

Desarrollo de una formulación de cajeta deslactosada con bajo contenido en grasa y azúcar

N. I Blancas-López¹, C. Ozuna-López², B. C. Garnica-Rodríguez¹, L. Pérez-Becerra³ y *E. Mares-Mares^{1,2}

¹Instituto Tecnológico Superior de Guanajuato, Coordinación de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Carretera Guanajuato – Puentecillas km 10.5. Puentecillas. CP 36262, Guanajuato, Gto. México. ²Departamento de Alimentos, ³Departamento de Agronomía. División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato. Carr. Irapuato-Silao Km 9. Ex Hacienda el Copal. Irapuato, Gto. CP. 36000.

emares@itesg.edu.mx

RESUMEN: De acuerdo a la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición del 2016, la intolerancia a la lactosa es padecida por 8 de cada 10 mexicanos de manera parcial o total. Los productos alimentarios ofertados al público que presentan cuadros de intolerancia a la lactosa son limitados, insípidos y de alto costo. El objetivo del presente trabajo fue desarrollar una fórmula de cajeta a partir de leche de cabra deslactosada y con bajo contenido de grasa y azúcar. Se utilizó leche de cabra, la cual se descremo y se sometió a tratamiento enzimático para hidrolizar la lactosa. Posteriormente, con el producto obtenido se desarrolló la cajeta, utilizando un diseño de formulación de superficie de respuesta del tipo central compuesto. Se emplearon como ingredientes, la miel de agave, concentrado de cajeta y colorante. Cada fórmula se evaluó sensorialmente con jueces no entrenados, y finalmente las calificaciones de aceptabilidad se analizaron en el programa MiniTab-17. Como resultado, se obtuvo un modelo cuadrático ($R^2= 0.963$ y $p<0.05$) que permitió determinar los porcentajes de los ingredientes que maximizan la aceptabilidad sensorial, mediante la herramienta de optimización. En conclusión, la herramienta de modelación matemática permitió obtener un producto similar a los convencionales que son ricos en azúcar y grasa.

Palabras clave: cajeta, deslactosada, formulación.

ABSTRACT: Lactose intolerance is suffered by 8 out of 10 Mexicans partially or totally, according to the 2016 National Health and Nutrition Survey results. Dairy products aimed at diabetics that present lactose intolerance are limited, tasteless and high cost. The objective of the present work was to develop a cajeta formula made from goat milk that is lactose-free, low in fat and sugar. Goat milk was skimmed by centrifugation and the lactose hydrolysis was achieved by an enzymatic treatment. For the cajeta's formulation, a response surface design type was used. The ingredients used to make the product were: agave honey, cajeta concentrate and coloring. Each formula was sensory evaluated with untrained judges, and finally the acceptability ratings will be analyzed in the MiniTab-17 program. As a result, a quadratic model ($R^2 = 0.963$ and $p < 0.05$) was obtained to determine the percentages of the ingredients that maximize sensory acceptability, through the optimization tool. In conclusion, the mathematical model used for the development of this dairy product allowed to obtain a similar acceptance compared to conventional ones that not are directed to this sector of the population and that are rich in sugar and fat.

Keywords: Cajeta, lactose free, formulation

Area: Desarrollo de nuevos productos

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades no transmisibles, como la diabetes, la hipertensión y aquellas que atacan al cerebro, al corazón y al estado nutricional son ya la primera causa de muerte entre los adultos y poco a poco, a causa del crecimiento en las cifras de obesidad infantil, están atacando a los niños (ENSANUT, 2016). Frente a ello, parte de la industria, así como científicos innovadores están en busca de modificar los alimentos por una alternativa más saludable, incluso en los dulces, cuyo ingrediente principal suele ser el azúcar (Walstra *et al.*, 2014).

La llamada confitería funcional es una respuesta de la ciencia, específicamente, la tecnología en alimentos ante una sociedad cada vez más consciente de su salud, que está al pendiente de los carbohidratos, grasas y proteínas que incluye su comida (Withney y Rolfes, 2016). Por ello, ya sea al cambiar el azúcar por un edulcorante no calórico o incluir nutrientes como vitaminas, minerales o fibra, los productores están modificando las golosinas por unas más saludables (Fennema, 2018). A pesar del alto consumo de los lácteos, un sector de la población presenta síntomas digestivos indeseables, posteriores al consumo de lactosa, azúcar principal presente en este grupo de alimentos. Esta patología, es conocida como intolerancia a la lactosa, la cual afecta entre el 70 al 80% de la población mundial (Dainese *et al.*, 2014).

Entre las alternativas que existen industrialmente para evitar los efectos padecidos en la población intolerante a la lactosa se encuentran, por un lado, desde el sector de alimentos, la eliminación parcial o total de la lactosa, en algunos derivados lácteos, como productos fermentados y los producidos mediante desuerado (quesos y mantequilla, por ejemplo), en los que la extracción de la lactosa se obtiene como una característica natural del proceso de elaboración del producto (Domínguez-Jiménez y Fernández-Suárez, 2014).

Con el fin de superar el rechazo de los consumidores por los productos libres de lactosa y azúcar, y ofertar nuevas alternativas con similitudes a los alimentos convencionales, es necesario que la industria de alimentos desarrolle nuevas alternativas tecnológicas e incorpore nuevos ingredientes que permitan disminuir o eliminar las molestias producidas por dichos padecimientos (Casp y April, 2013). El objetivo de la presente investigación fue desarrollar una formulación de cajeta deslactosada con bajo contenido de azúcar y grasa a partir de modelamiento matemático empleando el diseño de superficie de respuesta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico. Se adquirió leche fresca de cabra (Raza Sannen) en la comunidad de Puente de las Cuevas, Guanajuato.

Pruebas de plataforma de la leche de cabra entera: Se realizaron las pruebas de Acidez, pH, características sensoriales, prueba de adulterantes (Alais, 1989) y NOM-185-SSA1-2002.

Descremado. Se procedió a la reducción de la grasa butírica a través de una descremadora eléctrica modelo SCM-80 para la leche de cabra a 30°C (ASELAC, 2014).

Hidrolisis enzimática y cuantificación de lactosa. Se utilizó Lactasa (PharmaLife ®) con 10000 Unidades acidas a una concentración de 30, 60 y 120 U/mL, y tiempos de incubación a 5°C durante 0, 1, 3, 6, y 12 horas. Posteriormente, se cuantificó el contenido de lactosa remanente de acuerdo al método de Felhing descrito en la NMX-F-219-192 para determinar el grado de hidrólisis de la lactosa.

Tabla I. Corrida de fórmulas del diseño de superficie de respuesta (Centroide para la formulación de cajeta).

Orden Corrida	Concentrado %	Colorante %	Miel %
1	0.400	0.070	12.000
2	0.250	0.087	9.000
3	0.400	0.020	12.000
4	0.250	0.045	3.955
5	0.100	0.070	12.000
6	0.400	0.020	6.000
7	0.100	0.020	6.000
8	0.250	0.045	9.000
9	0.000	0.045	9.000
10	0.250	0.003	9.000
11	0.502	0.045	9.000
12	0.400	0.070	6.000
13	0.250	0.045	9.000
14	0.100	0.070	6.000
15	0.250	0.045	9.000
16	0.100	0.020	12.000
17	0.250	0.045	9.000
18	0.250	0.045	9.000
19	0.250	0.045	14.045
20	0.250	0.045	9.000

Formulación matemática. A partir de las condiciones obtenidas de hidrólisis de la lactosa, con el producto obtenido se establecieron diferentes fórmulas para la elaboración de cajeta. Para lo anterior, se utilizó un diseño de superficie de respuesta central compuesto [10], donde las variables consideradas fueron: Miel de agave (6 al 14%), Concentrado de cajeta “Sabor y aroma” (0.1 a 0.4%), Colorante caramelo (0.02 a 0.08%). Estas condiciones (variables y rangos) se introdujeron en el programa Minitab 17 y se obtuvo la corrida de combinaciones de las fórmulas (Tabla I). El diseño involucra formulas fuera de los límites establecidos para efectos de ajuste de los datos a un modelo predictivo. La variable de respuesta al modelo de superficie de respuesta fue la aceptabilidad sensorial.

Cada formula fue evaluada por 30 jueces no entrenados (con intolerancia parcial o total a lactosa) utilizando una escala hedónica de 9 puntos, donde la calificación máxima es 9 y corresponde a un “me gusta muchísimo” y la calificación mínima es de 1 y corresponde a “me disgusta muchísimo” (Scheffé, 2015). Los resultados de la mejor formulación se determinaron de acuerdo al mejor modelo de ajuste ($>R^2$) y con el empleo de la herramienta de optimización de la variable de respuesta, cuyo límite de maximización fue de 9 (Me gusta muchísimo).

Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza del modelo de regresión ajustado con el programa de MiniTab 17 con un nivel de confianza del 95%. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de lactosa en la leche de cabra entera fue del 7.79%, valor que se encuentra por arriba del establecido en la literatura para leche de cabra de 5.8% (Harper, 2012). Sin embargo, el contenido de lactosa, así como de proteína, suele variar de acuerdo a la alimentación del animal, edad, tiempo de ordeño y raza (Hart, 2016). En la Tabla 3, se especifican los valores porcentuales de lactosa cuantificada por el método descrito en la NMX-F-219-192. Tomando como valor inicial el 100% de lactosa (correspondiente a 8.6936% de lactosa en leche de cabra descremada. El contenido de lactosa aumento por efecto de la concentración de solidos no grasos) se puede observar su hidrólisis hasta las 12 horas para cada una de las concentraciones de lactasa. La concentración de 120U/mL reduce el contenido de lactosa a un 55% aproximadamente. Estos valores se graficaron para obtener un modelo predictivo utilizando regresión lineal simple, debido a que el comportamiento de hidrólisis tiene un orden de reacción igual a 0 (previamente determinando de acuerdo con lo descrito por Arrhenius (Hough *et al.*, 2016)).

En la Figura 1, se muestra la cinética de hidrólisis de la lactosa en la leche de cabra a diferentes tiempos (horas). De acuerdo al coeficiente de regresión (R^2) para cada una de las concentraciones de lactasa, la cinética de 120U/mL se utilizó como modelo predictivo para estimar el tiempo de incubación debido a su ajuste ($R^2 = 0.9817$).

Tabla II. Contenido de lactosa en leche de cabra descremada

	Tiempo de incubación (Horas)				
	0	1	3	6	12
120 U/mL	100.000	99.655	96.891	68.285	55.828
60 U/mL	100.000	71.206	70.525	64.786	58.561
30 U/mL	100.000	81.420	80.740	74.417	64.786

Promedio de 3 repeticiones.

Considerando un nivel residual de lactosa del 5 al 15% en la leche “deslactosada” de acuerdo a Alais (1989) y la ecuación obtenida en el presente estudio ($y = -4,0872x + 102,12$), se requiere un tiempo de incubación de 21.31 horas a una concentración de 120U/mL de leche de cabra descremada.

Con las condiciones anteriormente descritas se obtuvo la leche descremada y deslactosada. Para la formulación de la cajeta, el modelo de ajuste del diseño de superficie de respuesta de las 20 formulas fue del tipo cuadrático, el cual presento un coeficiente de regresión (R^2) de 0.963 y de acuerdo al análisis de varianza mostro significancia con un Valor-p de 0.002 ($p < 0.05$). Las variables del concentrado, colorante y miel de agave mostraron significancia de 0.0023, 0.0324 y 0.000 respectivamente. El modelo predictivo (ecuación) fue el siguiente:

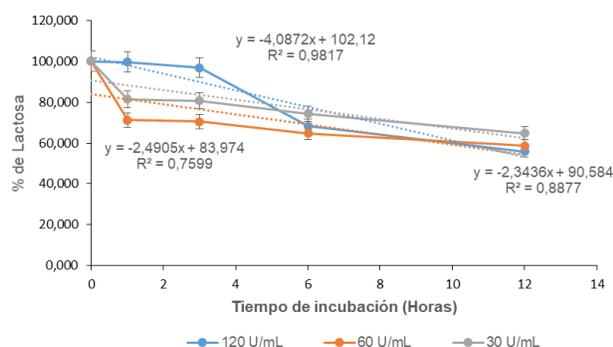


Figura 1. Cinética de hidrólisis de lactosa de leche de cabra descremada

$$\begin{aligned} \text{Aceptabilidad Sensorial} = & -2.55 + 4.45 \text{ Concentrado} + 101.9 \text{ Colorante} + 1.334 \text{ Miel} - \\ & 5.01 \text{ Concentrado} * \text{Concentrado} - 95 \text{ Colorante} * \text{Colorante} - 0.0380 \text{ Miel} * \text{Miel} - \\ & 84.3 \text{ Concentrado} * \text{Colorante} + 0.075 \text{ Concentrado} * \text{Miel} - 7.22 \text{ Colorante} * \text{Miel} \end{aligned}$$

En la Figura 2. Se muestra la gráfica tridimensional de superficie de respuesta para el modelo cuadrático para la variable de aceptabilidad con respecto al porcentaje de miel y concentrado. En ella se muestran las tendencias de las variables (Concentrado y miel) que maximizan la aceptabilidad sensorial.

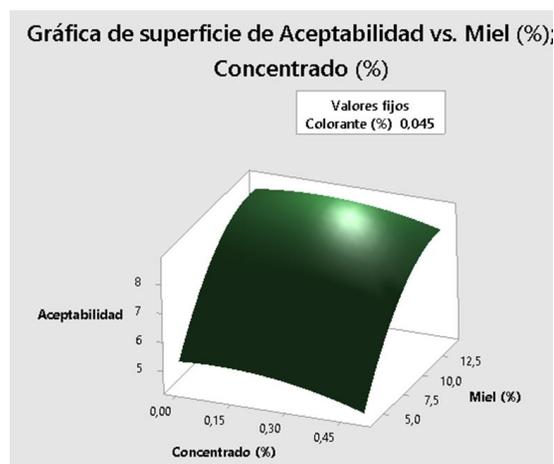


Figura 2. Grafica de superficie de aceptabilidad sensorial para las variables del concentrado y miel de agave.

Para determinar los porcentajes de los ingredientes maximizan la evaluación sensorial a partir de la ecuación o modelo obtenido, se aplicaron los fundamentos del cálculo diferencial, el cual establece que dicho valor máximo se encuentra en el punto en el cual simultáneamente la derivada parcial de la evaluación sensorial respecto a la concentración del colorante, miel de agave y el concentrado de cajeta son igual a cero.

Maximizando la variable de respuesta con un valor estimado de 9 (Me gusta muchísimo) se determinaron las concentraciones del Concentrado (sabor y aroma) de 0.502269%, color caramelo de 0.00295% y de miel de agave de 14.0454%. Con estas proporciones se realizó la cajeta deslactosada y se obtuvo una calificación sensorial real de 8.78.

CONCLUSIONES

Se desarrolló una formulación de cajeta a partir de un modelo estadístico predictivo y aplicando fundamentos de cálculo diferencial, el cual, a partir de evaluaciones sensoriales se pudo determinar las concentraciones óptimas para potencializar su aceptación con una efectividad predictiva de aceptación del 97.6%. El presente trabajo de investigación se encuentra en desarrollo para dar estabilidad fisicoquímica en su vida de anaquel, ya que, por el momento, el producto no presenta conservadores ni emulsificantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Alais, C. (1989). Ciencia de la Leche. Principios de técnicas lecheras. Compañía editorial continental, S.A. México, D.F. p.p. 406
- ASELAC (2014). Notas del curso de capacitación de Asesoría Láctea S.A de C.V. Taller de extendidos. Texcoco Edo. De México.
- Casp, A. y April, J. (2013). Procesos de Conservación de Alimentos. Madrid: Ediciones Mundi Prensa.
- Dainese R., Casellas F., Mariné-Barjoan E., (2014). Perception of lactose intolerance in irritable bowel syndrome patients. *Eur J Gastroenterol Hepatol*; 26: 1167-1175
- Domínguez-Jiménez J. L., Fernández-Suárez A. (2014). Can we shorten the lactose tolerance test?. *Eur J Clin Nutr*; 68: 106-8
- Encuesta Nacional de Salud Pública 2016. Disponible en http://ensanut.insp.mx/doctos/ENSANUT2016_PresentacionOficialCorta_09Nov2016.pdf
- Fennema O. (2018). Química de los Alimentos. Zaragoza, España. 6 ed. pp. 1025 – 1051.
- Harper, W.J. (2012). Dairy Technology and Engineering. Company Lac Westport, Connecticut, USA. Pp. 29-30.
- Hart, F.L. (2016). Análisis moderno de los alimentos. Capítulo VI. Productos Lácteos. Verlag, NW York, INC. USA. P.p. 137-144.
- Hough G, Puglieso ML, Sanchez R, Mendez da Silva O. (2016). Survival analysis applied to sensory shelf life of foods, *J. Food Sci.* 68 (2016), p. 359.
- Scheffé, H. (2015). Experiment with mixtures. *J. Royal Statistical Soc. Series B*, 20:344.
- Walstra P., Geurts T. J. Noomen A. (2014) Dairy Technology. Principles of Milk Properties and processes. Marcel Dekker, New York, NY; 189–209.
- Withney, E. and Rolfes S. R., (2016). Understating nutrition, 11th edn. Thomas Wadsworth, Belmont.