

Determinación de la Temperatura Vítreo de Transición en Caramelos Duros

Cedeño M., Cornejo F
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Campus Prosperita Km 30.5 Vía Perimetral, Guayaquil Ecuador
dcedeno@espol.edu.ec, fcornejo@espol.edu.ec

Resumen

La elaboración de caramelos duros constituye un proceso de producción sencillo pero delicado, en el cual se deben considerar distintos aspectos como: una correcta formulación, el tiempo de cocción aplicado, el empaque apropiado para evitar que el caramelo sufra cambios en su textura, etc. Las industrias de la confitería en caso de tener problemas con el producto final analizan posibles causas pero normalmente no consideran un importante aspecto como es el de la Temperatura Vítreo de Transición (Tg). La determinación de la Temperatura Vítreo de Transición sirve para mantener la vida útil de los productos y evitar problemas durante el almacenamiento; estos posibles problemas se ven reflejados en los caramelos duros con la presencia excesiva de pegajosidad.

En el trabajo se elaboraron distintas pruebas de caramelos duros variando la concertación de sacarosa, glucosa, agua y sometiendo las pruebas a diferentes temperaturas de cocción. Una vez realizadas las pruebas experimentales de caramelos se efectuaron análisis físico-químico donde de análisis pH, porcentaje de humedad y porcentaje de azúcares reductores. Adicionalmente los caramelos elaborados fueron sometidos a evaluaciones sensoriales por parte de panelistas no entrenado con el objetivo de establecer comparaciones entre como las variables tiempo y concentración afectan directamente a las características sensoriales del producto.

Finalmente mediante la ecuación de Gordon-Taylor se expreso el Tg teórico de la prueba de caramelo seleccionada como la más aceptable en donde se confirmo que los alimentos son más estables durante su almacenamiento si se encuentran debajo de su Temperatura Vítreo de Transición (Tg).

Palabras Claves: caramelos duros, temperatura vítreo de transición, pegajosidad, Ecuación de Gordon Taylor.

Abstract

Hard candy elaboration constitutes a simple but delicate process in which different aspects are to considered like: correct formulation, time of processing, appropriate packaging, all these to avoid changes in the texture of the candies. The confectionery industry, in case of having problems with the final product, normally analyzes possible causes but usually they do not consider an important aspect such as the glass transition temperature (Tg). The correct determination of the glass transition temperature helps to maintain the shelf life of food and to avoid problems during storage; these possible problems might be reflected in hard candies with presence of stickyness.

For this research paper, hard candy experiments were conducted changing the amount of sucrose, glucose and water, and also varying times of processing. Once the experiments were made, some tests took place like the determination of the pH, the humidity and of the presence of reducing sugars. In addition, the candies were evaluated by untrained panelists with the objective of establishing the difference caused by variables like time and concentration and how these variables directly affect the characteristics of the product.

Finally using the Gordon-Taylor equation the theoretical glass transition temperature of selected candy as the one with a better texture was determinate. At the end we conclude that food is more stable during their storage if they are underneath its glass transition temperature Tg).

1. Introducción

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 [2]: 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 [3]; 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 (T_g). 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 (T_g) 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 T_g ciertas propiedades se verán afectadas; la más importante será que la movilidad del agua se incrementara, su viscosidad bajara y por lo tanto el producto empezara a desarrollar una pegajosidad no característica del mismo [4].

2. Materiales y Métodos

2.1 Materia Prima

Azúcar

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

Tabla 1. Características Del Azúcar Empleado

ANÁLISIS	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 2. Características de la Glucosa Empleada

ANÁLISIS	RESULTADO
SO ₂	190 ppm
Dextrosa Equivalente	41.70%
Sólidos Brix	83.3 ° Brix
Color (densidad óptica)	0.8
Sustancia Seca	81%

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 145°C. Se estableció además distintas concentraciones distintas de azúcar, glucosa y agua. Los porcentajes utilizados se los detalla en la Tabla 3.

Tabla 3. Composición 1 de los Caramelos Elaborados

INGREDIENTES	COMPOSICION 1		
	135°C	145°C	150°C
AGUA	27%		
AZUCAR	54%		
GLUCOSA	19%		
TOTAL	100%		

Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño

Tabla 4. Composición 2 de los Caramelos Elaborados

INGREDIENTES	COMPOSICION 2		
	135°C	145°C	150°C
AGUA	40%		
AZUCAR	44%		
GLUCOSA	16%		
TOTAL	100%		

Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño

Tabla 5. Composición 3 de los Caramelos Elaborados

INGREDIENTES	COMPOSICION 3		
	135°C	145°C	150°C
AGUA	13%		
AZUCAR	64%		
GLUCOSA	23%		
TOTAL	100%		

Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño

2.2.1 Análisis Sensorial de Pruebas Experimentales

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 vítrea 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). Se seleccionó la prueba de preferencia como tipo de prueba a realizar. Las pruebas fueron realizadas a 30 panelistas no entrenados por cada evaluación.

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 C durante 4 horas. La pérdida de peso de la muestra determinará la humedad del producto. Los análisis para determinar la humedad se 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 % de glucosa presente en la muestra final del caramelo para luego poder mediante un balance de componentes establecer el % de sacarosa presente en el producto. Se determinan los azúcares 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 elaboro en base al resultado obtenido luego del análisis de la evaluación sensorial; en donde se determino 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 C.

2.2.4 Cálculo de Temperatura Vítreo de Transición

La determinacion 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 6. Pesos En Fracción 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

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

Tabla 7. Datos Constantes

Tg GLUCOSA	62 C
Tg SACAROSA	31 C
K	0.43

Fuente: Applying State Diagrams To Food Processing [5]

3. Resultados

3.1 Resultados Análisis Sensorial

El análisis de resultados de la evaluación sensorial realizada se baso 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 pasos para analizar e interpretar los resultados con este tipo de prueba realizada.

Tabla 8. Resultados de Evaluaciones Sensoriales

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

Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño

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

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

3.2 Resultados del Análisis Físico-Químico

Determinación de Humedad

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

Tabla 9. Resultado Humedades en Pruebas Experimentales

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

Determinación de pH

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

Tabla 10. 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

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 vítrea de transición.

Tabla 11. Resultados De Azúcares Reductores En Pruebas Experimentales

COMPOSICION	% GLUCOSA
1	12.98
2	9.09
3	14.41

Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño

3.3 Resultados de Isotermas de Adsorción

Luego de realizar la experimentación para obtener las isotermas de la muestra de caramelo mas aceptadas por los degustadores, se procedió a graficar la isoterma de dicho experimento, la cual se ve reflejada en el siguiente grafico.

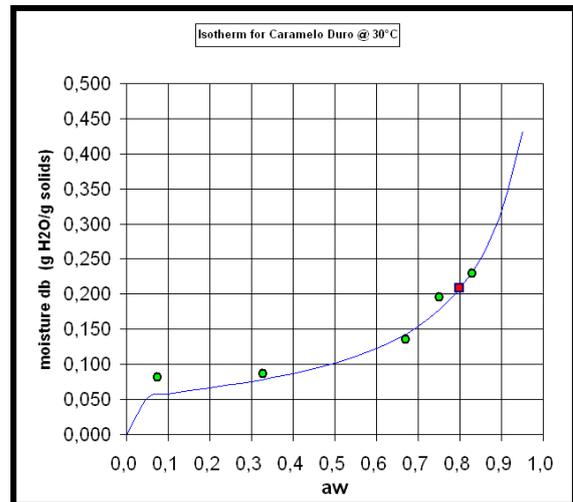


Figura 1. Isoterma de Adsorción en Caramelos Duros a 30°C

3.4 4 Resultados de Cálculos de Temperatura Vítrea de Transición

La fórmula empleada para el cálculo de la Temperatura Vítrea de Transición (Tg) fue la ecuación de Gordon-Taylor detallada anteriormente.

Para la determinación de la temperatura vítrea 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 12. Resultados De Temperatura Vítrea De Transición En Caramelos Duros

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

Fuente: Ma. de los Angeles Cedeño

La temperatura vítrea 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 °C hasta una concentración de 99.09 % para luego dejar enfriar el producto hasta 25 °C aproximadamente.

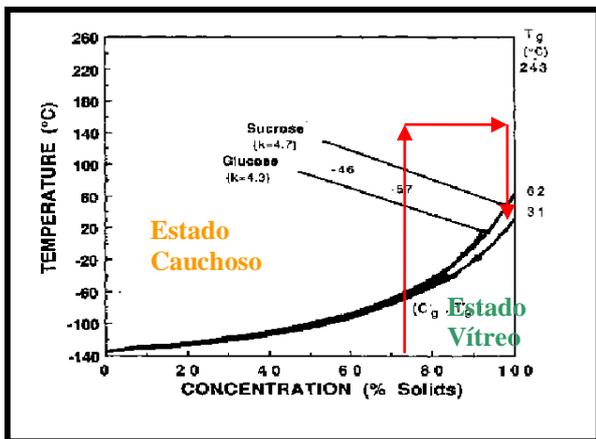


Figura 2. Temperatura Vítrea de Transición de Caramelos Duros Elaborado a 150 °C, Composición #1 [10]

Como se puede apreciar en el gráfico anterior con la prueba elaborada bajo la composición # 1 y llegando a una cocción de 150° C, el caramelo se encuentra justo en su temperatura vítrea 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 vítrea de transición del mismo caramelo.

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- El estudio y la determinación de la Temperatura Vítrea 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 °C 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 °C y con la siguiente composición: 27 % de agua, 54% de sacarosa y 19% de glucosa.
- Al realizar el análisis y determinación de la Temperatura Vítrea de Transición a la misma prueba preferida por los panelistas, 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.

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 Vítrea 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.

5. Bibliografía

1. DUXBURY DEAN, Phase Transition in food: Basic Science for Modern Scientist, Agosto 2004.
2. GROSO ANTONIO LUIS, Técnica de Elaboración Moderna de Confites, Buenos Aires Argentina, 1964, Págs. 48-59, 78-80.
3. LIM M.H, Changes in Physical States of Confectionery Products due to the Availability of Water, Otago, Nueva Zelanda, 2007.
4. ROOS YRJÖ, Characterization of Food Polymers Using State Diagrams, Departamento de Tecnología en Alimentos, Helsinki Finlandia, 1994. Págs. 347-356.
5. ROOS YRJÖ Y KAREL MARCUS, Applying State Diagrams to Food Processing and Development. Food Technology, 1991.