ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Determinación de la Temperatura Vítreo de Transición en Caramelos Duros"

TESIS DE GRADO

Previo la obtención del Título de:

INGENIERA DE ALIMENTOS

Presentada por:

María de los Angeles Cedeño Briones

GUAYAQUIL-ECUADOR

Año: 2009

AGRADECIMIENTO

A Dios por ayudarme a culminar esta etapa de mi vida. A mis padres, por enseñarme que siempre debo alcanzar mis metas. A mis hermanos por ser mi apoyo principal. A mi directora de tesis, Ing Fabiola Cornejo, por su invaluable ayuda y dedicación.

DEDICATORIA

A DIOS

A LA MATER

A MIS PADRES

A MIS HERMAMOS

A MIS SOBRINOS

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Priscila Castillo S.
DELEGADA DEL DECANO
DE LA FIMCP

Ing. Fabiola Cornejo Z.
DIRECTORA DE TESIS

Dra. Sandra Acosta D.
VOCAL

Ing. Grace Vásquez V.
VOCAL

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

María de los Angeles Cedeño Briones

INDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN II

INDICE GENERAL..... IV

INDICE DE FIGURAS VII

INDICE DE TABLAS VIII

ABREVIATURAS IX

INTRODUCCION X

CAPITULO 1

1. MARCO TEORICO 4

1.1 Caramelos 4

1.1.1 Productos de Confitería 4

1.1.2 Condiciones del Proceso Influyentes en el Producto Final. 8

1.1.3 Composición de Caramelos Duros 9

1.1.4 Posibles Defectos en Caramelos..... 12

1.2 Propiedades del Agua en Productos de Confitería 14
1.2.1 Actividad de Agua y Movilidad de Agua 14
1.2.2 Temperatura Vitrio de Transición 17
1.2.3 Aplicación de Diagramas de Estado en la Estabilidad de Productos de Confitería 21

CAPITULO 2

2. MATERIALES Y METODOS 24
2.1 Materiales 24
2.1.1 Materias Primas 24
2.1.2 Materiales 25
2.1.3 Proceso de Elaboración de los Caramelos Duros 26
2.2 Metodología 27
2.2.1 Análisis Sensorial de los Experimentos 27
2.2.2 Análisis Físico-Químico de los Experimentos 32
2.2.3 Elaboración de Isotermas de Adsorción 33
2.2.4 Cálculo de Temperatura Vitreo de Transición 35

CAPITULO 3

3. RESULTADOS 37
3.1 Resultados del Análisis Sensorial 37
3.2 Resultados del Análisis Físico-Químico 53
3.3 Resultados de Isotermas de Adsorción 57

3.4 Resultados de Temperatura Vítreo de Transición 58

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 64

4.1 CONCLUSIONES..... 64

4.2 RECOMENDACIONES 66

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

ABREVIATURAS

DSC	Diferencial Scanning Calorimetry (Calorimetría Diferencial de Barrido)
DMTA	Dynamic Mechanical Thermal Analysis (Análisis Dinámico Termomecánico)
º Brix	Grados Brix
º C	Grados Centígrados
HRE	Humedad Relativa de Equilibrio
min	Minutos
ppm	Partes por Millón
PCC	Punto Crítico de Control
TGA	Thermal Expantion (Expansión Térmica)
uma	Unidad de Masa Atómica

SIMBOLOGÍA

Aw	Actividad de Agua
K	Constante
Tg	Temperatura Vítreo de Transición
Tg_1	Temperatura Vítreo de Transición de la Sacarosa
Tg_2	Temperatura Vítreo de Transición de la Glucosa
P	Presión de Vapor de Agua del Alimento
P_0	Presión de Vapor del Agua a la misma Temperatura del Alimento
W_1	Peso en Fracción de la Sacarosa
W_2	Peso en Fracción de la Glucosa

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 Clasificación de Productos de Confitería 4
TABLA 2 Composición de Caramelos Duros..... 11
TABLA 3 Problemas y Soluciones para los Defectos de Caramelos Duros 13
TABLA 4 Características del Azúcar Empleado..... 24
TABLA 5 Características de la Glucosa Empleada..... 25
TABLA 6 Lista de Materiales 25
TABLA 7 Composición de Caramelos Elaborados 27
TABLA 8 Codificación de Muestras para Análisis Sensorial..... 29
TABLA 9 Conjunto de Pruebas Sensoriales 30
TABLA 10 Actividades de Agua de Sales Empleadas..... 34
TABLA 11 Pesos en Fracción de Cada Componente..... 36
TABLA 12 Datos Constantes..... 36
TABLA 13 Formulación de Caramelos Evaluados en la Cuarta Degustación 44
TABLA 14 Formulación de Caramelos Evaluados en la Quinta Degustación..... 47
TABLA 15 Formulación de Caramelos Evaluados en la Sexta Degustación..... 50
TABLA 16 Resultados de Evaluaciones Sensoriales..... 52
TABLA 17 Resultados Humedades en Pruebas Experimentales..... 54
TABLA 18 Resultados de Ph en Pruebas Experimentales 56
TABLA 19 Resultados de Azucares Reductores en Pruebas Experimentales..... 57
TABLA 20 Resultados de Temperatura Vítreo de Transición en Caramelos Duros..... 59

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 Composición de Sacarosa y Glucosa de las Golosinas 10
FIGURA 1.2 Actividad de Agua de Productos de Confitería 16
FIGURA 1.3 Curva Típica Obtenida por Medio de Calorimetría de Barrido 19
FIGURA 1.4 Diagrama de Estado de Transición entre Estados Vítreo y Cauchoso 22
FIGURA 2.1 Desarrollo de Isotermas a 30 ºC..... 34
FIGURA 3.1 Nivel de Aceptación de Pruebas Experimentales Primera Degustación 39
FIGURA 3.2 Nivel de Aceptación de Pruebas Experimentales Segunda Degustación 41
FIGURA 3.3 Nivel de Aceptación de Pruebas Experimentales Tercera Degustación 43
FIGURA 3.4 Nivel de Aceptación de Pruebas Experimentales Cuarta Degustación 46
FIGURA 3.5 Nivel de Aceptación de Pruebas Experimentales Quinta Degustación 49
FIGURA 3.6 Nivel de Aceptación de Pruebas Experimentales Sexta Degustación 51
FIGURA 3.7 Isoterma de Adsorción de Caramelo Duro a 30ºC..... 58
FIGURA 3.8 Temperatura Vítreo de Transición del Caramelo Duro Elaborado a 150 ºC, Composición #1..... 60
FIGURA 3.9 Temperatura Vítreo de Transición del Caramelo Duro Elaborado a 150 ºC, Composición # 2..... 61
FIGURA 3.10 Temperatura Vítreo de Transición del Caramelo Duro Elaborado a 150 ºC, Composición # 3..... 62

RESUMEN

El estudio de la determinación de la temperatura vítreo de transición es una técnica que ayuda a mantener la vida útil de un producto. Uno de los defectos presentes en los caramelos duros es la presencia de pegajosidad en la textura. Este defecto se da principalmente por no utilizar una correcta formulación, el tiempo de cocción aplicado puede no ser suficiente, fallas en el empaque, etc

El siguiente trabajo tiene como objetivo establecer la importancia de la temperatura vítreo de transición y lo útil que puede ser en las industrias de confitería, además de analizar los cambios existentes en el producto final al variar la temperatura de cocción y la formulación inicial de los caramelos duros. Por lo anteriormente expuesto fue necesario elaborar 9 pruebas de caramelos con distintas características, las mismas que fueron sometidas a evaluaciones físico-químicas y sensoriales. Para las evaluaciones sensoriales se realizaron pruebas de aceptación con 30 panelistas no entrenados, los cuales calificaron la textura de las pruebas de caramelos. Por otro lado para las evaluaciones físico-químicas se realizaron análisis de pH, humedad y azúcares reductores para poder relacionar la existencia de los cambios sensoriales con cambios en la humedad, contenido de azúcares, etc.

Adicionalmente se determinaron las isotermas de la prueba de caramelo con mayor aceptación por parte de los degustadores. El uso de isotermas en este trabajo es para relacionar la actividad de agua (Aw) y la temperatura vítreo de transición (Tg).

Para obtener la temperatura vítreo de transición teórica se utilizó la ecuación de Gordon-Taylor de la prueba de caramelo seleccionada como la más aceptable, luego se graficó el Tg de las 3 composiciones empleadas en este trabajo de investigación y se confirmó que al variar la composición inicial de los caramelos variaría también la temperatura vítreo de transición y el producto final se volvería inestable. Es decir, los alimentos son más estables durante su almacenamiento si se encuentran debajo de su temperatura vítreo de transición (Tg). Las conclusiones del trabajo se emitieron considerando los análisis físico-químicos, evaluaciones sensoriales y resultados teóricos de la temperatura vítreo de transición.

INTRODUCCION

Los productos de confitería son aquellos elaborados principalmente a partir de azúcar, y se clasifican en no cristalinos si el azúcar no es un cristal y cristalinos si el azúcar se encuentra cristalizada. Los caramelos duros tienen estructuras amorfas o no cristalinas. Los productos con estructura amorfa se pueden formar por distintas maneras: la primera por una disminución de temperatura por debajo del punto de fusión y la segunda forma sometiendo al producto a una evaporación del agua que contiene.

Los factores que se debe controlar para obtener un producto final con buenas características sensoriales son: temperatura durante el proceso, dureza del agua utilizada, composición de la fórmula del caramelo, porcentaje inicial de sólidos. Los caramelos duros son en general productos estables por tener un bajo contenido de agua. Es importante no obtener un producto demasiado higroscópico que produciría un caramelo muy poco estable y pegajoso.

Los productos de confitería están elaborados a partir de azúcar, la cual puede presentarse en diferentes estados: cauchoso, vítreo o cristalino. Los caramelos duros se encuentran en el estado vítreo. Si algunas de las condiciones del proceso varían como la temperatura o el contenido de humedad en el producto esto provocaría un cambio del estado vítreo al

estado cauchoso; es decir habría una transición de fases provocando cambios físico-químicos importantes. La temperatura a la cual se da la transición en la región amorfa entre los estados vítreo y cauchoso se denomina temperatura vítreo de transición (Tg). Esta transición es una propiedad única de la porción amorfa de un sólido, la porción cristalina permanece cristalina durante la transición vítrea.

Las estructuras amorfas poseen una temperatura vítreo de transición (Tg) baja, por lo que se encuentran en un estado estable. Por encima de la temperatura vítreo de transición el estado es cauchoso o en caso de los confites es fluido o líquido. Si el producto se encuentra por encima del Tg ciertas propiedades se verán afectadas; la más importante será que la movilidad del agua se incrementará, su viscosidad bajará y por lo tanto el producto empezara a desarrollar una pegajosidad no característica del mismo.

CAPITULO 1

1. MARCO TEORICO

1.1 Productos de Confitería

Los productos de confitería son aquellos elaborados principalmente a partir de azúcar. Su preparación se basa en la preparación de jarabes concentrados de azúcar. Luego se lo somete a una cocción para concentrar la mezcla; el resto del proceso dependerá del tipo de dulce que se quiera fabricar Los productos de confitería se clasifican en no cristalinos si el azúcar no es un cristal y cristalinos si el azúcar se encuentra cristalizada

Estructura Cristalina (No Amorfa)

Las moléculas se encuentran en un orden definido, por ejemplo el hielo, azúcar y la sal.

Estructura No Cristalina (Amorfa)

Las moléculas están en un orden aleatorio y desordenado, por ejemplo el vidrio y el caucho. Los productos con estructura amorfa se pueden formar por distintas maneras: la primera por una disminución de temperatura por debajo del punto de fusión y la segunda forma sometiendo al producto a una evaporación del agua que contiene

A continuación se presenta una lista de los productos de confitería que se encuentran en cada grupo:

TABLA 1

CLASIFICACION DE PRODUCTOS DE CONFITERIA

Amorfos No Cristalinos	No Amorfos Cristalinos
Caramelos	Chocolates
Melazas	Cremas
Chicles	Fudges
Gelatinas	Nougats
Gomas	Mazapan

Fuente: Introducción a la Tecnología de Alimentos (2003)

1.1.1 Tipos de Caramelos

Existen una gran variedad de caramelos dentro de los que están:

- Caramelos duros
- Caramelos suaves

- Productos aireados (Marshmallows)
- Pastillas de gomas
- Fondants
- Fudge
- Productos grajeados

Caramelos Duros

Los caramelos duros se elaboran partiendo de una mezcla de azúcar, agua y glucosa. Luego la mezcla se la somete a elevadas temperaturas para su concentración y eliminación de agua. Una vez concentrada la mezcla se agregan colorantes, saborizantes y ácidos para finalmente troquelar, enfriar y envolver el producto (2)

Caramelos Suaves

Los caramelos suaves son elaborados básicamente de azúcar, glucosa, leche condensada y grasa. A estos caramelos se los conocen también en ciertos países como toffees. Este tipo de caramelo es masticable y no necesita refrigeración durante el almacenamiento (2). Para su elaboración se disuelven todos los sólidos en agua y luego se agregan los productos lácteos y las grasas. La emulsión obtenida es llevada a cocción hasta alcanzar la temperatura

de ebullición deseada, luego se enfría la masa, se la coloca en moldeadoras para darle la forma al caramelo suave y finalmente envolverlo (2).

Productos Aireados

Los productos aireados tienen como ingrediente al aire. Dentro de estos productos están: los caramelos masticables, nogados, marshmellows, negro kisses entre otros.

Los marshmallows son productos aireados que se elaboran partiendo de una espuma la cual debe ser estabilizada. Se puede utilizar la albúmina de huevo como estabilizante y espumante; otro ingrediente usado en la actualidad es la gelatina que cumple las dos mismas funciones que la albúmina. El sabor de este dulce se lo obtenía de la hierba de malvavisco (en ingles marshmallow) de donde proviene su nombre (2). Es un producto con alto porcentaje de humedad de hasta 25 %. La relación glucosa-sacarosa es importante para obtener la textura deseada y generalmente es de 50:50. Al aumentarles sorbitol líquido se puede lograr mejorar su tiempo de vida útil.

Pastillas de Goma

Estos son los productos que tienen en su composición algún agente de colágeno de naturaleza animal o vegetal, lo cual los convierte en productos elásticos. Son de aspecto transparentes, cristalinos y estables. Dentro de los agentes gelatinizantes utilizados para estos productos están: la goma arábiga, gelatina, agar-agar, pectina o almidones modificados (4).

Fondant

El fondant contiene principalmente azúcar y agua. Se cocina la mezcla, luego se bate y se enfría. Se pueden preparar fondants con azúcar impalpable o con dextrosa en lugar de sacarosa. Al finalizar su preparación los cristales más pequeños se disuelven y los grandes crecen. El fondant normalmente se lo utiliza como recubrimiento de tortas o como decoración en ciertos dulces (2).

Fudges

Este es un tipo de dulce que nació en los Estados Unidos. Para su elaboración se mezcla azúcar, mantequilla, leche y cocoa, se lo lleva a una elevada temperatura, luego se

enfría y se bate obteniendo una consistencia suave y cremosa (13).

Productos Grageados

Los grageados son productos con un centro de almidón y una cobertura de varias capas de azúcar. El proceso del grageado se lo hace utilizando bombos (pailas rotativas) de acero inoxidable o cobre y mediante un sistema incorporado gira el bombo mientras se añaden las distintas capas de azúcar, jarabes y gomas y al mismo tiempo se suministra y extrae aire (2).

Existen dos tipos de grageados: los duros y blandos. Los grageados duros están compuestos de sacarosa, los grageados blandos están en cambio compuestos por jarabe de sacarosa y glucosa.

1.1.2 Condiciones del Proceso Influyentes en el Producto Final

Los factores que se debe controlar para obtener un producto final con buenas características sensoriales son (4):

- Temperatura durante el proceso.
- Dureza del agua utilizada.

- Composición de la fórmula del caramelo, porcentaje inicial de sólidos.

1.1.3 Composición de Caramelos Duros

Dentro de los caramelos duros se incluyen todos aquellos dulces que posean un porcentaje de glucosa suficiente para estabilizar al caramelo (3). Lo más importante al momento de realizar la formulación de los caramelos duros es la relación entre el azúcar y la glucosa (2). Mediante el siguiente grafico se puede observar las distintas relaciones que existen entre la glucosa y el azúcar para los diferentes productos de confitería y como los caramelos duros tienen mayor cantidad de glucosa en su composición.

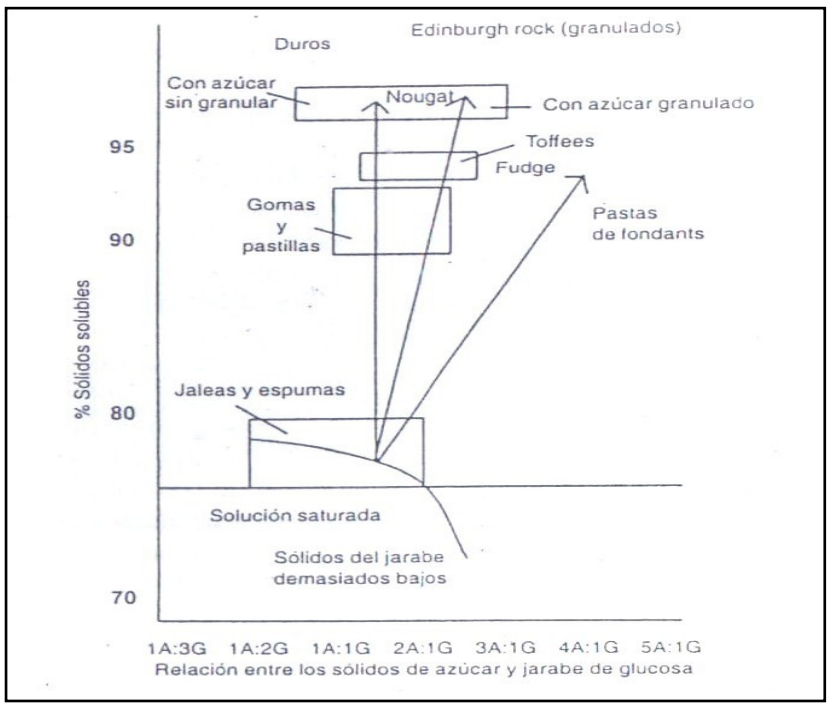


FIGURA 1.1 COMPOSICIÓN DE SACAROSA Y GLUCOSA DE LAS GOLOSINAS (2)

La cantidad de agua a utilizar va a depender de la temperatura a la que se piensa llegar. Los caramelos duros son en general productos estables por tener un bajo contenido de agua. Es importante no obtener un producto demasiado higroscópico que produciría un caramelo muy poco estable y pegajoso.

Utilizar mayores cantidades de glucosa traería distintos problemas. El primer problema es que al aumentar la

glucosa aumentaría también la proporción de dextrosa en el producto. El segundo problema sería el cambio de la temperatura vitrio de transición (Tg) que se daría por las variaciones de glucosa en la composición del caramelo.

La formula base para la elaboración de caramelos duros se describe en la tabla 2.

TABLA 2

COMPOSICION DE CARAMELOS DUROS

INGREDIENTES	PORCENTAJE
Sacarosa	54%
Glucosa	19%
Agua	27%
Total	100%

Fuente: La Industria del Chocolate, Bombones, Caramelos y Confitería (1983)

1.1.4 Posibles Defectos en los Caramelos Duros

- **Granulación:** Causada por un balance incorrecto de azúcares, por una mala disolución de azúcares, por envolver caramelos calientes o por continuar agitando una vez llegado al punto final del proceso (4).

- **Pegajosidad:** Los caramelos se pueden volver pegajosos por distintas razones:

  1. Uso de aromatizantes naturales demasiados ácidos.
  2. La cocción del proceso es demasiada lenta.
  3. Condición atmosférica de la fábrica inadecuada.
  4. Temperatura o vacío del vacum demasiado bajo.
  5. Condiciones de almacenamiento inadecuadas.

  Estos defectos se pueden controlar de acuerdo a lo establecido en la tabla 3.

TABLA 3

PROBLEMAS Y SOLUCIONES PARA LOS DEFECTOS DE CARAMELOS DUROS

PROBLEMA	SOLUCION
Para el uso de aromatizantes demasiado ácidos	Cambiar de aromatizantes, a aquellos con un pH superior para que no incluya en la textura del producto.
Condiciones de almacenamiento inadecuadas	Mejorar el sistema de frío de las áreas de almacenamiento y de la planta procesadora. Controlar periódicamente el comportamiento de la humedad y las variaciones de la temperatura.
Vacío del vacum demasiado bajo	Establecer calendarios de mantenimiento preventivo para evitar daños en los equipos que podrían causar problemas al momento de la fabricación de masas.

Fuente: Ma. de Los Angeles Cedeño (2008)

- **Opacidad:** este defecto es causado principalmente por (4):

  1. Una cocción muy lenta de la masa.
  2. Por mesas de enfriamiento que no están a una temperatura adecuada.
  3. Por una excesiva manipulación de la masa.

4. Por utilizar glucosa con un color muy marcado.
5. Por emplear envolturas que no son lo suficientemente herméticas

1.2 Propiedades del Agua en Productos de Confitería

El agua está presente en casi todos los alimentos y es responsable de una gran variedad de reacciones que pueden traer como resultado la reducción de la vida útil de los productos. La manera para poder controlar dichas reacciones es mediante el control de la actividad de agua de los alimentos (6).

1.2.1 Actividad de Agua y Movilidad de Agua

La actividad de agua (Aw) es la relación entre la presión de vapor de agua del alimento y la presión de vapor de agua pura a la misma temperatura. Se puede también decir que es la cantidad de agua disponible en un alimento, la cual dependerá del tipo y cantidad de interacciones que tenga el agua con los otros componentes del mismo alimento. La actividad de agua influye en el crecimiento de microorganismos y en la vida útil de un producto. La siguiente expresión es la definición de la actividad de agua:

$$Aw = \frac{P}{Po}$$

Donde:

Aw= actividad de agua

P= presión de vapor de agua del alimento

Po= presión de vapor de agua a la misma temperatura

En el caso de los caramelos duros la baja actividad de agua (Aw= 0.2-0.35) se convierte en un beneficio para el producto, hace al caramelo más estable durante su almacenamiento y además es poco probable el crecimiento de microorganismos. En la siguiente figura se puede apreciar las diferentes actividades de agua y porcentajes de humedad de productos de confitería (6).

	% Moisture Content	a_w Range
Crystalline Sucrose	0.0 - 0.5	0.1 - 0.8
Hard Panned Sugar Shell	0.0 - 0.5	0.1 - 0.8
Hard Candy—1 phase	0.5 - 2.0	0.2 -0.35
Caramel—1 phase	5 - 8	0.4 - 0.5
Fudge—2 phases	7 - 10	0.65-0.75
Fondant 6/4—2 phases	11	0.76
Jelly Beans Coating—2 phases	4 - 5	0.5
Jellies—1 phase	18 - 22	0.65-0.75
Ungrained Nougat—1 phase	5 - 7	0.4 - 0.5
Grained Nougat—2 phase	8 - 10	0.6 - 0.7
Marshmallow—Non-grained—1 phase	15 - 18	0.65-0.75
Marshmallow—grained—2 phases	5 - 6	0.6 - 0.7

FIGURA 1.2 ACTIVIDAD DE AGUA DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA (8)

La Humedad Relativa de Equilibrio (HRE) es la humedad donde se igualan la humedad del alimento con la humedad del aire del ambiente y se expresa de la siguiente manera (6):

$$HRE = \frac{P\ agua\ del\ alimento}{P\ aire}$$

Para la elaboración de productos de confitería es importante considerar la humedad relativa de equilibrio debido a que a través de ella se puede predecir el comportamiento del producto y su estabilidad. Cuando la HRE del caramelo es

superior a la del aire del ambiente el producto cederá su humedad para finalmente cristalizarse. Si la humedad relativa de equilibrio de caramelo es inferior a la humedad relativa del aire entonces el producto va a tender a hidratarse.

La actividad de agua de un alimento también se puede expresar como la Humedad Relativa de Equilibrio (HRE) cuando se la divide para 100 (6):

$$Aw = \frac{HRE}{100}$$

1.2.2 Temperatura Vítreo de Transición

Los productos de confitería están elaborados a partir de azúcar, la cual puede presentarse en diferentes estados: cauchoso, vítreo o cristalino. Los caramelos duros se encuentran en el estado vítreo. Si algunas de las condiciones del proceso varían como la temperatura o el contenido de humedad en el producto esto provocaría un cambio del estado vítreo al estado cauchoso (7); es decir habría una transición de fases provocando cambios físico-químicos importantes.

La temperatura a la cual se da la transición en la región amorfa entre los estados vítreo y cauchoso se denomina temperatura vítreo de transición (Tg). Esta transición es una propiedad única de la porción amorfa de un sólido, la porción cristalina permanece cristalina durante la transición vítrea (1).

Las estructuras amorfas poseen una temperatura vítreo de transición (Tg) baja, por lo que se encuentran en un estado estable. Por encima de la temperatura vítreo de transición el estado es cauchoso o en caso de los confites es fluido o líquido. Si el producto se encuentra por encima del Tg ciertas propiedades se verán afectadas; la más importante será que la movilidad del agua se incrementará, su viscosidad bajará y por lo tanto el producto empezara a desarrollar una pegajosidad no característica del mismo (9).

La determinación de la temperatura vítreo de transición sirve para mantener la vida útil de los productos y evitar en este caso la pegajosidad en los caramelos terminados. Existen distintos métodos utilizados para obtener el la temperatura vítreo de transición (Tg) entre los cuales están: la

calorimetría diferencial de barrido (Differential Scanning Calorimetry-DSC), Análisis dinámico termo-mecánico (Dynamic Mechanical Thermal Analysys- DMTA), Expansión térmica (Thermal Expantion-TGA), Brittle-ductile, entre otros.

La calorimetría diferencial de barrido (DSC) somete a la muestra y a un blanco a cambio de temperaturas hacia arriba o hacia abajo a velocidades controladas. El equipo mide las diferencias en aporte o salida de energía entre la muestra y el control y representa la diferencia mostrando cualquier variación en la capacidad calorífica (Cp) en función de la temperatura (2). A continuación se muestra una curva típica obtenida por medio del DSC.

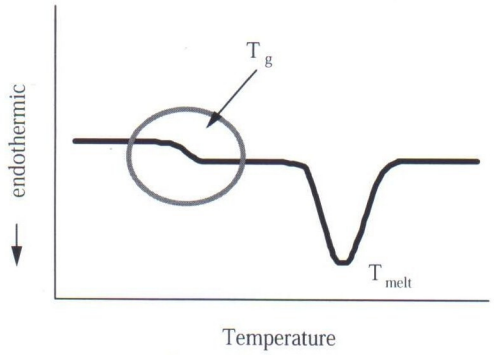


FIGURA 1.3 CURVA TÍPICA OBTENIDA POR MEDIO DE CALORIMETRÍA DE BARRIDO (5)

Para que el alimento sea estable debe siempre encontrarse durante su almacenamiento debajo de su temperatura vítreo de transición. La determinación de la temperatura vítreo de transición es importante debido a que ayudara a entender las propiedades de los caramelos así como los cambios que ocurren durante el procesamiento y el almacenamiento, como es el caso de la textura (pegajosidad).

Para poder entender esta transición es necesario tener la curva que determina la temperatura vítreo del producto en cuestión y relacionar esa curva con resultados de análisis sensoriales realizados a los caramelos.

Ecuación de Gordon-Taylor

El método teórico para la determinación de la Temperatura Vítreo de Transición es mediante la aplicación de la ecuación de Gordon Taylor que se describe a continuación (9):

$$Tg = \frac{W_1 Tg_1 + kW_2 Tg_2}{W_1 + kW_2}$$

Donde;

Tg = Temperatura vítreo de transición de la mezcla

W1, W2 = peso en fracción del componente 1 y 2 (sacarosa y glucosa)

Tg1, Tg2 = Temperatura vítreo del componente 1 y 2 (sacarosa y glucosa).

K = Constante

1.2.3 Aplicación de Diagramas de Estado en la Estabilidad de Productos de Confitería

Los diagramas de estados son considerados mapas de los alimentos para poder determinar en que estado se encuentran en función del contenido de agua o sólidos y de la temperatura alcanzada. Al realizar los diagramas de estado se puede entender de una manera más fácil la transición vítrea que ocurre en productos de confitería. Finalmente ayuda para determinar condiciones de almacenamiento y de proceso adecuadas para prolongar la vida útil del producto (9).

El uso de diagramas de estado ayudara a establecer como influye la composición de un alimento en su estabilidad. Se puede ver además los efectos de la humedad y temperatura

en la viscosidad, estructura y cristalización de los productos de confitería.

En la siguiente figura se observa un diagrama de estado de la transición entre el estado vítreo y el cauchoso, se observa además la línea que representa a la temperatura vítrea de transición (5).

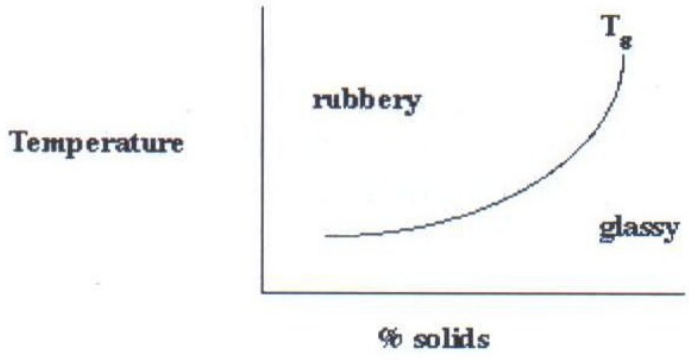


FIGURA 1.4 DIAGRAMA DE ESTADO DE TRANSICIÓN ENTRE ESTADOS VITRIO Y CAUCHOSO (5)

Los diagramas de estado son importantes para poder determinar diferentes casos a los que el producto podría ser expuesto; es decir que se podría tener diferentes condiciones iniciales, alcanzar distintas temperaturas de cocción y/o de enfriamiento y así saber si llega el producto a

estar debajo del tg, lo cual es necesario para evitar su pegajosidad.

CAPITULO 2

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Materiales

2.1.1 Materias Primas

Azúcar

Se utilizó para todos los experimentos azúcar blanca granulada, proveniente de Milagro, Guayas. El azúcar empleada cumplía las siguientes características:

TABLA 4
CARACTERISTICAS DEL AZUCAR EMPLEADO

ANALISIS	RESULTADOS
Polarización	99.75 °S
Humedad	0.03%
Color	180.02 uma
Sólidos Insolubles	53.57 ppm
Azúcares Reductores	0.04%
Tamaño de Grano (%retenido acumulado)	
Tamiz # 20	15.74
Tamiz # 25	36.2
Tamiz # 30	56.16
Tamiz # 35	76.74
Tamiz # 40	88.71
Base	100

Glucosa

La glucosa empleada para la elaboración de caramelos duros es importada de Colombia y cumple las siguientes especificaciones:

TABLA 5

CARACTERISTICAS DE LA GLUCOSA EMPLEADA

ANALISIS	RESULTADO
SO2	190 ppm
Dextrosa Equivalente	41.70%
Sólidos Brix	83.3 ° Brix
Color (densidad óptica)	0.8
Sustancia Seca	81%

Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño B

2.1.2 Materiales

Se utilizaron los siguientes materiales:

TABLA 6

LISTA DE MATERIALES

MATERIAL	MARCA	RANGO DE MEDICION	CAPACIDAD
Termómetro	Cooper	Max: 210°C Min: 10°C	-
Balanza	Mettler-Toledo PLI502-S	Max: 1510 g Min: 0.5 g	-
Marmita	-	-	1000 g
Material de Empaque		Polipropileno twist transparente	

Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño B.

2.1.3 Proceso de Elaboración de Caramelos Duros

2.2 Metodología

Para poder determinar las causas de los problemas en los caramelos se determinó la necesidad de realizar 9 experimentos diferentes variando la temperatura y el porcentaje de humedad.

Se definieron 3 temperaturas de trabajo (135°C, 145°C, 150°C) la temperatura ideal de trabajo es a 145ºC. Se estableció además distintas concentraciones de azúcar, glucosa y agua. Los porcentajes utilizados se los detalla en la Tabla 7.

TABLA 7

COMPOSICION DE CARAMELOS ELABORADOS

INGREDIENTES	COMPOSICION 1			COMPOSICION 2			COMPOSICION 3		
	135ºC	145ºC	150ºC	135ºC	145ºC	150ºC	135ºC	145ºC	150ºC
AGUA	27%			40%			13%		
AZUCAR	54%			44%			64%		
GLUCOSA	19%			16%			23%		
TOTAL	100%			100%			100%		

Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño B.

2.2.1 Análisis Sensorial de Pruebas Experimentales

Luego de elaborar distintas pruebas de caramelos variando la composición y la temperatura alcanzada, se determinó la

necesidad de realizar una evaluación sensorial de dichas pruebas.

El objetivo del análisis sensorial es el de establecer si la variación en temperatura y porcentaje de humedad es o no perceptible por consumidores y comparar estos resultados con la temperatura vítreo de transición de cada experimento obtenida por medio de la ecuación de Gordon-Taylor.

Para realizar esta evaluación sensorial se seleccionó la prueba de preferencia en donde se estableció como atributo a calificar la pegajosidad en la textura de los caramelos duros. Se dieron a comparar 3 caramelos en cada prueba.

Las pruebas de preferencia ordenan según las opiniones de un grupo de consumidores, un número determinado de muestras de acuerdo a la evaluación personal de cada individuo. No es necesario que la población elegida como panelistas conozcan la problemática del estudio pero si deben entender el procedimiento de la prueba y responder a ella. (10).

Como primer paso se codificaron todos experimentos realizados. Los códigos dados fueron los siguientes:

TABLA 8

CODIFICACION DE MUESTRAS PARA ANALISIS SENSORIAL

CODIGO PARA SENSORIAL	COMPOSICION	TEMPERATURA
405	1%	135 C
711	1%	145 C
829	1%	150 C
513	2%	145 C
193	2%	135 C
204	2%	150 C
376	3%	145 C
671	3%	150 C
923	3%	135 C

Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño B

Se seleccionó la prueba de preferencia como tipo de prueba a realizar. Las pruebas fueron realizadas a 30 panelistas no entrenados por cada evaluación. La distribución de las muestras a evaluar se dio de la siguiente forma:

TABLA 9

CONJUNTO DE PRUEBAS SENSORIALES

NUMERO DE DEGUSTACION	MUESTRA	CONSTANTE	VARIABLE
PRIMERA DEGUSTACION	405	1%	135 ºC
	711		145 ºC
	829		150 ºC
SEGUNDA DEGUSTACION	513	2%	135 ºC
	204		145 ºC
	193		150 ºC
TERCERA DEGUSTACION	376	3%	135 ºC
	923		145 ºC
	671		150 ºC
CUARTA DEGUSTACION	405	135 C	1%
	193		2%
	923		3%
QUINTA DEGUSTACION	711	145 C	1%
	513		2%
	376		3%
SEXTA DEGUSTACION	829	150 C	1%
	204		2%
	671		3%

Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño B

La hoja de llenado de datos y resultados por parte de los panelistas no entrenados se la detalla en el **Anexo A**

Para la interpretación de datos y resultados de las evaluaciones se realizó el siguiente procedimiento (9):

1. Obtención de suma de rangos de las respuestas dadas.

2. Determinación de diferencia absoluta entre suma de rangos.

3. Obtención de valores críticos para ordenamiento por rangos.

Los valores críticos para el ordenamiento por rangos se lo obtienen de tablas establecidas en el **Anexo B,** donde primero se determina el nivel de significancia que se utilizará. Para analizar los resultados de esta experimentación se asumirá un nivel de significancia del 1 %.

El valor crítico correspondiente a un nivel de significación de 1 %, con 30 panelistas y 3 muestras analizadas por degustación, es 21. Estos valores se mantienen para las siguientes degustaciones.

4. Comparación entre la diferencia absoluta de la suma de rangos y valores críticos para ordenamiento por rangos-

5. Determinación de diferencia significativa entre pruebas.

- Si el resultado de la diferencia absoluta entre suma de rangos es mayor al valor crítico entonces si hay diferencia significativa.

- Si el resultado de la diferencia absoluta entre suma de rangos es menor al valor crítico entonces no hay diferencia significativa.

2.2.2 Análisis Físico-Químico de Pruebas Experimentales

Se establecieron 3 parámetros a evaluar dentro del análisis físico-químico, entre los que están: humedad, pH y azúcares reductores.

Determinación de Humedad

La determinación de humedad se basa en la evaporación del agua contenida en la muestra analizada mediante el calentamiento en una estufa regulada a 105 ºC durante 4 horas. La pérdida de peso de la muestra determinará la humedad del producto. Los análisis para determinar la humedad se los realizaron de acuerdo al Método AOAC 17 th 925.45 B

Determinación de pH

Para la determinación del potencial de hidrogeno se utiliza un phmetro; el cual es un equipo con electrodos, con una escala potenciométrica que nos indica el pH. La determinación del pH de

los caramelos duros se la realizó de acuerdo al Método AOAC # 945.27

Determinación de Azúcares Reductores

La determinación de los azúcares reductores nos ayuda a definir el porcentaje de glucosa presente en la muestra final del caramelo para luego poder mediante un balance de componentes establecer el porcentaje de sacarosa presente en el producto. Se determinan los azucares reductores de acuerdo al Método AOAC 17 th 930.37

2.2.3 Elaboración de Isotermas de Adsorción

La elaboración de isotermas se la realiza para establecer comparaciones entre la actividad de agua del producto vs. La temperatura vítreo de transición.

La isoterma se elaboró en base al resultado obtenido luego del análisis de la evaluación sensorial; en donde se determinó que el caramelo con mayor aceptabilidad por parte de los degustadores fue el de la prueba C.

El desarrollo de esta isoterma se da mediante el método isopiéstico usando envases de plástico con tapa, se utiliza papel de aluminio y papel filtro para armar el sistema a 30 ºC.

FIGURA 2.1 DESARROLLO DE ISOTERMAS A 30 ºC

Tipo de Sales Utilizadas

En el siguiente cuadro se detallan las sales que se emplearon y sus respectivas actividades de agua:

TABLA 10

ACTIVIDADES DE AGUA DE SALES EMPLEADAS

SALES	ACTIVIDAD DE AGUA
Cloruro de Potasio	0.83
Cloruro de Sodio	0.75
Yoduro de Potasio	0.67
Cloruro de Magnesio	0.32
Hidróxido de Sodio	0.07

Fuente: Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use.
Dr. Thedoro Labuza

2.2.4 Cálculo de Temperatura Vítreo de Transición

La determinación de la Temperatura Vítreo de Transición (Tg) fue el último paso necesario previo a la emisión de conclusiones en esta investigación. EL cálculo obtenido se basa en la muestra de caramelo duro seleccionada por los degustadores como el más aceptable respecto a su textura. La temperatura vítreo de transición se la puede determinar teóricamente por medio de la ecuación de Gordon-Taylor, la cual se detalla a continuación:

$$Tg = \frac{W_1 Tg_1 + kW_2 Tg_2}{W_1 + kW_2}$$

Donde;

Tg = Temperatura vítreo de transición de la mezcla

W1, W2 = peso en fracción del componente 1 y 2 (sacarosa y glucosa)

Tg1, Tg2 = Temperatura vítreo del componente 1 y 2 (sacarosa y glucosa).

K = Constante

Los pesos en fracción de cada uno de los caramelos terminados se los detalla en la tabla 11.

TABLA 11

PESOS EN FRACCION DE CADA COMPONENTE

COMPOSICION	W1 (PESO FRACCION SACAROSA)	W2 (PESO FRACCION GLUCOSA)
1	0.8611	0.1298
2	0.895	0.0909
3	0.8404	0.1441

Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño B.

Los datos constantes que se reemplazan en la fórmula son los siguientes:

TABLA 12

DATOS CONSTANTES

Tg GLUCOSA	62 C
Tg SACAROSA	31 C
K	0.43

Fuente: Applying State Diagrams To Food Processing

CAPITULO 3

3. RESULTADOS

3.1 Resultados Análisis Sensorial

El análisis de resultados de la evaluación sensorial realizada se basó en un ordenamiento por rangos. El fundamento del ordenamiento por rangos es el establecer una comparación de todas las muestras (tratamientos) entre sí. El objetivo es discernir o diferenciar aquellas muestras que sean consideradas por los panelistas como “inferiores” o “superiores”. A continuación se detallan los resultados de cada una de las degustaciones realizas.

Primera Degustación

En la primera degustación se compararon 3 muestras experimentales de caramelos duros, cada una de ellos con la misma composición de sacarosa, glucosa y agua pero sometidas a distintas temperaturas de cocción, 135 ºC, 145 ºC y 150 ºC.

1. Determinación de Diferencia Significativa

   - Entre las muestras 405 y 711 si hay diferencia significativa.
   - Entre las muestras 405 y 829 si hay diferencia significativa.
   - Entre las muestras 711 y 829 no hay diferencia significativa

   De acuerdo a los resultados, al aumentar la temperatura de cocción desde 145 ºC hasta 150 ºC los panelistas aseguran que el cambio no es perceptible; esto se ve reflejado al determinar que no existe diferencia significativa entre las muestras 711 y 829.

   Al comparar las muestras 405 y 711 elaboradas a 135 ºC y 145 ºC respectivamente, los panelistas determinaron que existe una diferencia significativa entre dichas muestras. Al someter el producto a 135 ºC, 10 ºC menos que la temperatura recomendada por la literatura, el producto final presenta una textura distinta no favorable para el gusto del consumidor.

2. Porcentaje de Aceptación

   Para esta primera degustación del 100% de los panelistas el 60 % determinó que la muestras con menos índice de pegajosidad es la

muestra 829, elaborada a 150ºC tal como se lo evidencia en el siguiente gráfico

FIGURA 3.1
NIVEL DE ACEPTACION DE PRUEBAS EXPERIMENTALES
PRIMERA DEGUSTACION

Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño B

3. Resultados

La prueba de caramelo duro aceptada por los degustadores fue la sometida a 150 ºC con la siguiente formulación

- 27 % Agua
- 54 % Sacarosa
- 19% Glucosa

Segunda Degustación

En la segunda degustación se compararon 3 pruebas experimentales de caramelos duras elaboradas de acuerdo a la formulación # 2 pero con temperaturas de cocción distintas: 135 ºC, 145 ºC y 150 ºC respectivamente.

1. Determinación de Diferencia Significativa

- Entre las muestras 513 y 204 no hay diferencia significativa.
- Entre las muestras 513 y 193 no hay diferencia significativa.
- Entre las muestras 204 y 193 si hay diferencia significativa

De acuerdo a los resultados no existen una diferencia significativa entre las muestras 513 y 204, cada una elaborada a 145 y 150 ºC respectivamente, es decir los panelistas no encuentran cambio en la textura de los caramelos al incrementar la temperatura de 145 ºC a 150 ºC.

Se encontró una diferencia significativa entre cocinar los caramelos duros a 135 ºC y a 150 ºC, es por esto que se determinó diferencia entre las muestras 193 y 204. La variación de temperatura produce

un caramelo distinto, los panelistas prefieren la muestra sometida a 150 ºC.

2. Porcentaje de Aceptación

En esta segunda degustación del 100% de los panelistas el 53 % determinó que la muestras con menos índice de pegajosidad es la muestra 204 tal como se lo evidencia en la figura 3.2

FIGURA 3.2
NIVEL DE ACEPTACION DE PRUEBAS EXPERIMENTALES
SEGUNDA DEGUSTACION

Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño B

3. Resultados

El 54% de ellos aseguraron que la muestra 204 presenta menos pegajosidad. Esta muestra corresponde a la elaborada a 150 ºC con la siguiente formulación.

- 40 % Agua
- 44 % Sacarosa
- 16 % Glucosa

Tercera Degustación

Para esta degustación se compararon 3 pruebas experimentales de caramelos duras elaboradas de acuerdo a la formulación # 3 pero con temperaturas de cocción distintas: 135, 145 y 150 ºC respectivamente.

1. Determinación de Diferencia Significativa

- Entre las muestras 376 y 9234 si hay diferencia significativa.
- Entre las muestras 376 y 671 no hay diferencia significativa.
- Entre las muestras 923 y 671 si hay diferencia significativa

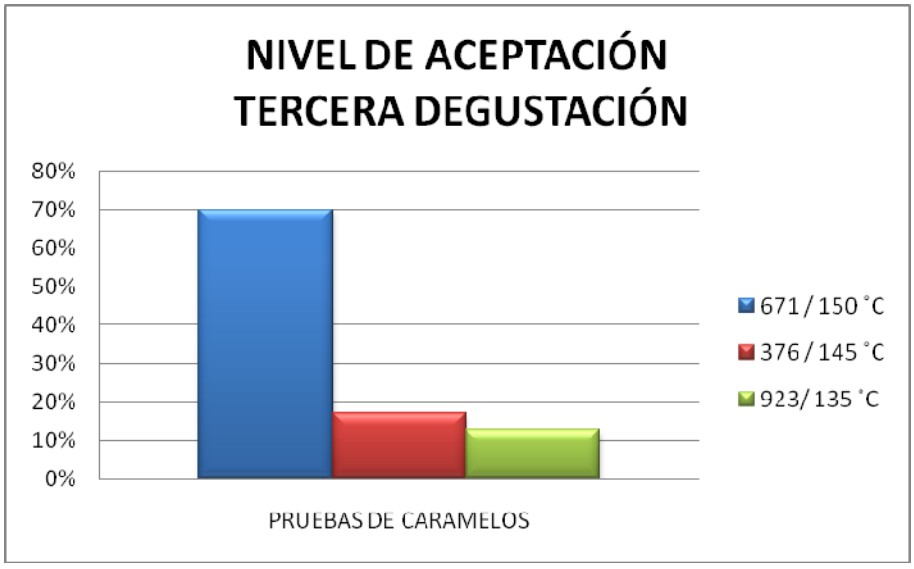
Los resultados reflejan que no existe diferencia si se cocinan los caramelos a 145 ºC o a 150ºC, por esta razón se determino una diferencia no significativa entre las muestras 376 y 671.

Entre las muestras 923 y 671 si hay diferencia detectable por los panelistas, es decir la textura final del caramelo será distinta si se llega a una cocción de 135 ºC o a 150 ºC.

2. Porcentaje de Aceptación

En esta segunda degustación del 100% de los panelistas el 70 % determino que la muestras con menos índice de pegajosidad es la muestra 671 tal como se lo evidencia en el siguiente gráfico.

FIGURA 3.3
NIVEL DE ACEPTACION DE PRUEBAS EXPERIMENTALES
TERCERA DEGUSTACION



Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño B

3. Resultados

El 70 % opina que la muestra con la mejor textura es la elaborada a una temperatura de 150 ºC y con la siguiente composición.

- 13 % Agua
- 64 % Sacarosa
- 23 % Glucosa

Cuarta Degustación

Esta degustación compara 3 muestras elaboradas a 135 ºC pero cada una formulada de distinta manera.

TABLA 13

FORMULACION DE CARAMELOS EVALUADOS EN LA CUARTA DEGUSTACION

INGREDIENTES	405	193	923
AGUA	27%	40%	13%
SACAROSA	54%	44%	64%
GLUCOSA	19%	16%	23%

Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño B

1. Determinación de Diferencia Significativa

   - Entre las muestras 405 y 193 no hay diferencia significativa.
   - Entre las muestras 193 y 923 no hay diferencia significativa.
   - Entre las muestras 405 y 923 si hay diferencia significativa

   Entre las muestras 405 y 923 existe una diferencia significativa, esto significa que al realizar cambios en la formulación los panelistas encuentran diferencia al aumentar los porcentajes de sacarosa y glucosa empleados, es decir si se incrementa la cantidad de azúcares (muestra 923) la textura se verá afectada de tal manera que los panelistas lo detectan como una muestra más pegajosa.

   Por otro lado, entre las muestras 405 y 193 no existe una diferencia significativa, es decir que si se disminuye las cantidades de azúcares empleadas el cambio en la pegajosidad de las muestras no será significativo, lo cual dificulta su identificación y pasa como un caramelo sin problema para el consumidor.

2. Porcentaje de Aceptación

En esta segunda degustación del 100% de los panelistas el 53% determinó que la muestras con menos índice de pegajosidad es la muestra 405 tal como se lo evidencia en la figura 3.4

FIGURA 3.4
NIVEL DE ACEPTACION DE PRUEBAS EXPERIMENTALES
CUARTA DEGUSTACION

Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño B

3. Resultados

Al mantener la temperatura de 135 ºC constante la concentración con mayor aceptación es la siguiente-

- 27 % Agua

- 54 % Sacarosa
- 19 % Glucosa

Quinta Degustación

Las muestras comparadas en esta degustación se han elaborados todas a una temperatura de 145 ºC. En este caso la variante ha sido las cantidades de sacarosa, glucosa y agua empleadas.

TABLA 14

FORMULACION DE CARAMELOS EVALUADOS EN LA QUINTA DEGUSTACION

INGREDIENTES	711	513	376
AGUA	27%	40%	13%
AZUCAR	54%	44%	64%
GLUCOSA	19%	16%	23%

Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño B

1. Determinación de Diferencia Significativa
   - Entre las muestras 711 y 513 si hay diferencia significativa.
   - Entre las muestras 711 y 376 no hay diferencia significativa.
   - Entre las muestras 513 y 376 no hay diferencia significativa

Hay una diferencia significativa entre las muestras 711 y 513 elaboradas con la composición # 1 y # 2 respectivamente. Los resultados determinan una diferencia en la textura del producto final al disminuir la cantidad de sacarosa y glucosa (muestra 513) con respecto a la formulación # 1 (muestra 711).

En esta degustación no se presenta diferencia significativa entre elaborar los caramelos con la composición # 1 o la # 3, lo cual lo comprobamos al determinar una no diferencia significativa entre las muestras 711 y 376.

2. Porcentaje de Aceptación

En esta degustación del 100% de los panelistas el 50% determinoóque la muestras con menos índice de pegajosidad es la muestra 711 tal como se lo evidencia en el siguiente grafico.

FIGURA 3.5
NIVEL DE ACEPTACION DE PRUEBAS EXPERIMENTALES
QUINTA DEGUSTACION

Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño B

3. Resultados

El 50 % asegura que el caramelo con mejor textura es el elaborado a 145 ºC compuesto de la siguiente manera.

- 27 % Agua
- 54 % Sacarosa
- 19 % Glucosa

Sexta Degustación

En la última degustación se mantuvo constante la temperatura, las variantes fueron las composiciones de los caramelos de acuerdo a la tabla 15.

TABLA 15

FORMULACION DE CARAMELOS EVALUADOS EN LA SEXTA DEGUSTACION

INGREDIENTES	829	204	671
AGUA	27%	40%	13%
AZUCAR	54%	44%	64%
GLUCOSA	19%	16%	23%

Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño B

1. Determinación de Diferencia Significativa

   - Entre las muestras 829 y 204 si hay diferencia significativa.
   - Entre las muestras 829 y 671 si hay diferencia significativa.
   - Entre las muestras 204 y 671 no hay diferencia significativa

   Las pruebas elaboradas a 150 ºC con la composición ·#2 y #3 tuvieron un porcentaje de aceptación del 20 % cada una de ellas por lo que no existe diferencia significativa entre las muestras 204 y 671.

Existe una diferencia entre elaborar los caramelos con una composición # 1 (muestra 829) y elaborarlo con una composición # 3 (muestra 671), por lo cual se determinó en los resultados la existencia de una diferencia significativa.

2. Porcentaje de Aceptación

En esta segunda degustación del 100% de los panelistas el 60% determino que la muestras con menos índice de pegajosidad es la muestra 829 tal como se lo evidencia en el siguiente gráfico.

FIGURA 3.6
NIVEL DE ACEPTACION DE PRUEBAS EXPERIMENTALES
SEXTA DEGUSTACION

Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño B

3. Resultados

El 60 % de aceptación fue para la muestras 829 elaborada a 150 ºC con la siguiente composición.

- 27 % Agua
- 54 % Sacarosa
- 19 %Glucosa

Comparación de Resultados

Las 9 pruebas de caramelos fueron sometidas a evaluaciones sensoriales de aceptación por medio de panelistas no entrenados. Las evaluaciones reflejaron los siguientes resultados.

TABLA 16

RESULTADOS DE EVALUACIONES SENSORIALES

DEGUSTACIONES	NIVEL DE PREFERENCIA		
PRIMERA DEGUSTACION	829	711	405
	60%	30%	10%
SEGUNDA DEGUSTACION	204	513	193
	53%	27%	20%
TERCERA DEGUSTACION	671	376	923
	70%	17%	13%
CUARTA DEGUSTACION	405	193	923
	53%	33%	13%
QUINTA DEGUSTACION	711	376	513
	50%	40%	10%
SEXTA DEGUSTACION	829	671	204
	60%	20%	20%

Durante las 3 primeras degustaciones se variaron las temperaturas de cocción y se mantuvo constantes las concentraciones de sólidos. En estas degustaciones se reflejó una tendencia en encontrar diferencia significativa en la textura de los caramelos al variar la temperatura de cocción de 135 ºC a 150 ºC.

Los resultados de la evaluación sensorial reflejan una preferencia por las muestras elaboradas a una temperatura de cocción de 150 °C y compuestas de acuerdo a la siguiente formulación:

- 27 % agua
- 54 % sacarosa
- 19 % glucosa

Posteriormente se obtendrá la temperatura vítreo de transición de 3 muestras con la composición 1, 2 y 3 respectivamente.

3.2 Resultados del Análisis Físico-Químico

Determinación de Humedad

De acuerdo al análisis de humedad descrito en el capitulo 2, se obtuvieron los siguientes resultados de humedades de los 9 experimentos realizados

TABLA 17

RESULTADO HUMEDADES

MUESTRA	% HUMEDAD
405	1.51 %
711	0.85 %
829	0.91 %
513	1.27 %
204	1.41 %
376	1.22 %
193	1.43 %
671	1.55 %
923	1.79 %

Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño B

Al obtener los resultados del porcentaje de humedad de las pruebas experimentales se puede establecer lo siguiente:

- De las 3 muestras elaboradas con la concertación # 1 a 135 ºC, 145 ºC y 150 ºC la muestra con menor porcentaje de humedad fue la 711 la cual llegó a 145 ºC.
- De las 3 muestras elaboradas con la concertación # 2 a 135 ºC, 145 ºC y 150 ºC la muestra con menor porcentaje de humedad fue la 513 la cual llegó a 145 ºC.

- De las 3 muestras elaboradas con la concertación # 3 a 135 ºC, 145 ºC y 150 ºC la muestra con menor porcentaje de humedad fue la 376 la cual llegó a 145 ºC.

- Al comparar las humedades de las 3 pruebas de caramelos duros elaboradas a 135 ºC y distintas composiciones, la muestra que presenta menor humedad en la correspondiente a la composición # 2.

- La humedad más baja de las 3 muestras elaboradas a 145 ºC y distintas concentraciones es la correspondiente a la composición # 1.

- La humedad más baja de las 3 muestras elaboradas a 150 ºC y distintas concentraciones es la correspondiente a la composición # 1.

- Las diferencias en las humedades de los productos no interfieren drásticamente en la textura del caramelo duro, por lo que los panelistas no detectan una mejor textura si la humedad es inferior. Las diferencias en las humedades de los productos son poco significativas por lo que se vuelven imperceptibles de acuerdo a las evaluaciones sensoriales.

Determinación de pH

Luego de analizar el pH de los 9 experimentos de caramelos, los resultados fueron los que se detalla a continuación:

TABLA 18

Resultados de pH en Pruebas Experimentales

MUESTRA	pH
405	6.21
711	6.57
829	5.43
513	6.34
204	6.26
376	6.25
193	6.59
671	6.02
923	6.21

Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño B

Determinación de Azúcares Reductores

La determinación de azúcares reductores ayuda para conocer la composición de glucosa en el producto final. Una vez obtenido el porcentaje de glucosa, más el porcentaje de humedad previamente analizado se podrá obtener el porcentaje de sacarosa. Todos estos datos serán utilizados para la determinación teórica de la temperatura vítreo de transición.

Los resultados del porcentaje de glucosa obtenido mediante el análisis de azúcares reductores se lo detallan en la tabla a continuación. Se debe mencionar que el rango para considerar una muestra aceptable en su formulación es de 11 a 23 g %.

TABLA 19

RESULTADOS DE AZUCARES REDUCTORES EN PRUEBAS EXPERIMENTALES

COMPOSICION	% GLUCOSA
1	12.98
2	9.09
3	14.41

Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño B

3.3 Resultados de Isotermas de Adsorción

Luego de realizar la experimentación para obtener las isotermas de la muestra de caramelo más aceptadas por los degustadores, se procedió a graficar la isoterma de dicho experimento, la cual se ve reflejada en la figura 3.7

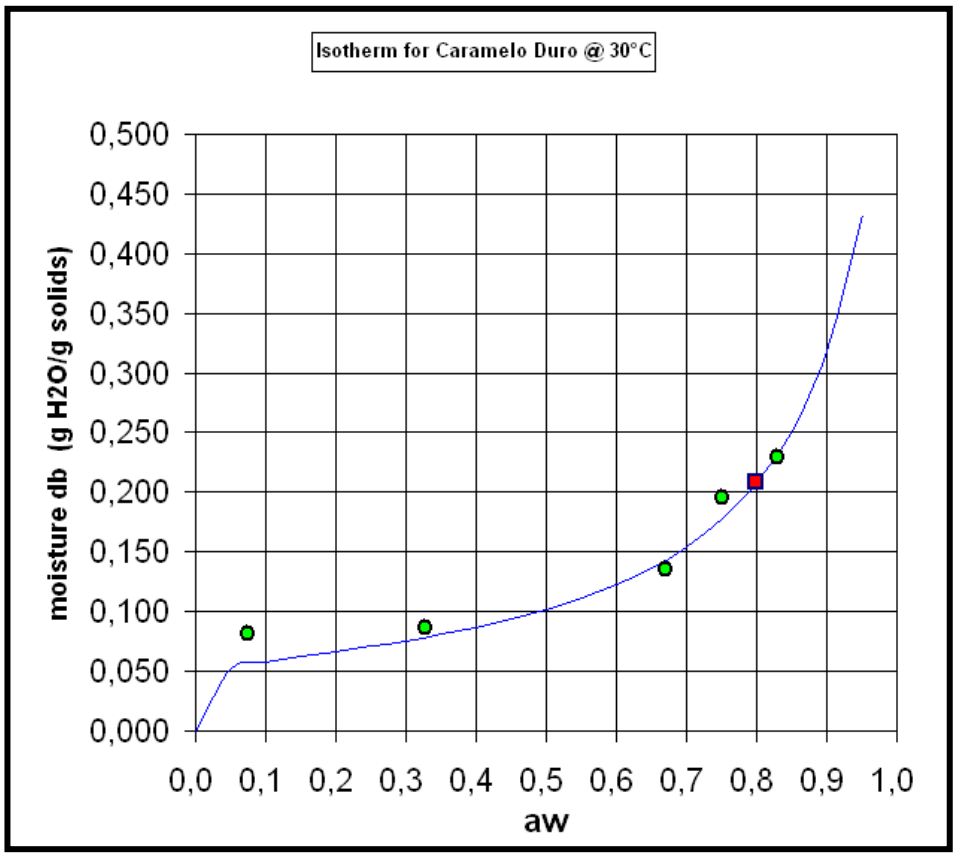


FIGURA: 3.7 ISOTERMA DE ADSORCION DE CARAMELO DURO

Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño B

3.4 Resultados de Cálculos de Temperatura Vítreo de Transición

La fórmula empleada para el cálculo de la Temperatura Vítreo de Transición (Tg) fue la ecuación de Gordon-Taylor detallada a continuación:

$$Tg = \frac{W_1 Tg_1 + kW_2 Tg_2}{W_1 + kW_2}$$

Para la determinación de la temperatura vitreo de transición se seleccionaron 3 muestras, cada una de ellas con las distintas composiciones tratadas en este trabajo. Los resultados fueron los descritos en la siguiente tabla.

TABLA 20

RESULTADOS DE TEMPERATURA VITREO DE TRANSICION EN CARAMELOS DUROS

COMPOSICION	TEMPERATURA VITREO DE TRANSICION (Tg)
1	60.11
2	60.70
3	59.87

Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño B

Para poder determinar si la temperatura vítreo de las pruebas de caramelos se encontraban por encima o por debajo del Tg de la sacarosa+glucosa se utilizó la figura 3.8 expuesta a continuación.

La temperatura vítreo de transición limita dos estados de la materia que es el cauchoso y el vítreo. Para que un caramelo tenga las características de textura aceptadas por los consumidores el producto al final de proceso deberá encontrarse en el estado vítreo. En caso de

estar en el estado cauchoso la textura de producto se volverá pegajosa lo cual produce un rechazo por parte del consumidor final.

Para la composición # 1, en donde la concentración inicial de sólidos es de 73 % se llega a 150 ºC hasta una concentración de 99.09 % para luego dejar enfriar el producto hasta 25 ºC aproximadamente.

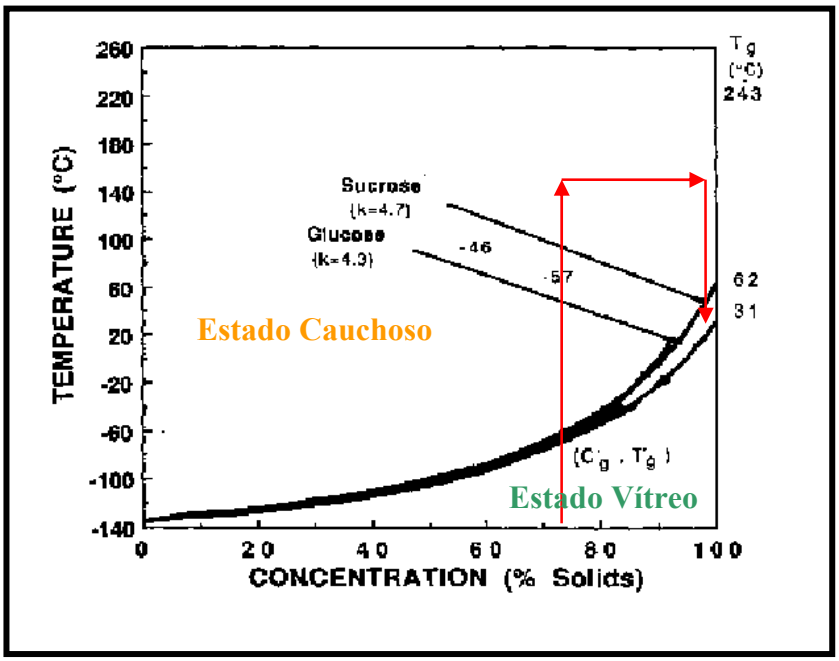


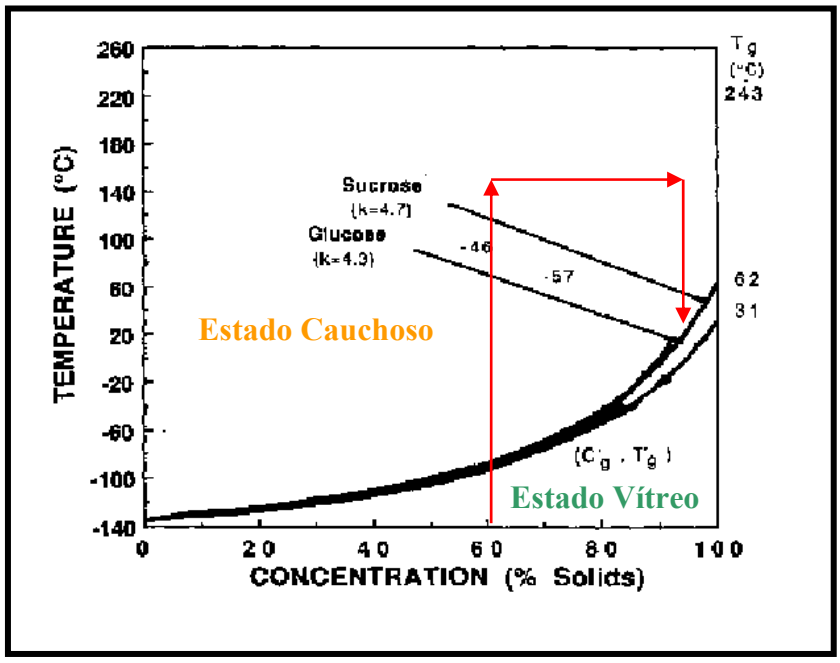
FIGURA 3.8 TEMPERATURA VITREO DE TRANSICIÓN DE CARAMELO DURO ELABORADO A 150 ºC, COMPOSICION #1 (10)

Como se puede apreciar en el gráfico anterior con la prueba elaborada bajo la composición # 1 y llegando a una cocción de 150º C, el caramelo se encuentra justo en su temperatura vítreo de transición. Con este preliminar podemos decir que este producto bajo las

condiciones iniciales de fabricación no tendrá problemas en su textura durante el tiempo de vida en percha.

Al comparar los resultados emitidos por la evaluación sensorial previamente realizada, encontramos una concordancia entre la aceptación dada por los panelistas junto con el resultado de la temperatura vítreo de transición del mismo caramelo.

Para la composición # 2, en donde la concentración inicial de sólidos es de 60 % se llega a 150 ºC hasta una concentración de 98.59 % para luego dejar enfriar el producto hasta 25 ºC aproximadamente.



FIURA 3.9 TEMPERATURA VITREO DE TRANSICIÓN DE CARAMELO DURO ELABORADO A 150 ºC, COMPOSICION # 2 (10)

Tal como se puede apreciar la prueba de caramelo elaborada con la composición # 2 se encuentra en el estado cauchoso. Si este producto es enviado a una cadena de distribución y comercialización es muy probable que presente problemas en la estabilidad del producto durante su almacenamiento, produciendo seguramente reclamos por parte de los consumidores.

Para la composición # 3, en donde la concentración inicial de sólidos es de 87 % se llega a 150 ºC hasta una concentración de 98.59 % para luego dejar enfriar el producto hasta 25 ºC aproximadamente.

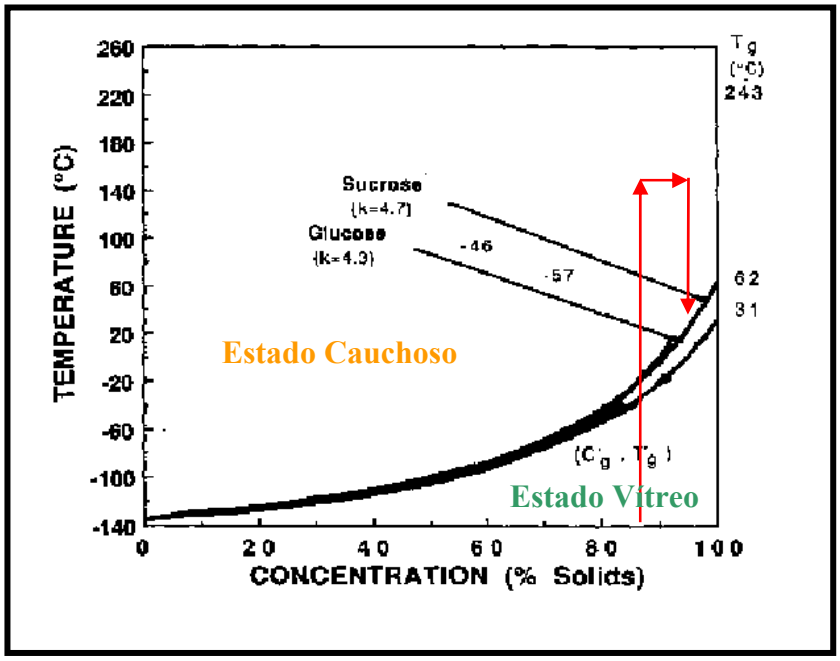


FIGURA 3.10 TEMPERATURA VITREO DE TRANSICIÓN DE CARAMELO DURO ELABORADO A 150 ºC, COMPOSICION # 3 (10)

Finalmente con la prueba elaborada con la composición # 3, se puede apreciar el mismo problema que en la composición # 2. El producto al finalizar su elaboración y durante su almacenamiento se encuentra claramente en la zona del estado cauchoso.

Se han realizado distintas pruebas con diferentes variaciones en el porcentaje de azúcares empleados. En una prueba se estableció menos cantidad de azúcares (composición # 2) y en otra se estableció más cantidad de azúcares (composición # 3). Ninguna de estas variaciones es favorable de acuerdo al análisis de la temperatura vítreo de transición. Se comprobó además mediante evaluaciones sensoriales que los consumidores detectan la diferencia en la textura de los caramelos al momento de variar la formulación de los productos.

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El estudio y la determinación de la temperatura vítreo de transición son una herramienta importante para establecer la estabilidad que tendrán los caramelos duros durante su vida en percha.

- La temperatura de cocción de los caramelos duros y lo porcentajes de sólidos utilizados durante su formulación son dos parámetros que están directamente relacionados con la textura del producto al finalizar su elaboración.

- Se debe someter un estricto control en las temperaturas de cocción de los caramelos. Una variación de 15 ºC puede cambiar drásticamente la textura en el producto final y además puede ser

fácilmente detectable, es decir es un cambio significativo para los consumidores.

- Los resultados de la evaluación sensorial reflejaron como muestra preferida por los panelistas la prueba elaborada a 150 ºC y con la siguiente composición: 27 % de agua, 54% de sacarosa y 19% de glucosa.

- Al realizar el análisis y determinación de la temperatura vítreo de transición a la misma prueba preferida por los panelitas, se encontró que dicho experimento estaba dentro del estado vítreo, es decir existe relación entre lo percibido por los panelistas junto con el análisis del Tg.

- Por otro lado, las otras pruebas con cantidades superiores e inferiores de sacarosa y glucosa se encontraron por encima del Tg, es decir en la zona del estado cauchoso. El estar en esta zona será posteriormente reflejado al obtener un caramelo totalmente pegajoso.

- En estas degustaciones se reflejó una tendencia en encontrar diferencia significativa en la textura de los caramelos al variar la temperatura de cocción de 135 ºC a 150 ºC.

4.2 Recomendaciones

- Las empresas procesadoras de confites deben incorporar el análisis del Tg dentro de los parámetros de monitoreo y control de la producción. Considerar esta variable puede evitar problemas en la calidad del producto una vez elaborado.

- El análisis de la temperatura vítreo de transición debe darse junto con Investigación y Desarrollo previo a la elaboración del caramelo, una vez aprobada la formulación del producto y establecidas las condiciones adecuadas del proceso.

- Se puede obtener la temperatura vítreo de transición por medio de métodos teóricos, sin embargo a nivel industrial es recomendable invertir en equipos sofisticados como el DSC para poder obtener resultados más exactos y confiables.

BIBLIOGRAFIA

1. DUXBURY DEAN, Phase Transition in food: Basic Science for Modern Scientist, Agosto 2004.

2. EDWARDS W.P., La Ciencia de las Golosinas, Editorial Acribia, Zaragoza España, 2001, Págs. 93-113, 121-122.

3. GIANOLA CARLOS, La Industria del Chocolate, Bombones, Caramelos y Confitería, Editorial Paraninfo, Madrid España, 1983, Págs. 124-126.

4. GROSO ANTONIO LUIS, Técnica de Elaboración Moderna de Confites, Buenos Aires Argentina, 1964, Págs. 48-59, 78-80.

5. LABUZA THEODORE, Literature Review on Water Activity and Glass Transition, Págs. 11-15.

6. LABUZA THEODORE, Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use, Publication de la American

7. LIM M.H, Changes in Physical States of Confectionery Products due to the Availability of Water, Otago, Nueva Zelanda, 2007.

8. RICHARDSON TERRY, ERH of the Confectionery Food Products, The Manufacturing Confectionery, Diciembre 1986.Págs. 65, 85-86.

9. ROOS YRJÖ, Characterizaction of Food Polymers Using State Diagrams, Departamento de Tecnología en Alimentos, Helsinki Finlandia, 1994. Págs. 347-356.

10. ROOS YRJÖ Y KAREL MARCUS, Applying State Diagrams to Food Processing and Development. Food Technology, 1991.

11. SHAFIUR MOHAMMAD. State Diagram of Food: Its Potencial Use in Food Processing and Product Stability, Trends in Food Science and Technology, 2006, Págs. 129-141.

12. PEDRERO DANIEL Y PANGBORN ROSE MARIE, Evaluación Sensorial de los Alimentos Métodos Analíticos, Editorial Alhambra Mexicana, México DF, México, 1989, Págs. 104-105/145-147.

13. Elaboración del Fudge, http://www.wikipedia.org/wiki/Fudge

ANEXOS

ANEXO A

HOJA DE LLENADO DE DATOS DE EVALUACION SENSORIAL

EVALUACIÓN SENSORIAL DE CARAMELOS DUROS		
Nombre: Fecha: Califique del 1 al 3 de acuerdo a su preferencia la textura de los siguientes caramelos. Siendo 1 el menos pegajoso y 3 el más pegajoso. No se permiten empates.		
204	**513**	**193**

ANEXO B

TABLA DE DIFERENCIA DE SUMATORIA ORDINAL ABSOLUTA CRITICA DE COMPARAION AL NIVEL DE SIGNIFICANCIA DEL 1% (12)

	Numero de muestras									
Jueces	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	—	9	12	14	17	19	22	24	27	30
4	8	11	14	17	20	23	26	29	32	36
5	9	13	16	19	23	26	30	33	37	40
6	10	14	18	21	25	29	33	37	41	45
7	11	15	19	23	28	32	36	40	45	49
8	12	16	21	25	30	34	39	43	48	53
9	13	17	22	27	32	36	41	46	51	56
10	13	18	23	28	33	38	44	49	54	59
11	14	19	24	30	35	40	46	51	57	63
12	15	20	26	31	37	42	48	54	60	66
13	15	21	27	32	38	44	50	56	62	68
14	16	22	28	34	40	46	52	58	65	71
15	16	22	28	35	41	48	54	60	67	74
16	17	23	30	36	43	49	56	63	70	77
17	17	24	31	37	44	51	58	65	72	79
18	18	25	31	38	45	52	60	67	74	81
19	18	25	32	39	46	54	61	69	76	84
20	19	26	33	40	48	55	63	70	78	86
21	19	27	34	41	49	56	64	72	80	88
22	20	27	35	42	50	58	66	74	82	90
23	20	28	35	43	51	59	67	75	84	92
24	21	28	36	44	52	60	69	77	85	94
25	21	29	37	45	53	62	70	79	87	96
26	22	29	38	46	54	63	71	80	89	98
27	22	30	38	47	55	64	73	82	91	100
28	22	31	39	48	56	65	74	83	92	101
29	23	31	40	48	57	66	75	85	94	103
30	23	32	40	49	58	67	77	86	95	105
31	23	32	41	50	59	69	78	87	97	107
32	24	33	42	51	60	70	79	89	99	108
33	24	33	42	52	61	71	80	90	100	110
34	25	34	43	52	62	72	82	92	102	112
35	25	34	44	53	63	73	83	93	103	113
36	25	35	44	54	64	74	84	94	105	115
37	26	35	45	55	65	75	85	95	106	117
38	26	36	45	55	66	76	86	97	107	118
39	26	36	46	56	66	77	87	98	109	120
40	27	36	47	57	67	78	88	99	110	121
41	27	37	47	57	68	79	90	100	112	123
42	27	37	48	58	69	80	91	102	113	124
43	28	38	48	59	70	81	92	103	114	126
44	28	38	49	60	70	82	93	104	115	127
45	28	39	49	60	71	82	94	105	117	128