

Evaluación de los efectos en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y texturales de polidextrosa, fructosa y sorbitol como sustitutos de azúcar en la elaboración de arequipe*

Francia Elena Valencia García¹, Leonidas de Jesús Millán Cardona², Nathalia Ramirez Herrera³

Evaluation of the effects on the physical, chemical, sensorial and textural properties of polydextrose, fructose and sorbitol as sugar substitutes in the making of arequipe (a colombian dessert)

Avaliação dos efeitos nas propriedades físico-químicas, sensoriais e texturas de polidextrosa, frutose e sorbitol como substitutos de açúcar na elaboração de doce de leite

Resumen

Introducción. La preocupación frente al consumo excesivo de azúcar en la dieta, ha llevado a modificar productos tradicionales para disminuyan el contenido de sacarosa y a su vez, mantengan las características sensoriales y físico-químicas similares a las de sus homólogos elaborados con un contenido de sacarosa normal. **Objetivo.** El objetivo general del estudio fue evaluar los efectos de sustitutos de azúcar como polidextrosa, fructosa y sorbitol en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y texturales del arequipe. **Materiales y métodos.** Se realizaron cinco formulaciones, una formulación estándar y otras cuatro en las cuales se reemplazo el 50% de azúcar con polidextrosa, fructosa y sorbitol se combinaron a dos concentraciones (fructosa 3,9 y 4,7% y sorbitol 3,9 y 8,5%). Las variables respuestas para evaluar el efecto de los sustitutos fueron la evaluación físicoquímica, sensorial y textural. **Resultados.** Los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas en la prueba sensorial y de textura. La mayor aceptación la obtuvo el tratamiento 012 (fructosa 3,9%, sorbitol 8,5%) con el cual se logra reducir el 38% de calorías. **Conclusión.** Se obtuvo un producto que cumple con lo requerido por la Norma Técnica Colombiana NTC 3757 de 1996.

Palabras clave: Polidextrosa. Fructosa. Sorbitol. Propiedades fisicoquímicas. Propiedades sensoriales. Arequipe. Dulce de leche.

Abstract

Introduction. The concern on the excessive consumption of sugar in the diet has provoked a modification of traditional products to reduce their sucrose content and, at the same time, keep their sensorial and physical-chemical characteristics similar to those of other products made with normal sucrose content. **Objective.** To evaluate the effects of sugar substitutes such as polydextrose, fructose and sorbitol in the physical, chemical, sensorial and textural properties of arequipe. **Materials and methods.** Five formulations were made, one standard and, in the other four, 50% of the sugar was replaced with polydextrose, fructose and sorbitol. They were combined at two concentrations (fructose at 3,9 and 4,7% and sorbitol 3,9 and 8,5%). The response variables to evaluate the effect of sugar substitutes were physical, chemical, sensorial and textural evaluations. **Results.** The statistic analysis showed significant differences in the sensorial and textural proofs. The most accepted treatment was number 012 (fructose 3,9%, sorbitol 8,5%) which achieved a reduction of calories of 38%. **Conclusion.** A product that accomplishes the Colombian NTC 3757 technical norm was obtained.

Key words: Polidextrose. Fructose. Sorbitol. Physical Chemicals properties. Sensorial properties. Arequipe. Milk sweet.

* Investigación financiada con apoyo del Fondo para el Desarrollo de la Investigación de la Corporación Universitaria Lasallista. Línea de investigación: Productos Naturales. Semillero INNOVA, Grupo de Investigación GRIAL.

¹ Magíster en ciencias farmacéuticas. Profesora del programa de ingeniería de Alimentos e investigadora del grupo GRIAL de la Corporación Universitaria Lasallista, profesora de la Universidad de Antioquia/ ² Candidato a especialista en Ciencia y Tecnología en Alimentos. Ingeniero Industrial, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Facultad de Minas, profesor de la Universidad de Antioquia/ ³ Estudiante de Ingeniería de alimentos de la Corporación Universitaria lasallista.

Correspondencia: Francia Elena Valencia García. e-mail: francia.valencia@gmail.com

Fecha de recibo: 07/07/2008; fecha de aprobación: 22/09/2008

Resumo

Introdução. A preocupação frente ao consumo excessivo de açúcar na dieta, levou a modificar produtos tradicionais para diminuir o conteúdo de sacarose e a sua vez, mantenha as características sensoriais e físico-químicas similares às de seus homólogos elaborados com um conteúdo de sacarose normal. **Objetivo.** O objetivo geral do estudo foi avaliar os efeitos de substitutos de açúcar como polidextrosa, frutose e sorbitol nas propriedades físico-químicas, sensoriais e texturas do doce de leite. **Materiais e métodos.** Realizaram-se cinco formulações, uma formulação regular e outras quatro nas quais se substituiu o 50% de açúcar com polidextrosa, frutose e sorbitol se combinaram a duas

concentrações (frutose 3,9 e 4,7% e sorbitol 3,9 e 8,5%). As variáveis respondidas para avaliar o efeito dos substitutos foram a avaliação físico-química, sensorial e texturas. **Resultados.** As análises estatísticas mostraram diferenças significativas na prova sensorial e de textura. A maior aceitação a obteve o tratamento 012 (frutose 3,9%, sorbitol 8,5%) com o qual se consegue reduzir o 38% de calorías. **Conclusão.** Obteve-se um produto que cumpre com o requerido pela Norma Técnica Colombiana NTC 3757 de 1996.

Palavras chaves: Polidextrosa. Frutose. Sorbitol. Propriedades físico-químicas. Propriedades sensoriais, Doce de leite.

Introducción

El consumo de productos que no afecten la salud ha ido aumentando en nuestro medio¹. Para suplir estas necesidades de consumo se han desarrollado sustitutos de sacarosa, con características parecidas a ésta con un menor contenido calórico², y que si se emplean en una cantidad adecuada pueden permitir el desarrollo de productos con características sensoriales similares a los productos tradicionales^{1,2}.

El arequipe es un dulce tradicional de varios países de América Latina; se define como un producto de textura blanda y pegajosa, elaborado a partir del proceso de evaporación de leche con azúcar hasta lograr una concentración en el contenido de sólidos solubles de 70 °Bx. Este producto tiene un aporte calórico aproximado de 30 Kcal por porción (10 g). En Chile se conoce como manjar, manjar de leche o manjar blanco; en Colombia y Venezuela se le denomina arequipe; en Argentina, dulce de leche; en Brasil, doce de leite y en México y Centroamérica, cajeta (derivado de la caja de madera que se utilizaba para empacarlo)³.

Para encontrar un sustituto de sacarosa adecuado al desarrollar alimentos bajos en calorías, es preciso conocer la composición del alimento original y las características funcionales que cada componente aporta en el producto. Lo anterior, para desarrollar un producto modificado, lo menos alterado posible en su apariencia, sabor, manipulación y procesamiento que garantice una buena aceptación en el mercado. Finalmente,

como resultado de un análisis sensorial se determina cuáles son las materias primas de mejor aceptación^{4,5}.

La *sacarosa* es el principal edulcorante proveniente de la caña de azúcar y la remolacha, es el azúcar más abundante que se encuentra en los alimentos. Tiene un aporte calórico de 4 Kcal/g y aporta propiedades funcionales a los alimentos al tener efecto en las características sensoriales (sabor de las melazas), físicas (cristalización, viscosidad), microbianas (preservación, fermentación) y químicas (Maillard, caramelización, antioxidación), entre otras. En el arequipe, el azúcar participa aproximadamente en un 45% de la formulación, lo que hace que la sustitución de ésta afecte las propiedades sensoriales, físico-químicas y texturales^{6,7}.

Entre los sustitutos de azúcar se encuentran edulcorantes nutritivos, no nutritivos y polímeros como la polidextrosa que aportan algunas de las propiedades del azúcar; realmente no existe el sustituto ideal, por esta razón se ve la necesidad de utilizar mezclas y evaluar la más beneficiosa⁵. La fructosa (F) es el azúcar que está en forma natural en todas las frutas. Es un componente de la sacarosa, se comercializa como edulcorante de mesa y se encuentra en alimentos, bebidas y fármacos. Se fabrica mediante la isomerización de la dextrosa en el almidón de maíz. Aporta 4 Kcal/g y es 1,7 veces más dulce que la sacarosa; favorece las reacciones de Maillard y caramelización⁷. El sorbitol (S) se produce a partir de glucosa; se encuentra en forma natural en ciertas bayas y frutas. Aporta 2,6 Kcal/

g y es 0,8 veces más dulce que la sacarosa, no favorece las reacciones de Maillard⁸. La polidextrosa (P) es un polvo amorfo aporta 1 Kcal/g, da cuerpo, textura y favorece las reacciones de Maillard^{9,10}. Además, es considerada fibra soluble que tiene efectos benéficos en el metabolismo lipídico¹¹.

El objetivo del presente estudio fue evaluar los efectos de sustitutos de azúcar (polidextrosa, fructosa y sorbitol) en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y texturales del arequipe.

Materiales y Métodos

La investigación se llevó a cabo a nivel de laboratorio en la Corporación Universitaria Lasallista, ubicada en Caldas-Antioquia (Colombia). Las pruebas de análisis sensorial y las pruebas físico-químicas (humedad, pH, °Brix y acidez) se realizaron en el laboratorio de química a una temperatura promedio de $25 \pm 3^\circ\text{C}$ y humedad relativa del $64 \pm 4\%$. Las pruebas de textura instrumental, se desarrollaron en la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Materiales. Para elaborar el arequipe se utilizó leche descremada de una marca comercial. La polidextrosa, el sorbitol líquido 70% y la fructosa fueron adquiridos en negocios especializados en la distribución de materias primas para alimentos.

Métodos

Formulación estándar. Leche entera (2072 g), azúcar (343 g), se neutralizó con bicarbonato de sodio hasta alcanzar una acidez de 0,11% expresado como ácido láctico (AL), esta formulación corresponde a la muestra testigo. Se realizaron cuatro formulaciones en las cuales se reemplazó aproximadamente el 50% de azúcar con P. El otro 50% del azúcar se reemplazó con F y S, se combinaron a dos concentraciones (fructosa 3,9 y 4,7 partes y sorbitol 3,9 y 8,5 partes) basados en ensayos previos. Los tratamientos fueron codificados con los siguientes dígitos: 937 (F:3,9 y S:3,9); 715 (F:4,7 y S:3,9); 012 (F:3,9 y S:8,5), 621 (F:4,7 y S:8,5).

Forma de elaboración. Se realizaron dos premezclas, la primera con los ingredientes sólidos (polidextrosa, fructosa, excepto el bicarbonato) y la segunda con la leche neutralizada y el sorbitol, la mezcla se calentó en estufa de gas hasta 40°C adicionando la mitad de los sólidos. Luego, se sometió a evaporación durante 2 horas aproximadamente, después de las cuales se adicionó el resto de los ingredientes sólidos hasta alcanzar aproximadamente 58 °Brix. Posteriormente se bajó la temperatura a 60°C y se envasó el producto en potes plásticos previamente desinfectados. Estos fueron almacenados por varios días (menos de una semana) a temperatura ambiente hasta realizar los análisis de laboratorio.

Análisis fisicoquímicos. Se realizaron las siguientes determinaciones: potencial de hidrógeno (pH), mediante inmersión directa a través de un electrodo, utilizando el potenciómetro marca FISHER previamente calibrado con soluciones buffer 4 y 7. Humedad por el método gravimétrico 966.02 (AOAC, 1996), determinación de grados Brix con refractómetro y acidez por titulación, método 16.267 (AOAC, 2000). Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

Análisis sensorial. Se convocaron 30 consumidores. Se aplicó una escala hedónica de 5 puntos, siendo 5 la característica más óptima de la categoría, decreciendo los defectos hacia 1. Las categorías evaluadas fueron: olor, sabor, textura, color y aceptación general. Las muestras se presentaron a los consumidores en cucharas desechables marcadas con números de tres dígitos (antes mencionados). La muestra control 531 estaba marcada con la letra k, entre muestras cada consumidor debía comer galleta salada de marca comercial para limpiar su paladar.

Análisis instrumental. Se realizaron mediciones instrumentales mediante análisis de perfil de textura (TPA), usando un texturometro TA-XT2i (Stable Micro Systems), provisto con una celda de carga de 50 kg y una sonda esférica de 20 mm de diámetro. Las condiciones de operación fueron: velocidad de pre-ensayo 9 mm/s, velocidad de ensayo 10 mm/s, velocidad pos-ensayo 8 mm/s, compresión del producto 70% y tiempo entre compresión 0,8 seg. Se evaluaron los parámetros instrumentales para la textu-

ra (dureza, elasticidad, adhesividad, gomosidad, masticabilidad, cohesividad y untabilidad). Esta prueba se realizó a igual tiempo que la evaluación sensorial.

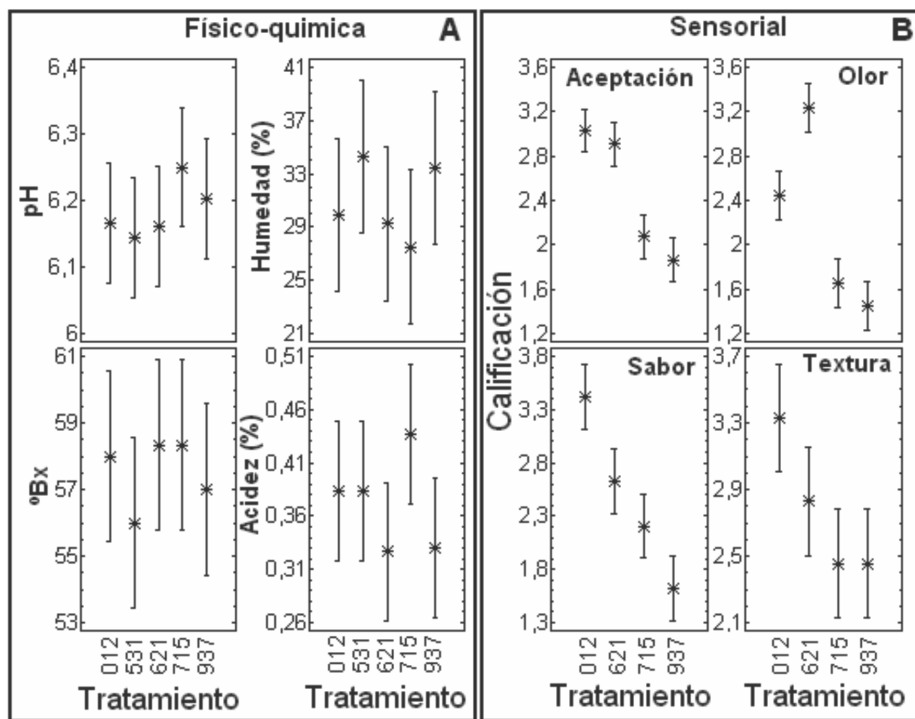
Para el estudio de los datos se empleó el programa SPSS 11,5 y los métodos utilizados fueron: análisis multivariado mediante análisis cluster por el método del vecino más cercano¹², para el análisis de textura instrumental y análisis de varianza (ANOVA) de dos factores con prueba de rangos múltiples de Duncan para el análisis sensorial. Para seleccionar la mejor combinación entre las variables en estudio (sorbitol y fructosa), se hizo uso de un modelo factorial 2²

^{13,14} para las pruebas sensoriales e instrumentales. Se utilizó un nivel de confianza del 95%, y un nivel de potencia para detectar diferencias significativas del 85% en el análisis de varianza.

Resultados

Pruebas físico-químicas y análisis sensorial.

El comportamiento de las variables físico-químicas pH, humedad, °Brix y acidez titulable y de los análisis sensoriales entre los 4 tratamientos evaluados y el testigo, se presenta en las gráficas 1A y 1B.



Gráfica 1A. Intervalos LSD de los resultados de los análisis físico-químicos vs tratamiento
Gráfica 1B. Intervalos LSD de los resultados del análisis sensorial vs tratamiento

Para las variables físicoquímicas el análisis de varianza no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$), esto indica que las concentraciones utilizadas de los sustitutos de sacarosa no producen cambios en estas variables. Contrario a lo anterior, el análisis de varianza para los resultados del análisis sensorial mostró diferencias

significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, para los atributos olor, sabor, textura y aceptación general del producto. Considerando las diferencias significativas para cada uno de los atributos involucrados, se aplicó la prueba de rangos múltiples de Duncan para determinar los tratamientos diferentes con relación a cada atributo.

to, donde se obtuvieron los valores medios de cada atributo sensorial (olor, sabor y textura y aceptación general) para cada producto evaluado (véase tabla 1). No se observa diferencia significativa entre los tratamientos (937 y 715), en

la aceptación general y los atributos olor y textura por encontrarse en un mismo grupo homogéneo "a".

El color no presentó diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 1. Comparaciones múltiples de Duncan de los atributos sensoriales

Tratamiento	Aceptación Calificación	Olor Calificación	Sabor Calificación	Textura Calificación
937	1,9 ^a	1,4 ^a	1,6 ^a	2,5 ^a
715	2,1 ^a	1,7 ^a	2,2 ^b	2,5 ^a
621	2,9 ^b	3,2 ^b	2,6 ^c	2,8 ^a
012	3,0 ^b	2,4 ^c	3,4 ^d	3,3 ^b

Letras diferentes por fila en cada atributo indican diferencias significativas ($p < 0.05$), según la prueba rangos múltiples de Duncan

El tratamiento 012 obtuvo la mejor calificación en los atributos sabor y textura (calificación más cercana al arequipe testigo con un valor de 5), siendo estadísticamente diferente a los demás tratamientos. En la aceptación general la calificación más alta la obtuvieron los tratamientos 621 y 012.

La calificación por los consumidores de la aceptabilidad general de los arequipes se muestra mediante el gráfico de superficie de respuesta (véase la figura 2).

El análisis de varianza presentó diferencia significativa en la calificación con las variaciones de sorbitol $p < 0.05$, más no con las variaciones de fructosa, lo que indica que el contenido de sorbitol tuvo mayor efecto en la aceptación del producto. La función polinómica para encontrar las combinaciones óptimas de fructosa y sorbitol se presentan en la ecuación 1.

$$Y = 1,207 + 0,008 * x$$

donde y = Calificación,
 x = Sorbitol (1)

Prueba instrumental

En el análisis de la prueba instrumental por cluster, se observan dos agrupaciones, la primera formada por los atributos (dureza, gomosidad, masticabilidad, elasticidad y cohesividad) y la segunda por adhesividad y untabilidad. La ubicación de estos atributos en dos grupos permite encontrar el perfil de textura del producto. Con base en lo anterior se definió como atributos característicos del producto adhesividad, cohesividad, dureza y gomosidad (véase figura 3).

Los cuatro atributos definidos se analizaron por medio de un modelo factorial 2^2 . El análisis de varianza para los atributos gomosidad, adhesividad y dureza, presentaron diferencia significativa ($p < 0,05$) entre las diferentes concentraciones de fructosa, más no para las diferentes concentraciones de sorbitol. El sorbitol

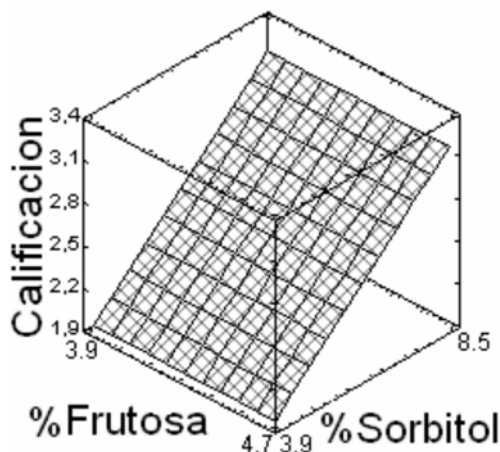


Figura 2. Superficie de respuesta (aceptación general)

solo presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) para el atributo cohesividad.

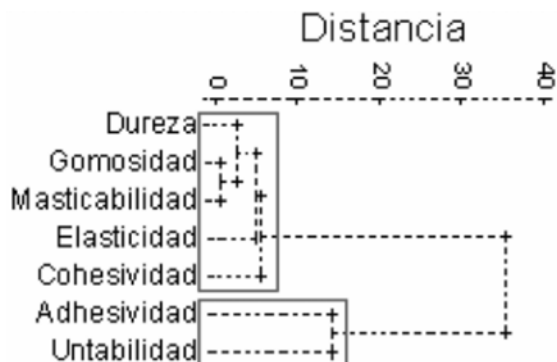


Figura 3. Dendrograma método del vecino más cercano (textura)

Los datos obtenidos para los tratamientos, tuvieron como base los resultados del TPA obtenidos del promedio de tres mediciones de la formulación de una arequipe tradicional, los cuales fueron: dureza 76,58 g, adhesividad -44,80 gramos x seg, cohesividad 1 adimensional y gomosisidad 76,35 adimensional. Estos valores se tomaron como óptimos para cada una de las superficies de respuestas evaluadas, para así encontrar la mejor combinación entre los niveles de sorbitol y fructosa en cada atributo.

Las funciones polinómicas para encontrar las combinaciones óptimas de fructosa y sorbitol para cada uno de los cuatro atributos se presentan en las ecuaciones 2, 3, 4 y 5.

$$Y = 99,324 - 0,411 * x$$

donde $y =$ gomosisidad, $x =$ fructosa (2)

$$Y = 0,810 + 0,0002 * x$$

donde $y =$ cohesividad, $x =$ sorbitol (3)

$$Y = -48,130 + 0,184 * x$$

donde $y =$ adhesividad, $x =$ fructosa (4)

$$Y = 118,146 - 0,489 * x$$

donde $y =$ dureza, $x =$ fructosa (5)

Se encontró para la gomosisidad, la adhesividad y la dureza un óptimo de 3,9% para fructosa y 3,9% de sorbitol, y cohesividad de 3,9% para fructosa y 8,5% sorbitol.

Las superficies de respuesta para cada uno de los atributos del análisis multivariado se presentan en la figura 4. Se observa que a medida que aumenta la concentración de fructosa disminuye la gomosisidad y la dureza, caso contrario sucede con la adhesividad y cohesividad. La concentración del sorbitol no presenta ningún efecto sobre estos atributos.

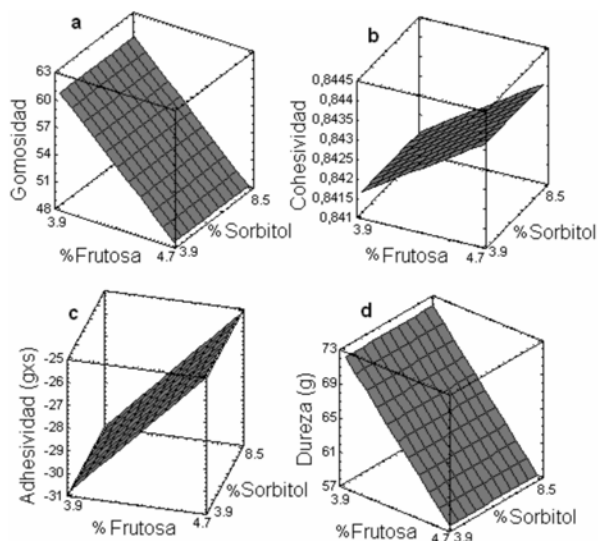


Figura 4. Superficie de respuesta (textura), prueba instrumental

Análisis de resultados

Los análisis fisicoquímicos pH, humedad, °Brix y acidez titulable no presentaron diferencias significativas al emplear las diferentes concentraciones de sustitutos de azúcar, lo que era de esperarse ya que se llevó a cabo un control adecuado en el proceso de elaboración (véase figura 1).

El análisis sensorial mostró que al aumentar la concentración de sorbitol de 3,9% a 8,5%, la aceptación general del producto aumenta (véase figura 2). Los tratamientos que presentaron la mejor aceptación fueron el 012 (F: 3,9 y S:

8,5) y el 621 (F:4,7 y S:8,5); en cuanto a los atributos individuales como sabor y textura el tratamiento que presenta la mejor calificación fue el 012 (F: 3,9 y S: 8,5) el cual fue elaborado con un menor contenido de fructosa. Los resultados anteriores se deben posiblemente a la viscosidad que aporta el sorbitol, muy parecida a las soluciones de azúcar con una menor dulzura, esto hace que el producto sea menos empalagoso que los elaborados con mayor contenido de fructosa que posee una mayor dulzura⁸.

Al analizar los cuatro atributos de textura seleccionados, se observó que el incremento en la concentración de fructosa disminuye significativamente la gomosidad, adhesividad y dureza del arequipe, características de calidad importantes para la aceptación del producto. Posiblemente, es debido a la capacidad de hidratación de la fructosa que es cuatro veces mayor que la glucosa y siete veces mayor que la sacarosa⁸.

La concentración de sorbitol, en cuanto a los atributos de textura, solo influye en la cohesividad posiblemente por el grupo funcional (-OH), que presentan estos compuestos que permite una mayor interacción con el agua⁸.

Al calcular el aporte calórico de los tratamientos elaborados se logró hacer una reducción calórica entre el 25 y el 40% de calorías comparado con el producto tradicional.

Conclusión

La mayor aceptación la obtuvo el tratamiento 012 (fructosa 3,9%, sorbitol 8,5%) con el cual se logra reducir el 38% de calorías, obteniéndose un producto que cumple con lo requerido por la Norma Técnica Colombiana NTC 3757 de 1996.

Las sustituciones empleadas no afectaron las propiedades fisicoquímicas como pH, humedad, °Brix y acidez titulable, a pesar de esto, los consumidores notan cambios sensoriales en los productos de ahí que, al desarrollar este tipo de productos, el análisis sensorial con consumidores habituales de los productos son los que dan la aceptación final de estos.

La metodología de superficie de respuesta es una herramienta estadística adecuada para la formulación de alimentos.

Referencias

1. FOX, Brian A. y CAMERON, Allan G. Ciencia de los alimentos, nutrición y salud. México : Editorial Limusa, 1996. 457 p.
2. RONDA, Felicidad et. al. Effects of Polyols and Nondigestible Oligosaccharides on the Quality of Sugar-Free Sponge Cakes. In: Food Chemistry. Vol. 90, No. 4 (may 2005); p. 549–555.
3. KEATING, Patrick Francis. Introducción a la lactología. 2 ed. México : Editorial Limusa, 1999. p. 267.
4. CHUNG, Myong-Soo et. al. Physical and Chemical Properties of Caramel Systems. In: Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie. Vol. 32, No. 3 (may 1999); p. 162-166.
5. VALENCIA, Francia E. Memorias. En: CURSO DE DESARROLLO DE ALIMENTOS LIGHT (2006 : 2006). Medellín : Universidad de Antioquia, 2006..
6. BRANDS, Carline M. J. and BOEKEL, Martinus A. J.S. Van. Reactions of monosaccharides during heating of sugar-casein Systms: Buiding of a reaction Networt Model. In: Journal Agriculture Food Chemistry. Vol. 49, No. 10 (aug 2001).
7. AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION. Position of the American Dietetic Association: Use of Nutritive and Nonnutritive Sweeteners. In: Journal of the American Dietetic Association. Vol. 104, No. 2 (feb 2004); p. 255-275.
8. MADRILLEY, C.; JIMÉNEZ, T. y RAVENTOS, M. Sustitutos de la sacarosa (I). edulcorantes de carga, polioles o azúcares alcohol. En: Alimentación Equipos y Tecnología. Vol. 19, No. 1 (2000); p. 91-97.
9. KOCER, Dilek et. al. Bubble and pore formation of the high-ratio cake formulation with polydextrose as a sugar- and fat-replacer. In: Journal of Food Engineering. Vol. 78, No. (feb 2007); p. 953–964.
10. RIBEIRO, C. et al. Estimation of Effective Diffusivities and Glass Transition Temperature of Polydextrose as a Function of Moisture Content. In: Carbohydrate Polymers. Vol. 51, No. 3 (feb 2003); p. 273-280.

11. PRONCZUK, A and HAYES, K. Hypocholesterolemic Effect of Dietary Polydextrose in Gerbils and Humans. In: Nutrition Research. Vol. 26, No. 1 (2006); p. 27– 31.
12. DÍAZ, LG. Estadística Multivariada. Inferencias y Métodos. Bogotá : Departamento de Matemáticas y Estadística - Universidad Nacional de Colombia, 2004.
13. KUELH, Robert. Diseño de experimentos: principios estadísticos para el análisis y diseño de investigaciones. 2 ed. México : Thompson Editores, 2001. 666 p.
14. MONTGOMERY, Douglas. Diseño y análisis de experimentos. s.f. : Grupo editorial Iberoamérica, 2002. 915 p.