



Efecto de las mezclas goma xantana, almidón modificado y carragenina sobre la viscosidad aparente y aceptabilidad general de leche pasteurizada saborizada con cocoa alcalina

Effect of mixtures of xanthan gum, modified starch and carrageenan on the apparent viscosity and general acceptability of milk pasteurized flavored whit alkaline cocoa

Elena Urraca^{1,*}; Carolina Angulo²; Jesús Obregón³

¹ Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad Privada Antenor Orrego, Av. América Sur 3145, Trujillo, Perú.

² Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Privada Antenor Orrego, Av. América Sur 3145, Trujillo, Perú.

³ Data Engineering Perú, Mz "M" Lote 12-A Urbanización San Andrés V-Etapa, Víctor Larco Herrera, Trujillo, Trujillo 13009, Perú.

ORCID de los autores

E. Urraca: <https://orcid.org/0000-0002-5368-3840>

C. Angulo: <https://orcid.org/0000-0002-0100-6207>

J. Obregón: <https://orcid.org/0000-0002-0664-1568>

RESUMEN

En esta investigación se evaluó el efecto de las mezclas de goma xantana, almidón modificado y carragenina (0% – 0,5%) sobre la viscosidad aparente y aceptabilidad general de leche pasteurizada saborizada con cocoa alcalina. Se aplicó un diseño de mezclas simplex centroide ampliado, con la finalidad de obtener el modelo matemático adecuado para representar el comportamiento de las variables en estudio y establecer la combinación óptima predicha de los factores que permita optimizar las respuestas. Existió efecto significativo ($p < 0,05$) de la mezcla de goma xantana, almidón modificado y carragenina sobre la viscosidad aparente y aceptabilidad general, siendo el modelo matemático cúbico especial el que permitió representar el comportamiento de ambas variables respuesta. La mezcla óptima predicha de goma xantana (0,042%), almidón modificado (0,034%) y carragenina (0,424%) permitió optimizar las variables respuesta: viscosidad aparente (217,76 mPa.s) y aceptabilidad general (7,04; valor aproximado a 7 = calificación de "Me agrada moderadamente") en leche pasteurizada saborizada con cocoa alcalina. El resultado de esta investigación brinda información relevante para el ingeniero de alimentos en el diseño y desarrollo de productos alimenticios.

Palabras clave: leche pasteurizada saborizada; goma xantana; almidón modificado; carragenina; diseño de mezclas; viscosidad aparente; aceptabilidad general.

ABSTRACT

In this investigation, the effect of mixtures of xanthan gum, modified starch and carrageenan (0% - 0.5%) on the apparent viscosity and general acceptability of milk pasteurized flavored whit alkaline cocoa was evaluated. An extended centroid simplex mixture design was applied, in order to obtain the appropriate mathematical model to represent the behavior of the variables under study and establish the optimal predicted combination of factors that allows optimizing the responses. There was a significant effect ($p < 0.05$) of the mixture of xanthan gum, modified starch and carrageenan on the apparent viscosity and general acceptability, being the special cubic mathematical model the one that allowed to represent the behavior of both response variables. The predicted optimal mixture of xanthan gum (0.042%), modified starch (0.034%) and carrageenan (0.424%) allowed optimization of the response variables: apparent viscosity (217.76 mPa.s) and general acceptability (7.04, approximate value of 7 = qualification from "I like it moderately") in milk pasteurized flavored whit alkaline cocoa. The result of this research provides relevant information for the food engineer in the design and development of food products.

Keywords: flavored pasteurized milk; xanthan gum; modified starch; carrageenan; mix design; apparent viscosity; general acceptability.

1. Introducción

La leche y sus derivados lácteos son importantes en la dieta alimenticia de las personas debido a su aporte nutricional (calcio, hierro y zinc), el consumo anual per cápita de leche fluida en el Perú fue de 81,0 kg en 2020. A pesar de que los niveles de consumo de leche en el Perú pueden diferir de los niveles observados en otros países, sin duda su consumo y gasto dentro de la canasta de consumo de los hogares peruanos es importante representando cerca del 6% dentro del gasto en alimentos siendo superado solamente por la carne de pollo, frutas y arroz (INDECOPI, 2021).

Es posible encontrar un buen número de derivados lácteos y alimentos que mejoran el funcionamiento intestinal y la absorción de nutrientes, todo ello gracias a la facilidad con la que se puede usar la leche, ya que no reacciona con la infinidad de hidrocoloides que se le puede agregar (Sánchez-Ortega et al., 2017).

Según la Norma Técnica Peruana 202.189 para leche y productos lácteos (INDECOPI, 2004), indica que la leche saborizada es el producto elaborado a partir de una mezcla de leche fluida, azúcar, cocoa, frutas y/o aditivos alimentarios permitidos por el Codex Alimentarius en su versión vigente; además, de algunos hidrocoloides que dan consistencia y previenen la sedimentación de las partículas. Estos agentes estabilizadores según la Norma Técnica Colombiana (NTC-1419, 2004) pueden ser añadidos en concentraciones no superiores al 0,5%, con la finalidad de incrementar la viscosidad, en la mayoría de los casos después del tratamiento térmico de la leche (Godoi et al., 2021). El aumento de la viscosidad impide la sedimentación y por lo tanto mantiene en suspensión las partículas, también impide o retrasa, la aparición de la textura granulosa, que es originada como consecuencia de las fluctuaciones de temperatura ejerciendo un efecto positivo sobre la textura, e imparten viscosidad que contribuye con la sensación de cremosidad, incrementando la resistencia a la fusión y evitando la sinéresis (Ospina et al., 2012).

Vera et al. (2019) expresan que la goma xantana es un polisacárido de alto peso molecular que se obtiene por la fermentación de carbohidratos por la bacteria *Xanthomonas campestris*. Es completamente soluble en agua caliente o fría, se hidrata rápidamente una vez dispersa y facilita la retención de agua produciendo soluciones altamente viscosas a baja concentración. Además, sus soluciones tienen viscosidades

uniformes en rangos de temperatura desde la congelación a cerca del punto de ebullición, con una estabilidad térmica excelente.

El almidón constituye una excelente materia prima para modificar la textura y consistencia de los alimentos. Su funcionalidad depende del peso molecular promedio de la amilosa y la amilopectina, así como, de la organización molecular de estos glucanos dentro del gránulo. Sin embargo, la estructura nativa del almidón puede ser menos eficiente debido a que las condiciones del proceso (temperatura, pH y presión) reducen su uso en otras aplicaciones industriales, debido a la baja resistencia a esfuerzos de corte, descomposición térmica, alto nivel de retrogradación y sinéresis. Las limitaciones anteriores se pueden superar modificando la estructura nativa por métodos químicos, físicos y enzimáticos, dando como resultado un almidón modificado. Estos almidones generalmente muestran mejor claridad de pasta y estabilidad, menor tendencia a la retrogradación y aumento en la estabilidad al congelamiento y descongelamiento (Vargas et al., 2016).

La interacción entre la carragenina y la caseína ha sido ampliamente investigada. La caseína es la única proteína de la leche que interacciona con la carragenina y es ampliamente utilizada en la industria de derivados lácteos. La concentración utilizada habitualmente oscila entre 0,1 y 0,5% (Mori & Núñez, 2016).

Para la selección de hidrocoloides en bebidas lácteas es necesario considerarse la interacción reológica de los componentes. Estas características deben previamente ser estimadas, sin embargo, no es fácil determinar el comportamiento reológico debido a la complejidad del alimento, medición instrumental y comportamiento durante el periodo de almacenamiento (Ospina et al., 2012).

Los hidrocoloides se utilizan en la formulación de alimentos como espesantes y gelificantes debido a su capacidad para alterar las propiedades reológicas del disolvente en el que se disuelven. Por lo tanto, las combinaciones de almidón e hidrocoloides se han utilizado en alimentos procesados no solo para mejorar la textura y su tolerancia cuando se exponen al calor, cizallamiento y condiciones de procesamiento ácidas, sino también para brindar estabilidad en almacenamiento en frío y congelación-descongelación tales como salsas blancas, envolturas de dumplings de camarones chinos y para controlar la movilidad del agua durante el procesamiento (Shaari et al., 2017).

El objetivo planteado en esta investigación experimental fue determinar la mezcla óptima predicha de goma xantana, almidón modificado y carragenina, para optimizar las variables respuesta: viscosidad aparente y aceptabilidad general en leche pasteurizada saborizada con cocoa alcalina.

2. Material y métodos

Materiales

En la elaboración de leche pasteurizada saborizada con cocoa alcalina, se utilizó como materia prima leche fresca con densidad de 1033 g/mL, pH de 6,7, sólidos totales de 12,06%, grasa de 3,70% y acidez de 16 °D; entre los insumos se utilizó cocoa alcalina en polvo, goma xantana, almidón modificado de maíz (modificación química), carragenina y azúcar blanca refinada.

Elaboración de leche pasteurizada saborizada con cocoa alcalina

Se ingresó la leche cruda a 4 °C y se determinó la densidad, acidez y pH. Se realizó un filtrado con tela organza para separar partículas sólidas extrañas. Se calentó la leche hasta 45 °C; luego, se agregó a todas las muestras cocoa alcalina al 1%, azúcar blanca al 10%; y goma xantana, almidón modificado y carragenina (Tabla 1) según cada tratamiento mediante el diseño de mezclas simplex centroide ampliado, teniendo como máximo un 0,5% de estos hidrocoloides (combinaciones primarias, secundarias y terciarias). Seguidamente se mezcló hasta homogenizar el producto y se pasteurizó a 65 °C durante 30 min. Se envasó en botellas de vidrio pasteurizable de 1 L, a 62 °C, se tapó inmediatamente con tapas plásticas de polietileno, adecuadas para la manipulación de alimentos,

seguidamente se bajó rápidamente la temperatura hasta los 20 °C, sumergiendo las botellas en agua fría. Las botellas con leche saborizada se refrigeraron a 6 °C, hasta su posterior análisis.

Análisis de viscosidad aparente

Se utilizó el viscosímetro de Brookfield con el husillo o spindle N° 1, a una velocidad de 100 rpm y un volumen de muestra de 12 mL a 20 ± 1 °C. La medida de viscosidad se reportó en mPa.s (Ospina et al., 2012).

Aceptabilidad general

Se usó una prueba de escala hedónica para determinar la muestra de leche saborizada pasteurizada con cocoa alcalina con mayor grado de aceptación general. Las muestras a evaluar fueron sometidas a un panel sensorial conformado por 60 jueces no entrenados con rango etario de 19 a 42 años, habituales consumidores de leche pasteurizada y otros productos lácteos, evaluándose la aceptabilidad general (Sánchez-Ortega et al., 2017). Las muestras fueron colocadas en vasos de plástico de 3 oz debidamente codificados (fueron servidos a temperatura de 20 °C); a los jueces se les entregó una tarjeta de evaluación. Cada juez asignó la calificación correspondiente de acuerdo con el grado de satisfacción, siendo el valor de más alto puntaje el de “me agrada muchísimo” (9 puntos) y el de menor puntaje el de “me desagrada muchísimo” (1 punto), con un valor intermedio de “ni me agrada ni me desagrada” (5 puntos) (Anzaldúa-Morales, 2005).

Análisis estadístico

Se aplicó a los resultados un análisis de varianza para determinar qué modelo (lineal, cuadrático o cúbico especial) fue significativo ($p < 0,05$).

Tabla 1

Combinaciones de hidrocoloides en el diseño de mezclas para la elaboración de leche pasteurizada saborizada con cocoa alcalina

Tratamientos	Goma xantana (%)	Almidón modificado (%)	Carragenina (%)
1	0,50	0,00	0,00
2	0,25	0,00	0,25
3	0,25	0,25	0,00
4	0,00	0,00	0,50
5	0,00	0,50	0,00
6	0,17	0,17	0,17
7	0,08	0,08	0,33
8	0,08	0,33	0,08
9	0,00	0,25	0,25
10	0,33	0,08	0,08

Además, se determinó el coeficiente de determinación R^2 , este debió ser igual o superior 0,70; para validar el modelo matemático que representó el comportamiento del fenómeno en estudio (Gutiérrez & de la Vara, 2008). Para encontrar la combinación óptima de combinaciones goma xantana, almidón modificado y carragenina que brindó los mejores resultados de viscosidad aparente y de aceptación general, se realizó una superposición de gráficos de contornos y se halló la zona óptima de operación, que optimizó el proceso de elaboración de leche pasteurizada saborizada con cocoa alcalina. La generación del diseño de mezclas y la analítica de datos se realizó con el paquete estadístico R 4.0.2 con las librerías “mixexp” y “ternary”.

3. Resultados y discusión

Viscosidad aparente

En la Tabla 2 se muestra el análisis de varianza, para determinar el modelo adecuado, para describir el comportamiento de la variable respuesta viscosidad aparente en leche pasteurizada saborizada con cocoa alcalina con las mezclas de goma xantana, almidón modificado y carragenina; donde, el modelo cúbico especial fue significativo ($p < 0,05$); además, el coeficiente de determinación R^2 fue de 0,847; por lo que este modelo matemático fue considerado válido para representar el comportamiento del fenómeno en estudio. Los coeficientes significativos ($p < 0,05$) en unidades codificadas del modelo cúbico completo fueron: goma xantana, almidón modificado y carragenina, las interacciones binarias: goma xantana – carragenina y almidón modificado – carragenina; y la interacción terciaria: goma xantana – almidón modificado – carragenina; además, los componentes de la mezcla de mayor impacto fueron goma xantana y almidón modificado (por presentar mayor valor t en valor absoluto); siendo estos hidrocoloides los que ejercieron mayor cambio en la viscosidad aparente, al aumentar o disminuir su proporción en la mezcla. Modelado matemáticamente, la regresión del modelo cúbico especial para la variable respuesta viscosidad aparente en unidades reales se muestra en la ecuación 1:

$$\text{Viscosidad aparente} = 790,98 \cdot G + 735,92 \cdot A + 450,43 \cdot C - 35,01 \cdot G \cdot A - 3931,35 \cdot G \cdot C + 1347,67 \cdot A \cdot C + 36306,63 \cdot G \cdot A \cdot C \quad (1)$$

El modelo cúbico especial fue usado para generar la superficie de contornos (Figura 1) de la viscosidad aparente en leche pasteurizada saborizada con cocoa alcalina con las mezclas de

goma xantana, almidón modificado y carragenina. Donde se observa que al aumentar la concentración goma xantana de 0,0 a 0,5% en la mezcla, la viscosidad aparente fluctuó de aproximadamente 350 a 400 mPa.s; al aumentar la concentración de almidón modificado de 0,0 a 0,5% en la mezcla, la viscosidad aparente aumentó de aproximadamente 100 a 450 mPa.s, con respecto a la carragenina al aumentar la concentración en la mezcla de 0,0 a 0,5%, los valores disminuyeron de aproximadamente 450 a 200 mPa.s. Tendencias similares fueron observadas por Vanegas (2009), quien evaluó adiciones de carragenina, goma algarrobo y goma xantana mediante un diseño mezclas simplex centroe (0 a 0,2%), en la viscosidad aparente de un complemento nutricional líquido pasteurizado, donde a mayor concentración de carragenina la viscosidad aparente fue menor en el rango de 15 a 20 mPa.s, a mayor concentración de goma xantana los valores estuvieron alrededor de 55 mPa.s y a mayor concentración de goma algarrobo los valores fueron de 35 mPa.s.

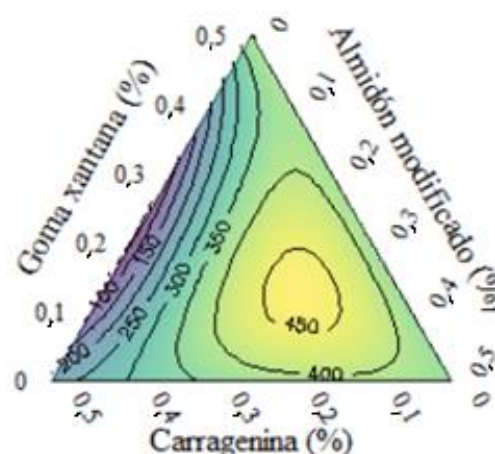


Figura 1. Superficie de contornos de la viscosidad aparente en leche pasteurizada saborizada con cocoa alcalina con las mezclas de goma xantana, almidón modificado y carragenina.

Valores cercanos fueron reportados por Saidin et al. (2014), quienes evaluaron la viscosidad aparente en leche chocolatada, donde sustituyeron leche en polvo por maltodextrina (0, 25, 50, 75 y 100%) y almidón modificado (0, 25, 50, 75 y 100%), los resultados de viscosidad fueron de 157 a 233 mPa.s; y comparados con un producto comercial con 275 mPa.s. Así mismo, Ospina et al. (2012) evaluaron la viscosidad aparente en una bebida láctea saborizada con cocoa alcalina conteniendo la mezcla de goma guar al 0,08%; goma xantana al 0,10% y

carragenina al 0,12%, donde la mejor viscosidad aparente se encontró en el rango de 12 a 20 mPa.s, valores inferiores a los reportados en esta investigación. Kabirian et al. (2015) evaluaron el comportamiento de la adición de diferentes concentraciones de carboximetilcelulosa (0; 0,5; 1,0 y 2,0%) y carragenina (0; 0,25; 0,5 y 1,0%) en la viscosidad aparente de una bebida de chocolate, los mejores valores se obtuvieron con carboximetilcelulosa al 2,0% (2,6 mPa.s) y carragenina al 1,0% (1,11 mPa.s) a comparación del control (0,95 mPa.s), siendo estos valores inferiores a los reportados en esta investigación.

Aceptabilidad general

En la Tabla 2 se muestra el análisis de varianza, para determinar el modelo adecuado, para describir el comportamiento de la variable respuesta aceptabilidad general en leche pasteurizada saborizada con cocoa alcalina con las mezclas de goma xantana, almidón modificado y carragenina; donde, el modelo cúbico especial fue significativo ($p < 0,05$); además, el coeficiente de determinación R^2 fue de 0,789; por lo que este modelo matemático fue considerado válido para representar el comportamiento del fenómeno en estudio. Los coeficientes significativos ($p < 0,05$) en unidades codificadas del modelo cúbico completo fueron: goma xantana, almidón modificado y carragenina, las interacciones binarias: goma xantana – almidón modificado y almidón modificado – carragenina; y la interacción terciaria: goma xantana – almidón modificado – carragenina; además, los componentes de la mezcla de mayor impacto fueron goma xantana y

carragenina (por presentar mayor valor t en valor absoluto); siendo estos hidrocoloides los que ejercieron mayor cambio en la aceptabilidad general, al aumentar o disminuir su proporción en la mezcla. Modelado matemáticamente, la regresión del modelo cúbico especial para la variable respuesta aceptabilidad general en unidades reales se muestra en la ecuación 2:

$$\text{Aceptabilidad general} = 13,27 \cdot G + 9,75 \cdot A + 14,70 \cdot C - 17,14 \cdot G \cdot A - 10,84 \cdot G \cdot C + 25,35 \cdot A \cdot C - 354,27 \cdot G \cdot A \cdot C \quad (2)$$

El modelo cúbico especial fue usado para generar la superficie de contornos (Figura 2) de la aceptabilidad general en leche pasteurizada saborizada con cocoa alcalina con las mezclas de goma xantana, almidón modificado y carragenina. Donde en la superficie de contornos se observa que al aumentar la concentración goma xantana de 0,0 a 0,5% en la mezcla, la aceptabilidad general fluctuó de aproximadamente 6,0 a 7,0; al aumentar la concentración de almidón modificado de 0,0 a 0,5% en la mezcla, la aceptabilidad disminuyó de aproximadamente 6,0 a 4,5, con respecto a la carragenina al aumentar la concentración en la mezcla de 0,0 a 0,5%, los valores aumentaron de aproximadamente 4,5 a 7,0. Los hidrocoloides no afectan directamente a las características sensoriales de los alimentos (mantenimiento aromas y sabores), pero si en la viscosidad cuando se usan altas concentraciones, espesando al producto y en algunos casos formando gel, lo que podría generar menor aceptación del producto (Kabirian et al., 2015).

Tabla 2

Coefficientes de la regresión del modelo cúbico especial aplicado a la viscosidad aparente y aceptabilidad general en leche pasteurizada saborizada con cocoa alcalina con las mezclas de goma xantana, almidón modificado y carragenina

Variable	Término	Coefficientes	Error estándar	t	p	R ²	p
Viscosidad aparente	Goma xantana: G	393,020	29,335	13,398	0,000	0,847	0,000
	Almidón modificado: A	364,967	29,335	12,441	0,000		
	Carragenina: C	222,019	29,335	7,568	0,000		
	G*A	-20,346	147,662	-0,138	0,892		
	G*C	-982,822	147,662	-6,656	0,000		
	A*C	328,464	147,663	2,224	0,036		
	G*A*C	4,810,666	973,561	4,941	0,000		
Aceptabilidad general	Goma xantana: G	6,659	0,370	18,006	0,000	0,789	0,001
	Almidón modificado: A	4,878	0,370	13,190	0,000		
	Carragenina: C	7,359	0,370	19,900	0,000		
	G*A	-4,275	1,862	-2,296	0,031		
	G*C	-2,779	1,862	-1,493	0,149		
	A*C	6,341	1,862	3,406	0,002		
	G*A*C	-47,273	12,274	-3,852	0,001		

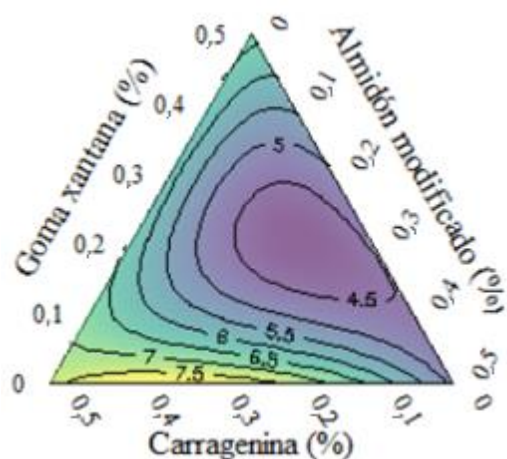


Figura 2. Superficie de contornos de la aceptabilidad general en leche pasteurizada saborizada con cocoa alcalina con las mezclas de goma xantana, almidón modificado y carragenina

Según Nicklas et al. (2017) el tipo y la concentración de hidrocoloide producen diferencias notables en la composición final y en las propiedades sensoriales de leches saborizadas. Shaari et al. (2017) indica que la presencia de hidrocoloides cambia significativamente las propiedades reológicas de los almidones de maíz, recomendando que goma xantana y carragenina, podrían usarse para alterar la textura, la sensación en la boca y los parámetros de procesamiento para satisfacer las demandas de los consumidores sobre los productos alimenticios.

Optimización

La combinación de la mezcla predicha de goma xantana, almidón modificado y carragenina, sobre la zona de optimización factible, fue determinada mediante el método de superposición de superficies de contornos (Gutiérrez y de la Vara, 2008) a fin de obtener el área determinada por los valores aproximados a los deseados para la optimización de las variables respuesta. En la Figura 3, se presenta la superposición de superficies de contorno para la optimización de la viscosidad aparente y aceptabilidad general en leche pasteurizada saborizada con cocoa alcalina con las mezclas de goma xantana, almidón modificado y carragenina, donde la optimización de la aceptabilidad general consistió en maximizar las calificaciones (siendo esta variable la de mayor consideración) y que la viscosidad aparente este dentro de un valor objetivo o target. La combinación óptima predicha para tener mayor calificación de aceptabilidad general de 7,04 (valor aproximado a 7 = calificación de "Me agrada

moderadamente") y viscosidad aparente de 217,76 mPa.s, se obtuvo con la mezcla predicha de goma xantana al 0,042%, almidón modificado al 0,034% y carragenina al 0,424%. Saidin et al. (2014), indica que la viscosidad aparente en leche chocolatada comercial es de 275 mPa.s, valor cercano a la viscosidad óptima en esta investigación.

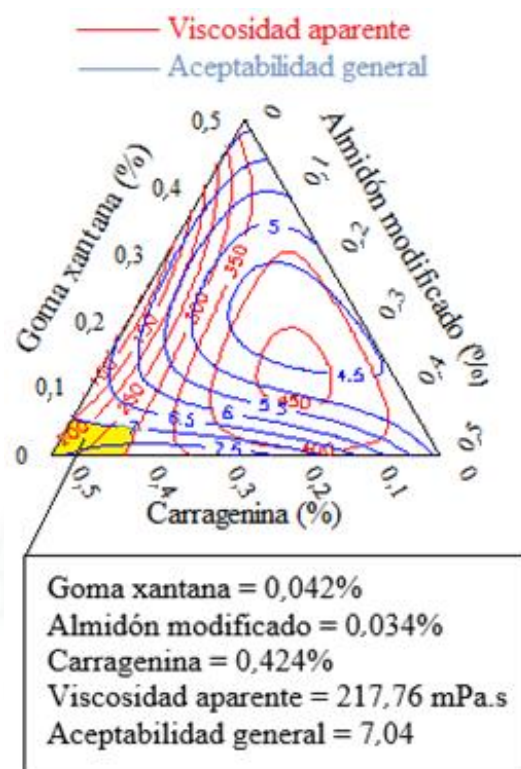


Figura 3. Superposición de superficies de contornos para la optimización de la viscosidad aparente y la aceptabilidad en leche pasteurizada saborizada con cocoa alcalina con las mezclas de goma xantana, almidón modificado y carragenina.

4. Conclusiones

Las mezclas de goma xantana, almidón modificado y carragenina (0 – 0,5%) presentaron efecto significativo. El modelo matemático cúbico especial permitió representar el comportamiento de las variables respuesta en estudio. La mezcla óptima predicha de goma xantana (0,042%), almidón modificado (0,033%) y carragenina (0,424%) permitió optimizar las variables respuesta: viscosidad aparente (217,76 mPa.s) y aceptabilidad general (7,04) en leche pasteurizada saborizada con cocoa alcalina.

Se recomienda realizar la validación de la respuesta óptima predicha de viscosidad aparente y aceptabilidad general obtenida en la presente investigación.

Referencias bibliográficas

- Anzaldúa-Morales, A. (2005). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica 2da edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 198 p.
- INDECOPI. (2004). Norma Técnica Peruana 202.189. Leche y productos lácteos: leche saborizada. 2ª edición. Lima, Perú. Disponible en: https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/normatividad-lacteos/Catalogo_de_NTP_Leche_y_productos_lacteos.pdf
- INDECOPI. (2021). Informe de lanzamiento del estudio de mercado sobre el sector lácteo en el Perú. Disponible en: <https://www.indecopi.gob.pe/documents/51771/6194832/Informe+Lanzamiento+Leche/4e4de918-4f25-ad5f-e014-80e13be3b682#:~:text=En%20el%20Per%C3%BA%2C%20la%20industria,et%20al.%2C%202019>
- INCOTEC. (2004). Norma Técnica Colombiana 1419. Productos lácteos, leche líquida saborizada. Disponible en: https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/normatividad-lacteos/Colombia/NTC_Leche_Liquida_Saborizada_1419.pdf
- Godoi, F., Ningtyas, D. & Geoffroy, Z. (2021). Protein-based hydrocolloids: Effect on the particle size distribution, triborheological behaviour and mouthfeel characteristics of low-fat chocolate flavoured milk. *Food Hydrocolloids*, 115(1), 450-458.
- Gutiérrez, H. & de la Vara, R. (2008). Análisis y diseño de experimentos. 2da Edición. Editorial McGraw-Hill. D.F., México. 545 p.
- Kabirian, M., Ataye, E. & Shahidi, M. (2015). Investigation on the effect of carboxymethyl cellulose and carrageenan on the rheological, physicochemical and sensory characteristics of chocolate drink powder. *J. Appl. Environ. Biol. Sci.*, 4(11), 165-173.
- Mori, C. & Núñez, C. (2016). Efecto de la carragenina y sacarosa en la actividad de agua del yogurt. *Veritas*, 17(1), 55-58.
- Nicklas, T.; O'Neil, C. & Fulgoni, V. (2017). Flavored Milk Consumers Drank More Milk and Had a Higher Prevalence of Meeting Calcium Recommendation Than Nonconsumers. *School Health*, 92(1), 1746-1561.
- Ospina, M., Sepulveda, J., Restrepo, D., Cabrera, K. & Suárez, H. (2012). Influencia de goma xantana y goma guar sobre las propiedades reológicas de leche saborizada con cocoa. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(1), 51-59.
- Vargas, G., Martínez, P. & Velezmore, C. (2016). Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y su modificación química por acetilación. *Scientia Agropecuaria*, 7(3), 223-230.
- Saidin, S., Ramli, N., Tan, Y. & Ayob, M. (2014). The effect of milk replacer incorporation on the physicochemical properties of milk chocolate. *The Open Food Science Journal*, 8(1), 9-17.
- Shaari, N., Sulaiman, R. & Cheok, C. (2017). Rheological properties of native and modified corn starches in the presence of hydrocolloids. *International Food Research Journal*, 24(5): 2082-2089.
- Vanegas, L. (2009). Evaluación del efecto del uso de hidrocoloides en la reología de un complemento nutricional líquido. Tesis de grado de Magister en Ciencias y Tecnologías de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia, 104 p.
- Vera, N., Puente, L. & Muñoz, L. (2017). Estudio comparativo de las propiedades físicas de distintos hidrocoloides en un sistema de digestión in vitro. Tesis de título, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile. Chile, 105 p.
- Sánchez-Ortega, E., Hernández-Calette, A. & Hernández-Montes, A. (2017). Influencia de gomas de algarrobo y xantana en la estabilidad y aceptabilidad de crema láctea. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 9(2), 63-84.