



Título del artículo.

Análisis de comportamiento al flujo y color de bebidas comerciales lácteas sabor chocolate y homólogas.

Título del artículo en idioma Inglés.

Analysis of flow behavior, and color of commercial chocolate milk beverages and homologous.

Autores.

Manuel Octavio Ramírez Sucre Lezvy Vianey Chi Colli Élida Gastélum Martínez

Referencia bibliográfica:

MLA

Ramírez Sucre, Manuel Octavio, Lezvy Vianey Chi Colli y Élida Gastélum Martínez. Análisis de comportamiento al flujo y color de bebidas comerciales lácteas sabor chocolate y homólogas. *Tlamati* 9.2, (2018): 37-44. Print.

APA

Ramírez Sucre, M. O., Chi Colli, L. V. y Gastélum Martínez, E. (2018). Análisis de comportamiento al flujo y color de bebidas comerciales lácteas sabor chocolate y homólogas. *Tlamati*, 9(2), 37-44.

ISSN: 2007-2066.

Publicado el 31 de diciembre del 2018 © 2018 Universidad Autónoma de Guerrero Dirección General de Posgrado e Investigación Dirección de Investigación

TLAMATI, es una publicación semestral de la Dirección de Investigación de la Universidad Autónoma de Guerrero. El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja de manera alguna el punto de vista de la Dirección de Investigación de la UAGro. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos previa cita de nuestra publicación.





Análisis de comportamiento al flujo y color de bebidas comerciales lácteas sabor chocolate y homólogas

Manuel Octavio Ramírez Sucre¹ Lezvy Vianey Chi Colli² Élida Gastélum Martínez^{1*}

¹ Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ) Sede Sureste. Carretera Sierra Papacal-Chuburná Puerto s/n, Mérida, Yucatán.

*Autor de correspondencia egastelum@ciatej.mx

Resumen

Actualmente México genera 12,026 millones de litros de leche, siendo esta el tercer producto pecuario en importancia económica con el 17.22% del valor nacional. La integración de bebidas saborizadas y con agentes espesantes es crucial para el color y la estabilidad durante la vida del producto. En el presente estudio se caracterizaron 13 bebidas lácteas comerciales sabor chocolate y homólogas, mediante los análisis de: 1) color (parámetros L*, a* y b*), y 2) comportamiento al flujo mediante curvas de esfuerzo cortante frente a velocidades de deformación crecientes (10- $500s^{-1}$) y modelizadas mediante la ecuación de la ley de potencia ($\tau = K\gamma^{n}$) con altos coeficientes de correlación (R²>0.990). Dos bebidas lácteas y una homóloga presentaron las viscosidades más altas (≥17mPa.s) elaboradas una de ellas sin goma, una de ellas con carragenina y una con una mezcla (gellana-xantana), correspondientes con sus coeficientes de consistencia (K>90 mPa s), y con una mayor pseudoplasticidad representada con índices de flujo (n) por debajo de 0.660 (adimensional), mientras que las muestras con menor viscosidad presentaron ausencia de goma, carragenina o una mezcla de carragenina-goma guar (≤7.6 mPa s) con bajos coeficientes de consistencia (K<35 mPa s) y con baja pseudoplasticidad (n ≥0.685). Todas las bebidas fueron elaboradas con leche semidescremada excepto 2, una homóloga (sin leche) de alta viscosidad adicionada con crema de coco y la de menor viscosidad con leche descremada y agua; asimismo, todas fueron elaboradas con azúcar, excepto una de alta viscosidad con estevia. El color fue variable con valores de L* (28.8-52.3 unidades), a* (6.9-14.2 unidades) y b* (11.3-26.4 unidades) significativamente distintos entre bebidas. El flujo y el color correspondieron a dos respuestas importantísimas de calidad de bebidas lácteas de consumo final.

Palabras clave: Reología, leche, modelización de lácteos

Como citar el artículo:

Ramírez Sucre, M. O., Chi Colli, L. V. y Gastélum Martínez, E. (2018). Análisis de comportamiento al flujo y color de bebidas comerciales lácteas sabor chocolate y homólogas. *Tlamati*, 9(2), 37-44.

² Instituto Tecnológico Superior de Villa La Venta, Circuito Tecnológico No.1, El Cuatro., C. P. 86410. Villa la Venta, Huimanguillo, Tabasco.

Abstract

In present times, Mexico generates 12,026 million liters of milk, being the third livestock product in economic importance with 17.22% of the national value. Integration of flavored beverages with thickening agents is crucial for color and stability across life of product. In this study, 13 commercial chocolate flavored and homologous milk beverages were characterized through analysis, as follows: 1) color (parameters L*, a* and b*), and 2) flow behavior measured by curves of shear stress versus increasing shear rates (10-500s⁻¹) and modeled by the power law equation ($\tau = K\gamma^n$) with good correlation coefficients (R²> 0.990). Two milk beverages and one homologous beverage had the highest viscosities (≥17mPa.s), one beverage was made without gum, other one made with carrageenan, and another one made of a mixture (gellana-xanthan), all of them corresponding with their consistency coefficients (K> 90 mPa s) with a greater pseudoplasticity represented with flow indexes (n) below 0.660 (dimensionless). Samples with lower viscosity showed absence of gum, carrageenan or a mixture of carrageenan-guar gum (≤7.6 mPa s) with low consistency coefficients (K <35 mPa s), with low pseudoplasticity (n ≥0.685). All the beverages were elaborated with semi-skimmed milk except 2; one homologous of high viscosity (without milk) with the addition of coconut cream, and one with the lower viscosity made with skim milk and water; also, all were made with sugar, except one of high viscosity with stevia. Color was variable with values of L* (28.8-52.3 units), a* (6.9-14.2 units) and b* (11.3-26.4 units) significantly different between beverages. Flow and color corresponded to two very important variables of quality of milk beverages for final consumption.

Keywords: Rheology, milk, milk modelling

Introducción

La leche es un alimento de gran importancia a nivel mundial, su consumo se ha incrementado en los últimos años. Actualmente, México genera 12,026 millones de litros de leche siendo el tercer producto pecuario en importancia económica, con el 17.22% del valor nacional

(Martínez, 2018). Asimismo, los valores reportados por el Servicio de Información Alimentaria y Pesquera [SIAP] en el 2018, indicaron un crecimiento promedio del 1.78% entre los meses de enero a marzo de 2018 con respecto al año pasado, lo que representa un importante incremento de 16,365.67 miles de litros de leche cuyo incremento anual en la producción se prevé del 0.9%, lo que la hace unos de

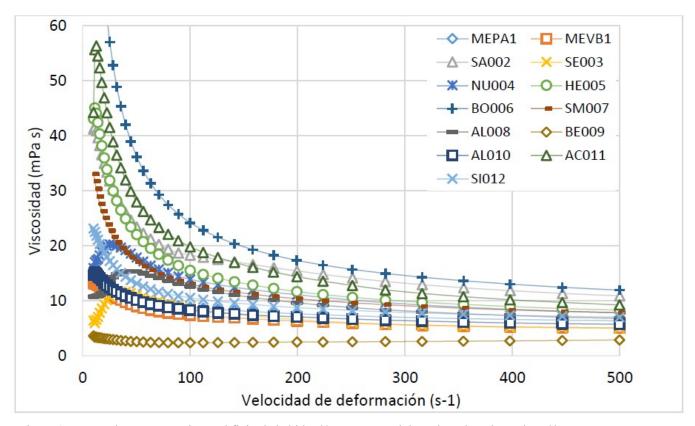


Figura 1. Curvas de comportamiento al flujo de bebidas lácteas comerciales sabor chocolate y homólogas

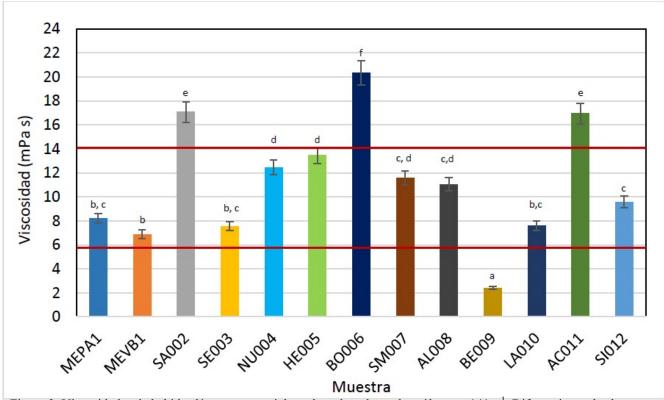


Figura 2. Viscosidades de bebidas lácteas comerciales sabor chocolate y homólogas a 141 s⁻¹. Diferencias en las letras implican diferencias significativas

los productos más importantes comercializados actualmente en el país.

La leche es una dispersión compuesta por agua, lactosa, materia grasa, proteínas, vitaminas y minerales (composición [g]: agua 88; proteínas 3.2; grasas3.4; carbohidratos 4.8; calorías 68: lactosa 4.7; minerales 0.72) (Agudelo-Gómez y Bedoya-García, 2005), y es reconocida por los nutriólogos por su importancia biológica como la principal fuente de calcio (Ramírez-Sucre y Vélez-Ruiz, 2011). En la leche fresca, los glóbulos de grasa se separan del resto de la matriz emergiendo rápidamente a la superficie debido a su baja densidad (Vélez-Ruiz y Barbosa-Cánovas, 1997). El desarrollo de nuevas bebidas lácteas es una alternativa a la producción de leche fluida cruda y para evitar la separación, la leche se homogeneiza con agentes hidrocoloidales que contribuyen a la estabilidad de la emulsión y conservan y/o mejoran las características de calidad de la leche como la viscosidad.

La viscosidad es una propiedad física de suma importancia en la caracterización de bebidas lácteas, tanto para su manejo industrial y control de calidad, como por su impacto en la aceptabilidad del consumidor final (Ramírez -Sucre y Vélez-Ruiz, 2009), que se modifica mediante la adición de agentes espesantes. Estos agentes que intervienen como ingredientes principales en la calidad de bebidas lácteas y homólogas son las gomas (o hidrocoloides), las que minimizan la separación de fases y confieren estabilidad a la bebida, brindando una mejor consistencia instrumental y sensorial. Por otro lado, la industria alimentaria, para hacer más atractiva la ingesta de las bebidas lácteas ha incorporado nutrientes, microorganismos o sabores para

mejorar la sensación en el consumidor final. En este sentido, la leche sabor chocolate es la más popular a nivel mundial debido a las características deseadas por el consumidor, tales como la consistencia, el color y el sabor. Básicamente, estas bebidas son formuladas con leche, glucosa, polvo de cacao, sólidos lácteos y algunos hidrocoloides; estos últimos son adicionados para mejorar la consistencia y prevenir la sedimentación de las partículas de cacao. Asimismo, las características particulares de los diferentes ingredientes utilizados en la formulación como el contenido de grasa de la leche, la alcalinidad, el color del polvo de cacao, el tipo y la concentración de hidrocoloides producen diferencias notables en la composición final y en las propiedades físicas y sensoriales específicas de los productos formulados (Pasquel, 2001).

Las gomas son moléculas de polisacáridos de alto peso molecular con características hidrofílicas o hidrofóbicas, que tienen propiedades coloidales con capacidad de incrementar la viscosidad y producir geles. Algunas gomas vegetales de uso generalizado son las galactomanas de las semillas de guar, los exudados como la goma arábica y el tragacanto, y las de las algas como las carrageninas y los alginatos, así como otras obtenidas por modificación química de productos vegetales como la carboximetilcelulosa, metilcelulosa o la hidroxipropilmetilcelulosa (Pasquel, 2001). Muchas de ellas muy utilizadas en el procesamiento de alimentos y en bebidas lácteas, modificando su viscosidad (Villegas y Costell, 2007).

Otro parámetro de calidad esencial en las bebidas lácteas es el color El color es la primera sensación que percibimos de los alimentos, por lo que se considera como el

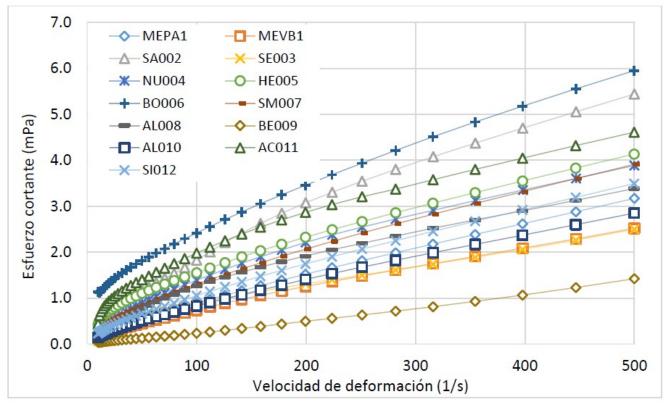


Figura 3. Curvas de esfuerzo cortante de bebidas lácteas comerciales sabor chocolate y homólogas en función de la velocidad de deformación.

primer atributo que determina la aceptabilidad y preferencias del consumidor. En la leche, un color extraño o inesperado suele ser interpretado en términos de manipulación o tratamiento inadecuados (Moreno-Arribas, 2016); además, determina indirectamente los controles de procesos, entre ellos los de aplicación de temperatura como parte de la pasteurización de la bebida.

Actualmente, el consumidor a nivel mundial se ha beneficiado enormemente por la mejora de la calidad, la vida útil de leche y la diversidad de productos lácteos (Ramírez -Sucre y Vélez-Ruiz, 2009); sin embargo, no existen datos de la caracterización reológica de lácteos comercializados en México. De aquí que el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el comportamiento al flujo y color de bebidas comerciales lácteas sabor chocolate y homólogas.

Materiales y métodos

Muestras

Muestras de 11 bebidas lácteas sabor chocolate y 2 bebidas homólogas lácteas, una con sabor chocolate y otra sabor coco, fueron todas adquiridas en un supermercado local y almacenadas en refrigeración (3° C) hasta su posterior análisis.

Comportamiento al flujo

Las mediciones se realizaron en un reómetro modular (discovery hybrid DHR-2, TA instruments, EEUU), a 1400 μl de muestras comerciales de bebidas lácteas y homólogas sabor chocolate, utilizando una geometría de platos paralelos (φ=40 mm, sand blast), con una abertura de

1000 μm a 25°C por duplicado. El comportamiento al flujo fue representado mediante la viscosidad y el esfuerzo cortante frente a velocidades de deformación crecientes (10-500 s⁻¹). Los datos experimentales se ajustaron a la expresión matemática del modelo de Ley de potencia de acuerdo con la ecuación (1), donde: τ es el esfuerzo cortante (mPa); K es el coeficiente de consistencia (mPa s); n es el índice de flujo (adimensional); γ es la velocidad de deformación (s⁻¹) y describe el comportamiento pseudoplástico de las muestras. La determinación del modelo de mejor ajuste a las curvas de flujo se realizó con el programa del equipo (Trios 3.2.0 3877, Discovery HR TA instrument).

$$\tau = K\gamma^{n} \tag{1}$$

Colorimetría

Se evaluaron los parámetros de color L* que indica la luminosidad, a* que indica el color verde (-) o rojo (+), y b* que indica el color azul (-) o amarillo (+), con un colorímetro (HunterLab, CIELAB MiniScan Ez) a 50 ml de muestra.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para determinar si existen diferencias significativas, así como pruebas de comparación de Tuckey (95 % de confianza) a valores de viscosidad tomados a una velocidad de deformación constante de 141 s⁻¹ con el software estadístico MINITAB v.15 (Minitab Inc, Pennsylvania, USA).

Tabla 1. Ingredientes de bebidas lácteas sabor chocolate y homólogas declarados en la etiqueta

	Producto	Ingredientes
1	MEPA1	Leche baja en grasa, cocoa, azúcar de caña, goma xantana, concentrado natural de vainilla y sal.
2	MEVB1	Leche baja en grasa, cocoa, azúcar de caña, goma xantana, concentrado natural de vainilla y sal.
3	SA002	Leche semidescremada, azúcar, cocoa, leche descremada en polvo, celulosa microcristalina, carragenina, vitaminas (B6, B1, A, D3, B12), calcio, zinc, hierro y ácido fólico, saborizante, citrato de sodio, fosfato de disódico, hexametafosfato de sodio.
4	SE003	Leche semidescremada, azúcar, cocoa, saborizante artificial a chocolate, mono y diacilglicéridos, lecitina de soya, carragenina, goma guar, azorrubina, caramelo clase IV, azul brillante FCF, vitamina A vitamina D.
5	NU004	Leche de vaca, azúcar, fructosa, grasa vegetal, solidos de la leche, cocoa, carboximetilcelulosa, mono y diacilglicéridos, saborizante artificial, fosfato disódico, citrato de sodio, carragenina, lecitina de girasol, estevia, hierro, vitamina B5, vitamina B2, vitamina B1, vitamina A, vitamina D. Grasa de leche, grasa vegetal, proteína de leche, solidos de leche.
6	HE005	Leche descremada reconstituida, azúcar, maltodextrina, cocoa (procesada con álcali), mono y diacilglicéridos, carbonato de calcio, saborizantes artificiales, sal yodada, fosfato hidrogenado disódico, solidos de leche, mantequilla modificada, goma guar, carragenina, estevia, zinc, mantequilla deshidratada, vitaminas (E, B1, B2, A, D) goma xantana, dextrosa.
7	BO006	Leche orgánica semidescremada de vaca, azúcar orgánica, cocoa, citrato de sodio, fosfato disódico, esteres de mono y diacilglicéridos de ácidos grasos (emulsionante), lactasa, vitamina A y D3.
8	SM007	Leche parcialmente descremada, azúcar, cocoa, saborizante artificial, mono y diglicéridos, carragenina, goma guar, fosfato disódico, sucralosa, rojo 40, azul 1, amarillo 5, lactasa, vitamina B3, hierro, vitamina B6, vitamina A, ácido fólico y vitamina D.
9	AL008	Leche semidescremada rehidratada, azúcar cocoa, fosfato hidrogenado sódico, saborizantes artificiales, carragenina, lactasa, sucralosa, acesulfame, vitamina C, pirofosfato férrico, sulfato de zinc, vitamina E, niacina, pantotenato de calcio. Vitamina B6, vitamina B2, vitamina B1, vitamina A, yoduro de potasio, ácido fólico, vitamina K1, biotina, vitamina D y vitamina B12, grasa butírica y proteína propia de la leche.
10	BE009	Agua, leche descremada rehidratada, azúcares, cocoa y concentrado Bevi chocolate
11	LA010	Leche parcialmente descremada de vaca, leche rehidratada, fructuosa, azúcar, cocoa, fibra soluble, carboximetilcelulosa, ortofosfato disódico, carragenina y lecitina de soya, lactosa, estevia, niacina, vitamina A, vitamina B5, vitamina D, vitamina B12, ácido fólico, grasa de leche, proteína de leche, lactosa.
12	AC011 ^a	Agua, agua de coco, crema de coco, fosfato tricálcico, estabilizantes (goma gellana, goma xantana) y estevia.
13	SI012 ^a	Concentrado (agua purificada y almendras), azúcar de caña, cacao, sal yodada, goma de algarrobo, lecitina de girasol, goma gellana, saborizante natural.

^a bebida homóloga láctea

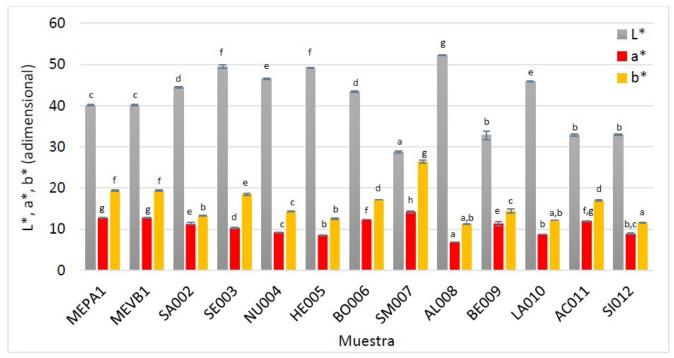


Figura 4. Parámetros de color (L*, a*, y b*) sabor chocolate y homólogas. Diferencias en las letras implican diferencias significativas entre columnas del mismo parámetro.

Resultados

Comportamiento al flujo de bebidas lácteas saborizadas y homólogas

En la Tabla 1 aparecen los ingredientes de las 13 bebidas analizadas. Como se puede observar la mayoría de marcas utiliza gomas en sus fórmulas, entre ellas predominan la goma xantana, guar, gellana, carrageninas, carboximetilcelulosa o maltodextrina, solas o combinadas. Esta es una práctica común en la industria alimentaria debido a la sinergia que presentan algunas combinaciones. Dos de estas bebidas son la excepción, las cuales no utilizan gomas; una de ellas (AC011) se trata de un homólogo lácteo. Todas las curvas de flujo de las muestras presentaron dependencia de la viscosidad con respecto a la velocidad de deformación (véase figura 1), excepto la muestra BE009, que declara no contener gomas en su fórmula y cuyo comportamiento refleja el de un fluido Newtoniano; las curvas más pronunciadas se presentaron en las bebidas BO006, AC011 y SA002 cuyas viscosidades (véase figura 2), fueron superiores a 16.9 mPa s, todas ellas elaboradas con estabilizantes como ésteres mono y diacilglicéridos de ácidos grasos, goma gellana-xantana, o goma carragenina, respectivamente. Asimismo, la alta viscosidad del homólogo lácteo AC011 se atribuye a la adición de 2 gomas, la xantana y la gellana, así como al contenido graso debido a la adición de crema de coco. La goma xantana por un lado, tiene una gran solubilidad y estabilidad en agua, se hidrata rápidamente y una vez dispersa facilita la retención de agua produciendo soluciones altamente viscosas por lo que no se requiere de altas concentraciones; asimismo, la goma gellana es un agente gelificante, estabilizante, y estructurante que forma geles muy fuertes en concentraciones muy

bajas (0.05%). De ahí, el resultado es una bebida con alta viscosidad comparada con las bebidas lácteas.

Por otro lado, se puede observar el decaimiento de la viscosidad más pronunciado desde el inicio del análisis (10s⁻¹) hasta 140s⁻¹, velocidad en la cual comenzó el comportamiento lineal, en el que ya no depende la viscosidad de la velocidad de deformación. En general, la mayoría de las bebidas lácteas y una homóloga (69%) se encontraron en un intervalo de entre 6 y 14 mPa s. La menor viscosidad, tal y como se esperaba, fue la presentada por BE009 debido a la adición de agua, ya que los valores de viscosidad son mayores en los sistemas de leche que en los acuosos, debido a la cantidad de sólidos presentes en la leche (Tárrega, Vélez.Ruiz y Costell, 2005).

Los esfuerzos cortantes se observaron mayores en BO006, AC011 y SA002, correspondientes con su viscosidad (BO006>AC011>SA002), mientras que el menor se presentó para BE009 (véase figura 3). Las curvas del esfuerzo cortante frente a la velocidad de deformación muestran pseudoplasticidad de las bebidas sin un evidente esfuerzo de cedencia, por lo que las curvas se modelizaron con la ecuación (1), presentando los resultados en la tabla 2. Las curvas fueron bien ajustadas por la ecuación (1) con coeficientes de correlación cercanos a la unidad (R²>0.990). La pseudoplasticidad más elevada fue observada en la muestra AC0011 con el índice de flujo (n) menor (n<0.6). La muestra BE009 no mostró pseudoplasticidad (n≈1), corroborando un comportamiento Newtoniano con un coeficiente de consistencia (K) bajo (K=1.52mPa s) representando la bebida más fluida, lo que se atribuye a la falta de gomas y a la incorporación de agua y leche descremada (contenido graso <0.01%) en la fórmula. Los coeficientes de consistencia más altos fueron obtenidos de las curvas de BO006, AC011, HE005 y SA002 con valo-

Tabla 2. Parámetros de flujo de bebidas sabor chocolate y homólogas ajustadas al modelo de Ley de Potencia (LP) a 25° C

Muestras	Viscosidad (mPa s)	Coeficiente de consistencia (mPa s)	Índice flujo n (adimensional)	\mathbb{R}^2
MEPA1 ^a	8.22	23	0.786	0.999
MEVB1 ^a	6.88	24	0.745	0.999
SA002 ^a	17.08	91	0.658	0.999
SE003 ^a	7.55	34	0.685	0.991
NU004 ^a	12.44	64.7	0.661	0.996
HE005 ^a	13.45	119	0.565	0.997
BO006 ^a	20.34	273	0.487	0.988
$\mathrm{SM007^{a}}$	11.57	64.3	0.657	0.999
AL008 ^a	11.05	51	0.676	0.990
BE009 ^a	2.39	1.52	1.095	0.998
LA010 ^a	7.60	26	0.752	0.999
$AC011^{a,b}$	16.94	192	0.509	0.999
SI012 ^{a,b}	9.58	38	0.722	0.999

^a Características de la muestra mostrada en Tabla 1.

res de 273, 192, 119 y 91 mPa s, respectivamente. El resto de las bebidas presentaron un comportamiento intermedio con coeficientes de consistencia de entre 23 y 64.7 mPa s y bajos índices de flujo (n<0.80). Al realizar el análisis estadístico de los datos se observó que existen diferencias significativas en la viscosidad, siendo BO006 la más alta por encima de SA002 y AC011, mismas que no presentaron diferencias significativas entre ellas, pero sí con el resto de las bebidas (BO006 > SA002, AC011>>>el resto de bebidas>>> BE009).

Color de bebidas lácteas y homólogas

Se encontró una gran variabilidad en los parámetros de color de las bebidas (véase figura 4). La luminosidad (L*) se observó entre 28.8 y 52.3 unidades siendo las muestras AL008, SE003, HE005, las menos obscuras (L*=52.3, 49.5 y 49.2, respectivamente). La muestra más obscura fue la SM007 presentando 28.8 unidades de luminosidad. El parámetro L* está determinado sobre todo por el cacao integrado a la fórmula, ya que existen un gran número de formulaciones en polvo de este ingrediente presentan colores muy diversos que van desde marrón canela, cobrizo, hasta café obscuro; asimismo, algunas bebidas añadieron colorantes artificiales lo que resulta en una gran variabilidad en la coloración. Por ejemplo, en la bebida SE003 se añadieron los colorantes caramelo IV y azul brillante FCF, manteniendo uno de los valores más altos de L*; en contraste, para SM007 se añadieron rojo 40, azul 1 y amarillo 5, presentando el menor valor de luminosidad. Todas las muestras tienden a coloraciones rojas (a* positivo, entre 6.9 y 14.2 unidades), el parámetro de color a* más alto fue presentado por la muestra SM007, debido a la adición de colorante rojo; en contraste AL008 presentó el menor valor de a* con la coloración menos rojiza. El parámetro de color b* (11.3-26.4 unidades) presentó valores positivos (colores amarillos) en todas las bebidas, siendo el valor más alto aquel de la bebida SM007, nuevamente por la adición de colorantes. El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre las bebidas para los tres parámetros de color a* y b* siendo más altos para SM007, así como del parámetro L* (AL008>>resto de bebidas).

Discusión y conclusiones

La formulación de bebidas lácteas y homólogas es crucial en el desarrollo de nuevos productos, los ingredientes impactan de manera significativa en el comportamiento al flujo y el color. Los ingredientes más importantes para el control del flujo fueron las gomas, que incrementan los coeficientes de consistencia y confieren pseudoplasticidad. Sin embargo, lo anterior dependerá en gran medida de la concentración a las cuales son utilizadas y si se encuentran interactuando sinérgicamente con otras gomas. Las grasas y proteínas pueden conferir un alto grado de consistencia e inclusive, algún grado de gelificación pudiendo ser sustitutos de las gomas.

La viscosidad y pseudoplasticidad más altas fueron presentadas por un homólogo lácteo que no tiene gomas; sin embargo, el comportamiento al flujo se atribuye a la adición de azúcar, quizá una gran cantidad, sólidos de cacao y agentes emulsionantes que modifican las características de la fase dispersa, afectando la estabilidad, estructura y el comportamiento reológico.

Los homólogos lácteos requieren de la utilización de gomas, para alcanzar el comportamiento reológico de las bebidas lácteas, que les confieren propiedades emulsionantes, espesantes y gelificantes.

Las modelaciones de las curvas de flujo mediante la ecuación de Ley de Potencia fueron adecuadas, con altos coeficientes de correlación. Anteriormente Ramírez-Sucre y Vélez-Ruiz (2011) prepararon leches saborizadas con

^bBebida homóloga láctea

cajeta, con coeficientes de consistencia mayores (en un intervalo de 3.7-153 mPa s) y mayores índices de flujo (n= 0.61-0.98). Sin embargo, el comportamiento fue de fluidos HB (Herschel-Bukley) en donde se presentaron esfuerzos de cedencia de hasta 329 mPs, a diferencia del presente estudio. Lo anterior debido a la utilización de cajeta en la matriz, ya que esta se trata de leche de cabra adicionada con glucosa y concentrada por evaporación.

La variabilidad de los parámetros de color se debe a la enorme cantidad de ingredientes que se incluyen en las fórmulas, aunado a la adición de colorantes que las afectan. Lo anterior ya ha sido reportado en otros estudios en donde se encontraron amplios intervalos de cambio neto de color de hasta 2.83 afectado en mayor proporción por el almacenamiento (Ramírez-Sucre y Vélez-Ruiz, 2011).

El flujo y el color corresponden a dos respuestas importantísimas de calidad de bebidas lácteas de consumo final, que podrían ser complementadas con estudios de reometría mediante espectros mecánicos y con estudios de atributos sensoriales y bromatológicos.

Agradecimientos

Los autores agradecen al CONACYT por el financiamiento del proyecto 251595 "Formulación de una bebida láctea funcional sabor chocolate baja en calorías" del Fondo de Proyectos de Estímulos a la Innovación 2018.

Referencias

- Agudelo-Goméz, D. A., y Beyoda-Mejia, O. (2005). Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. *Revista Lasallista de Investigación*, 2, 38-42.
- Martínez, M. Del P. (Mayo 30, 2018). Producción de leche superará los 12,000 millones de litros en el 2018. *El Economista*. Obtenido de:
 - https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Produccion

- -de-leche-superara-los-12000-millones-de-litros-en-el-2018-20180530-0056.html
- Moreno-Arribas, M. V. (2016). La importancia del color en los alimentos. *Revista Alimentaria Legalimentaria*, 1, 6-7. Obtenido de: https://www.revistaalimentaria.es/fotos noticias/PDF4752.pdf
- Pasquel, A. (2001). Gomas: una aproximación a la industria de alimentos. *Revista amazónica de investigación alimentaria*. 1(1), 1-8.
- Ramírez-Sucre, M. O. y Vélez-Ruiz, J. F. (2009). Efecto de la incorporación de estabilizantes en la viscosidad de bebidas lácteas no fermentadas. *TSIA. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*. 4(2), 4-13. Obtenido de: http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No3-Vol-2/TSIA-3(2)-Ramirez-Sucre-et-al-2009.pdf
- Ramírez-Sucre, M. O. y Vélez-Ruiz, J. F. (2011). The physicochemical and rheological properties of a milk drink flavoured with cajeta, a Mexican caramel jam. *International Journal of Dairy Technology*, 64(2), 294-304.
- Servicio de Información Alimentaria y Pesquera. (2018). Expectativas de Producción Agropecuaria y Pesquera 2018. SIAP. Obtenido de: https://www.gob.mx/siap/articulos/expectativas-de-produccion-agropecuaria-y-pesquera-2018-179383?idiom=es
- Tårrega, A., Vélez.Ruiz, J. F. y Costell, E. (2005). Influence of milk on the rheological behaviour of crosslinked waxy maize and tapioca starch dispersions. *Food Research International*, 38(7), 759-768.
- Vélez-Ruiz, J. F. y Barbosa-Cánovas, G. V. 1997. Rheological properties of selected dairy products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37(4), 311-359.
- Villegas, B. y Costell E. 2007. Flow behaviour of inulinmilk beverages. Influence of inulin chain length and of milk fat contente. *International Dairy Journal*, 17(7), 776-781.