentra una mayor cantidad de agua libre, la cual reacciona con los ingredientes en el caramelo y provocó la formación de una capa externa dura y blanquecina. Con el tiempo la capa se volvió cada vez más gruesa, lo cual se puede observar en la Tabla 40. Esta capa al mismo tiempo provocó el cambio en el color y la opacidad en los caramelos, lo cual se volvió la característica más importante para determinar la vida de anaquel, ya que es lo más visible y llamativo para los consumidores.

Por lo tanto luego de realizar los análisis por 10 semanas de las cuatro características, se definió como parámetro crítico de la vida de anaquel del producto el cambio de color. Se graficaron los resultados contra el tiempo de almacenamiento para cada temperatura (Gráfica 4, Gráfica 5 y Gráfica 6), y se

obtuvieron las ecuaciones de las rectas. Las pendientes de cada ecuación definieron las constantes de la ecuación de Arrhenius para cada temperatura. Luego se graficó el logaritmo natural de las constantes contra el inverso de la temperatura en grados Kelvin (Gráfica 7), y al obtener la ecuación de la recta se pudo determinar la constante para cualquier temperatura.

Con los datos de las constantes se puede calcular la vida de anaquel para cualquier temperatura, definiendo el valor máximo de color aceptado, en este caso 90. Esto indica que el caramelo al mantenerlo a una temperatura de 21°C, aproximadamente la temperatura de un ambiente fresco, puede durar hasta 204 días manteniendo la calidad del producto. Por la información proporcionada por la industria se sabe que un caramelo tradicional puede tener una vida de aproximada de 240<sup>1</sup> días, por lo tanto al compararlos se observó que a condiciones estándar no existe diferencia relevante y el caramelo sin azúcar puede ofrecerse en el mercado sin ningún problema para los consumidores.

Por último se realizó una estimación del costo de producción del caramelo sin azúcar utilizando pulpa de tamarindo liofilizada. Los costos detallados pueden observarse en la Tabla 33. El costo promedio del caramelo desarrollado de 2 g es de Q. 0.25, mientras que un caramelo tradicional tiene un costo aproximado de Q. 0.06<sup>1</sup>. Esto indica que un caramelo sin azúcar cuesta 4 veces más que uno tradicional, lo cual se ve reflejado en los precios altos de estos productos en el mercado, los rangos de precios son de. La diferencia en los costos se ve reflejada en los precios del producto en el mercado, se observaron los precios en el supermercado y un caramelo tradicional puede tener un costo de entre Q. 0.15 y Q. 0.25, mientras que un caramelo sin azúcar es vendido a precios entre Q. 1.00 y Q 1.50.

---

1. Información proporcionada por la industria guatemalteca Productos Gloria, S.A.

## VIII. CONCLUSIONES

1. El caramelo duro sin azúcar con pulpa de tamarindo liofilizada fue formulado utilizando isomaltosa, como edulcorante masivo, y sucralosa, como edulcorante intenso.
2. Se obtuvo un caramelo duro sin azúcar sensorialmente aceptable y con las características deseadas de cero pegajosidad, un porcentaje humedad de 0.8% y actividad de agua de 0.54.
3. El caramelo sin azúcar empacado en polipropileno a 21°C tiene una vida de anaquel de 204 días.
4. El caramelo sin azúcar tiene un costo aproximado Q.0.25, 4 veces más comparado con un caramelo tradicional con azúcar.

## IX. RECOMENDACIONES

- Optimizar el proceso de liofilización para que se obtenga un producto con un menor porcentaje de humedad y así pueda utilizarse sin ningún problema ni trabajo mecánico extra.
- Utilizar una balanza de humedad con mayor precisión y aumentar el tamaño de la muestra, para medir de una manera más exacta los cambios de humedad que puedan afectar la vida de anaquel del producto, especialmente en productos con humedad tan baja.
- Evaluar la vida de anaquel del producto sin empaque, para determinar los efectos de barrera del polipropileno.
- Realizar un análisis nutricional del producto para determinar el contenido de micronutrientes presentes en el caramelo.
- Realizar una investigación sobre la stevia y como su uso puede ser factible en la industria de los caramelos.
- Analizar los cambios en el producto y costos al realizar un caramelo sin azúcar utilizando saborizantes sintéticos.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anzueto, Carlos. 2014. <<Tendencias de la Industria en 2014>>. Revista Industria y Alimentos. Enero-Marzo 2014. Pág. 12-21.
2. Arancia Corn Products. 1992. *La sacarosa, el almidón de maíz y la glucosa como ingredientes de confitería*. 1ª ed. México: Gerencia de Servicio Técnico.
3. Cáceres, Armando. 1999. *Plantas de uso medicinal en Guatemala, Guatemala*. 1ª ed. Guatemala. Editorial Universitaria. 402 Pág.
4. Celeghin, A. y Rubiolo, A. 2004. *Variación de las características de formulaciones con edulcorantes similares a las de caramelos duros de bajas calorías con el contenido de agua*. Revista FABICIC. [Argentina] Volumen 8. Pág. 205-217.
5. Chica, Bibiana y Osorio, Sandra. 2003. *Determinación de la vida de anaquel del chocolate de mesa sin azúcar en una película de polipropileno biorientado*. Tesis Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales. 90 Pág.
6. *Choices, challenges abound for sweeteners*. 2013. Revista Candy Industry. [Estados Unidos] Febrero 2013. Pág. 42-44.
7. Echavarría-Almeida, Susana; Velasco-González Oscar. 2012. *Edulcorantes Utilizados en Alimentos*. Instituto Politécnico Nacional. Durango, México.
8. Edwards W. P. 2002. *La ciencia de las Golosinas*. 1ª ed. España. Editorial ACRIBIA, S.A. 185 Pág.
9. El-Siddig, K., et al. 2006. *Tamarind: Tamarindus indica L.* 2ª ed. Southampton, UK. RMP Print and Design. 188 Pág.
10. Fennema Owen. 2000 *Química de los Alimentos*. 2ª Ed. España. Editorial ACRIBIA, S.A. 1258 Pág.
11. Grajales, Lina; Cardona, William y Orrego, Carlos. 2005. *Liofilización de carambola (Averrhoa carambola L.) osmodeshidratada*. Ingeniería y Competitividad. Vol. 7. No. 2. Pág. 19-26.

12. Haber, Bernd; von Rymon Lipinski, Gert-Wolfhard y Rathjen, Susanne. 2006. *Acesulfame K. Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology*. Chapter 5. Pág. 65-85.
13. Hernández, Alejandro. 2010. *Evaluación sensorial de una galleta con base de fibra de tamarindo (Tamarindus indica L.)*. Herreriana Revista de Divulgación de la Ciencia. Vol.6. No.1. Pág. 25-26.
14. Industria Alimentaria, Editores. 2003. *Dulces Oportunidades sin Azúcar*. Revista: Industria Alimentaria Mayo 2003. Informe Especial. Pág. 51-52.
15. Industria Alimenticia. 2012. *Industria de la confitería en América Latina*. Revista: Industria Alimenticia Diciembre 2012. Pág. 12-18.
16. Kearsley, Malcolm; Deis, Ronald. 2006. *Maltitol and Maltitol Syrups*. Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology. Chapter 12. Pág. 223-249.
17. Lindley, Mike. 2006. *Other Sweeteners*. Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology. Chapter 16. Pág. 331-360.
18. Mansilla, Flor de María. (2008) *Diseño de una planta productora de base de tamarindo para su aprovechamiento como materia prima*. Tesis Universidad del Valle Guatemala. 69 Pág.
19. Molinary, S. V.; Quinlan, M. E. 2006. *Sucralose*. Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology. Chapter 8. Pág. 130-145.
20. Morales, Violeta. 2006. *Edulcorantes: Polioles, Recientes Participantes y Posible Regreso de Productos*. Revista Mundo Alimentario Julio/Agosto 2006. Pág. 29-31.
21. Moraru, Catalin. 2012. *Formulando con Edulcorantes*. Revista Industria Alimenticia Julio 2012. Pág. 16-20.
22. Obasi, N.E.; Okorochoa, C. y Orisakwe, O.F. 2013. *Production and Evaluation of Velvet Tamarind (Dialium Guineese Wild) Candy*. European Journal of Food Science and Technology. Vol.1 No.1. Diciembre 2013. Pág. 1-8.
23. Orrego, Carlos. 2008. *Congelación y Liofilización de Alimentos*. 1ª ed. Orrego A.C.E. Manizales, Caldas, Colombia. 169 Pág.

24. Palmer, Sharon. 2007. *The Sweet Life for Diabetics*. Revista Food Product Design. [Estados Unidos] Vol. 17 No. 6.
25. Parzanese, Magali. 2009. *Tecnologías para la Industria Alimentaria: Liofilización de alimentos*. Alimentos Argentinos – MinAgri. Ficha No. 3.
26. Parrota, John A. 1990. *Tamarindus indica L.* 1ª. ed. Nuevo Orleans, Estados Unidos.
27. Picó, Catalina, et al. 2006. *Alimentos funcionales y obesidad: estrategias, eficacia y seguridad*. Universidad de Illes Balears. Mallorca, España. Pág. 156-174.
28. Potts, R. 2010. *Sensory Evaluation of Chocolate Products. Small to mid-size companies can maintain the quality of their signature products by defining their attributes and tasting daily*. The Manufacturing Confectioner.
29. Reyó, Agustín, et al. 2010. *Desarrollo de formulaciones de productos de confitería de bajo aporte calórico utilizando alcoholes polihídricos como edulcorantes*. XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 27 y 28 de Mayo 2010. Universidad de Guanajuato. México.
30. Reglamento Técnico Centroamericano. RTCA 67.04.54:10. *Alimentos y Bebidas Procesadas. Aditivos Alimentarios*. Anexo de la Resolución No. 283-2012 (COMIECO-LXII). 410 Pág.
31. Roy, S.K.; y Joshi, G.D. 1995. *Minor fruits Tropical: Handbook of fruit science and technology*. 1ª. ed. Nueva York, Estados Unidos. Chapter 29. Pág. 563-592.
32. Sentko, Anke; y Willibald-Ettle, Ingrid. 2006. *Isomalt. Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology*. Chapter 10. Pág. 177-204.
33. Singh, Dheeraj; Wangchu, Lobsang y Moond, Surendra. 2007. *Processed products of Tamarind*. Revista Natural Product Radiance. [India] Vol. 6. Pág. 315-321.
34. Tou, Janet; Fitch, Cindy y Bridges, Kayla. 2010. *Sweeteners: Uses, Dietary Intake and Health Effects*. Chocolate, Fast Foods, and Sweeteners: Consumption and Health. Chapter 1. Pág. 1-28.

35. Venkatesh, Yeldur; y Sreenath, Kundimi. 2010. *Allergenicity and Immunogenicity of Sugar Alcohol Sweeteners*. Chocolate, Fast Foods, and Sweeteners: Consumption and Health. Chapter 2. Pág. 29-62
36. Viteri, Patricia. 2010. *Estudio de Estabilidad de la Pulpa de Mora sometida a un Proceso de Liofilización*. Tesis de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. 53 Pág.
37. Zanetos, Carla. 2013. *Adding fruit by the foot*. Revista Candy Industry [Estados Unidos] Septiembre 2013. Pág. 42-45.

#### FUENTES EN RED:

38. Bolaños, Rosa María. <<Camina producción de tamarindo dulce>>. Prensa Libre [Guatemala]. 5 de julio 2007. Sección Economía.  
[http://www.prensalibre.com/economia/Camina-produccion-tamarindo-dulce\\_0\\_148785436.html](http://www.prensalibre.com/economia/Camina-produccion-tamarindo-dulce_0_148785436.html) [Marzo 2014]
39. Calorie Control Council. *Hidrolizados de Almidón Hidrogenados. Polioles*.  
<http://datosobrelospolioles.com/hydrogenated-starch-hydrolysates/> [Marzo 2014]
40. *Clean Label. La plataforma de productos alimenticios honesto*.  
<http://www.clean-label.de/index.php?page=que-es-clean-label> [Noviembre 2015]
41. Diéguez, Maricel. <<Guatemala: Décimo lugar en obesidad>>. Revista Crónica [Guatemala]. 17 de septiembre 2015. Sección Nacional.  
<http://cronica.gt/2015/09/17/guatemala-decimo-lugar-en-obesidad/> [Diciembre 2015]
42. *El polipropileno biorientado (BOPP) y sus aplicaciones*  
<http://www.quiminet.com/articulos/el-polipropileno-biorientado-bopp-y-sus-aplicaciones-31039.htm> [Septiembre 2015]
43. *Hidrolizado de Almidón Hidrogenado, Uso, Salud y Seguridad*.  
[http://centrodeartigos.com/articulos-utiles/article\\_106449.html](http://centrodeartigos.com/articulos-utiles/article_106449.html) [Marzo 2014]
44. *Información Técnica y Comercial del BOPP*

- <http://www.cosmos.com.mx/wiki/g8rs/bopp-polipropileno-biorientado>  
[Septiembre 2015]
45. Marroquín, Karla. <<¿Cuántas personas tienen Diabetes en Guatemala>>. Emisoras Unidas [Guatemala]. 5 de mayo 2015. Sección Nacional. <http://noticias.emisorasunidas.com/noticias/nacionales/cuantas-personas-tienen-diabetes-guatemala> [Diciembre 2015]
46. *No Películas en Polipropileno, Más y más oportunidades.* [http://www.esenttia.co/downloadableFiles/publications/457\\_Edicion\\_No.\\_25\\_Pelicula\\_en\\_PP.pdf](http://www.esenttia.co/downloadableFiles/publications/457_Edicion_No._25_Pelicula_en_PP.pdf) [Septiembre 2015]
47. Somos Guate. *Guatemala, un país con altos índices de Sobrepeso en su población.* Noviembre 2013. [http://www.somosguate.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1406:guatemala-un-pais-con-altos-indices-de-sobrepeso-en-su-poblacion&catid=44:salud&Itemid=41](http://www.somosguate.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1406:guatemala-un-pais-con-altos-indices-de-sobrepeso-en-su-poblacion&catid=44:salud&Itemid=41) [Diciembre 2015]

## XI. ANEXOS

### A. Tablas de Kramer

Tabla 35. Tabla de Kramer de categorías totales necesarias para una significación del 5% ( $p < 0.05$ ). De 2 a 10 tratamientos o muestras.

<b>Numero de tratamientos o muestras ordenadas</b>									
<b>NR</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	3-9	3-11	3-13	4-14	4-16	4-18
<b>3</b>	-	-	-	4-14	4-17	4-20	4-23	5-25	5-28
	-	4-8	4-11	5-13	6-15	6-18	7-20	8-22	8-25
<b>4</b>	-	5-11	5-15	6-18	6-22	7-25	7-29	8-32	8-36
	-	5-11	6-14	7-17	8-20	9-23	10-26	11-29	13-31
<b>5</b>	-	6-14	7-18	8-22	9-26	9-31	10-35	11-39	12-43
	6-9	7-13	8-17	10-20	11-24	13-27	14-31	15-35	17-38
<b>6</b>	7-11	8-16	9-21	10-26	11-31	12-36	13-41	14-46	15-51
	7-11	9-15	11-19	12-24	14-28	16-32	18-36	20-40	21-45
<b>7</b>	8-13	10-18	11-24	12-30	14-35	15-41	17-46	18-52	19-58
	8-13	10-18	13-22	15-27	17-32	19-37	22-41	24-46	26-51
<b>8</b>	9-15	11-21	13-27	15-33	17-39	18-46	20-52	22-52	24-64
	10-14	12-20	15-25	17-31	20-36	23-41	25-47	28-52	31-57
<b>9</b>	11-16	13-23	15-30	17-37	19-44	22-50	24-57	26-64	27-71
	11-16	14-22	17-28	20-34	23-40	26-46	29-52	32-58	35-64
<b>10</b>	12-18	15-25	17-33	20-40	22-48	25-55	27-63	30-70	32-78
	12-18	16-24	19-31	23-37	26-44	30-50	33-57	37-63	40-70
<b>11</b>	13-20	16-28	19-36	22-44	25-52	28-60	31-68	34-76	36-85
	14-19	18-26	21-34	25-41	29-48	33-55	37-62	41-69	45-76
<b>12</b>	15-21	18-30	21-39	25-47	28-56	31-65	34-74	38-82	41-91
	15-21	19-29	24-36	28-44	32-52	37-59	41-67	45-75	50-82
<b>13</b>	16-23	20-32	24-41	27-51	31-60	35-69	38-79	42-88	45-98
	17-22	21-31	26-39	31-47	35-56	40-64	45-72	50-80	54-89
<b>14</b>	17-25	22-34	26-44	30-54	34-64	38-74	42-84	46-94	50-104
	18-24	23-33	28-42	33-51	38-60	44-68	49-77	54-86	59-95
<b>15</b>	19-26	23-37	28-47	32-58	37-68	41-79	46-89	50-100	54-111
	19-26	25-35	30-45	36-54	42-63	47-73	53-82	59-91	64-101
<b>16</b>	20-28	25-39	30-50	35-61	40-72	45-83	49-95	54-106	59-117
	21-27	27-37	33-47	39-57	45-67	51-77	57-87	63-97	69-107
<b>17</b>	22-29	27-41	32-53	38-64	43-77	48-88	53-100	58-112	63-124
	22-29	28-40	35-50	41-61	48-71	54-82	61-92	67-103	74-113
<b>18</b>	23-31	29-43	34-56	40-68	46-80	51-93	57-105	62-118	68-130
	24-30	30-42	37-53	44-64	51-75	58-86	65-97	72-108	79-119
<b>19</b>	24-33	30-46	37-58	43-71	49-84	55-97	61-110	67-123	73-136
	25-32	32-44	39-56	47-67	54-79	62-90	69-102	76-114	84-125

Tabla 36. Tabla de Kramer de categorías totales necesarias para una significación del 5% ( $p 0.05$ ). De 11 a 20 tratamientos o muestras.

Numero de tratamientos o muestras ordenadas										
NR	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2	- 5-19	- 5-21	- 5-23	- 5-25	- 6-26	- 6-28	- 6-30	- 7-31	- 7-33	3-39 7-35
3	5-31 9-27	5-34 10-29	5-37 10-32	5-40 11-34	6-42 12-36	6-45 12-39	6-48 12-41	6-51 14-43	6-54 14-46	7-56 15-48
4	8-40 14-34	9-43 15-37	9-47 16-40	10-50 17-43	10-54 18-46	10-58 19-49	11-61 20-52	11-65 21-55	12-68 22-58	12-72 23-61
5	12-48 18-42	13-52 20-45	14-56 21-49	14-61 23-52	15-65 24-56	16-69 25-60	16-74 27-63	17-78 28-67	18-82 30-70	18-87 31-74
6	17-55 23-49	18-60 25-53	19-65 27-57	19-71 29-61	20-76 31-65	21-81 32-70	22-86 34-74	23-91 36-78	24-96 38-82	25-101 40-86
7	21-63 28-56	22-69 30-61	23-57 33-65	25-80 35-70	26-86 37-75	27-92 39-80	29-97 42-84	30-103 44-89	31-109 40-94	32-115 48-99
8	25-71 33-63	27-77 36-68	29-83 39-73	30-90 41-79	32-96 44-84	33-103 47-89	35-109 49-95	37-115 52-100	38-122 54-108	40-128 57-111
9	30-78 38-70	32-85 41-76	34-92 45-81	36-99 48-87	38-106 51-93	40-113 54-99	42-100 57-105	44-127 60-111	45-135 63-117	47-142 66-123
10	34-86 44-76	37-93 47-83	39-101 51-89	41-109 54-96	44-116 57-103	46-124 61-109	48-132 64-116	51-139 68-122	53-147 71-129	55-155 75-135
11	39-93 49-83	42-101 53-90	45-109 57-97	47-118 60-105	50-126 64-112	53-134 68-119	55-143 72-126	58-151 76-133	60-160 80-140	63-168 84-147
12	44-100 54-90	47-109 58-98	50-118 63-105	53-127 67-113	56-136 71-121	59-145 76-128	62-164 80-130	65-163 84-144	68-172 89-151	71-181 93-159
13	49-107 59-97	52-117 64-105	56-126 69-113	59-136 74-121	62-146 78-130	66-155 83-138	69-165 88-146	73-174 93-154	76-184 97-163	79-194 102-171
14	54-114 65-103	57-125 70-112	61-135 75-121	65-145 80-130	69-155 85-139	73-165 91-147	76-176 96-168	80-186 101-155	84-196 106-174	88-206 111-183
15	58-122 70-110	63-132 75-120	67-143 81-129	71-154 87-138	75-165 92-148	79-176 98-157	84-186 104-166	88-197 109-176	92-208 115-185	96-219 121-194
16	63-129 75-117	68-140 81-127	73-151 87-137	77-163 93-147	82-174 100-156	86-186 106-166	91-197 112-176	95-209 118-186	10-220 124-196	104-232 130-206
17	68-136 81-123	73-178 87-134	78-160 94-144	83-172 100-155	88-184 107-165	93-196 113-176	92-208 120-196	103-220 126-197	208-232 133-207	113-244 139-218
18	73-143 86-130	79-155 93-141	84-168 100-152	90-180 107-163	95-193 114-174	100-206 121-185	106-218 128-196	111-231 135-207	116-244 142-218	121-257 149-229
19	78-150 91-137	84-163 99-148	90-176 106-160	96-189 114-171	102-202 121-183	107-216 128-195	113-229 136-200	119-242 143-218	124-256 151-229	130-269 158-241

## B. Datos obtenidos para el análisis de vida de anaquel

Tabla 37. Dureza del caramelo durante 10 semanas

Semana	Días	25 °C	35°C	45°C
Inicial	0	20092.65 ± 3083.55 g	20092.65 ± 3083.55 g	20092.65 ± 3083.55 g
Semana 1	7	20199.75 ± 2738.15 g	22134.8 ± 3024.6 g	22185.40 ± 610.8 g
Semana 2	14	20420.57 ± 652.7 g	22389.55 ± 3651.55 g	22796.45 ± 852.85 g
Semana 3	21	21258.55 ± 4593.25 g	24873.30 ± 2739.75 g	24027.10 ± 2848.8 g
Semana 4	28	22578.20 ± 2292.9 g	25152.65 ± 3622.65 g	25756.20 ± 2989.1 g
Semana 5	35	24904.20 ± 4731.95 g	26687.35 ± 3485.05 g	25983.70 ± 1455.2 g
Semana 6	42	27053.85 ± 3020.75 g	28526.95 ± 1537.95 g	28804.05 ± 1724.35 g
Semana 7	49	28654.25 ± 973.75 g	28980.25 ± 1395.65 g	29376.20 ± 428.6 g
Semana 8	56	29376.20 ± 1710.4 g	29832.30 ± 2163.3 g	30543.80 ± 869.7 g
Semana 9	63	29467.50 ± 3880.2 g	32225.60 ± 3083.55 g	32800.85 ± 232.25 g
Semana 10	70	31246.10 ± 5972 g	32280.03 ± 1524.93 g	35127.55 ± 1537.85 g

Tabla 38. Actividad de agua (Aw) del caramelo durante 10 semanas





Semana	Días	25 °C	35°C	45°C
Inicial	0	0.541 ± 0.088	0.541 ± 0.088	0.541 ± 0.088
Semana 1	7	0.565 ± 0.022	0.553 ± 0.083	0.562 ± 0.087
Semana 2	14	0.568 ± 0.061	0.571 ± 0.02	0.609 ± 0.004
Semana 3	21	0.601 ± 0.012	0.597 ± 0.038	0.613 ± 0.048
Semana 4	28	0.610 ± 0.052	0.613 ± 0.032	0.614 ± 0.062
Semana 5	35	0.613 ± 0.041	0.616 ± 0.002	0.621 ± 0.002
Semana 6	42	0.618 ± 0.025	0.618 ± 0.018	0.640 ± 0.003
Semana 7	49	0.619 ± 0.006	0.635 ± 0.02	0.644 ± 0.023
Semana 8	56	0.627 ± 0.013	0.672 ± 0.002	0.650 ± 0.014
Semana 9	63	0.638 ± 0.011	0.708 ± 0.105	0.675 ± 0.052
Semana 10	70	0.652 ± 0.017	0.742 ± 0.014	0.692 ± 0.01

Tabla 39. Porcentaje de humedad del caramelo durante 10 semanas

Semana	Días	25 °C	35°C	45°C
Inicial	0	0.8 ± 0.075%	0.8 ± 0.075%	0.8 ± 0.075%
Semana 1	7	0.3 ± 0.041%	0%	0%
Semana 2	14	0%	0%	0%
Semana 3	21	0%	0%	0%
Semana 4	28	0%	0%	0%
Semana 5	35	0%	0%	0%
Semana 6	42	0%	0%	0%
Semana 7	49	0%	0%	0%
Semana 8	56	0%	0%	0%
Semana 9	63	0%	0%	0%
Semana 10	70	0%	0%	0%

### C. Fotografías del producto en el transcurso de 10 semanas.

Tabla 40. Cambios del caramelo a través del tiempo

Tiempo	Observaciones	Fotografía
Semana 1	Los caramelos perdieron un poco su brillo por fuera. Aunque por dentro siguen teniendo el mismo color y brillo.	
Semana 2	Los caramelos no muestran cambios relevantes en el color, sabor, textura y humedad.	
Semana 3	Los caramelos no muestran cambios relevantes en el color, sabor, textura y humedad.	
Semana 4	Los caramelos no muestran cambios relevantes en el color, sabor, textura y humedad.	

Continuación Tabla 40. Cambios del caramelo a través del tiempo

Tiempo	Observaciones	Fotografía
Semana 5	Los caramelos no muestran cambios relevantes en el color, sabor, textura y humedad.	
Semana 6	Los caramelos no muestran cambios relevantes sabor, textura y humedad. El color externo empieza a verse blanquecino.	
Semana 7	Los caramelos empiezan a tornarse más blanquecinos y a perder el brillo. Por dentro siguen de color café y con brillo.	
Semana 8	Los caramelos perdieron completamente el brillo y el color en la parte externa. Por dentro empiezan a perder el brillo.	

Continuación Tabla 40. Cambios del caramelo a través del tiempo

Tiempo	Observaciones	Fotografía
Semana 9	Los caramelos son blanquecinos con algunas manchas cafés. Por dentro siguen siendo de color café oscuro, pero con poco brillo.	
Semana 10	Los caramelos a 35°C y 45°C están totalmente blanquecinos por fuera y esta capa está más gruesa.	

#### D. Etiqueta

Figura 16. Etiqueta del envase de caramelo con pulpa de tamarindo sin azúcar

