



Efecto de la incorporación de estabilizantes en la viscosidad de bebidas lácteas no fermentadas

M.O. Ramírez-Sucre* y J. F. Vélez-Ruiz

Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Fundación Universidad de las Américas Puebla. Sta. Catarina Mártir, Cholula, Puebla. C.P. 72820. México

Resumen

La leche es un alimento de gran importancia a nivel mundial y su consumo en forma de bebidas lácteas ha ido en aumento en los últimos años. La modificación de propiedades como consistencia o la viscosidad ha permitido generar nuevos productos que son bien aceptados por los consumidores. Estas modificaciones se han logrado gracias a la alteración de la consistencia debida a la acción de distintos aditivos. De aquí que el objetivo de este artículo haya sido realizar una revisión bibliográfica del efecto que tienen distintos aditivos en la modificación de la viscosidad de bebidas lácteas. Estabilizantes como el almidón o la inulina en concentraciones de hasta 10% han mejorado la consistencia. Por otro lado, la carragenina es un estabilizador que incrementa la viscosidad de la leche en concentraciones tan bajas como 0.01%. La viscosidad es una propiedad física de suma importancia en la caracterización de bebidas lácteas, tanto por su manejo industrial como por su efecto sensorial, por lo cual se han evaluado nuevos aditivos que han modificado esta propiedad.

Palabras clave: leche, bebidas lácteas, estabilizantes, viscosidad, consistencia.

Abstract

Milk is a food of great importance worldwide and its consumption as lactic beverages has been increasing in recent years. The modification of properties such as consistency or viscosity has brought further improvements in its quality and its acceptance by consumers. These consistency changes have been achieved by the incorporation of various additives. Therefore, the objective of this paper was to conduct a literature review on how different additives contribute to changes in the viscosity of milk beverages. Stabilizers such as starch or inulin at concentrations up to 10% have modified the milk consistency. On the other hand, carrageenan is a stabilizer that increases the viscosity at concentrations of 0.01%. Viscosity is a property of great importance in the characterization of dairy beverages, in industrial management as in sensory impact, so that new additives that have modified this property have been evaluated recently.

Keywords: milk, milk beverages, stabilizers, viscosity, consistency.

*Programa de Doctorado en Ciencias de Alimentos
Tel.: +52 222 229 2126, fax: +52 222 229 2727
Dirección electrónica: manuelo.ramirezse@udlap.mx

Introducción

La leche es uno de los alimentos más nutritivos, ya que está compuesta principalmente por agua, lactosa, materia grasa, proteínas y otros nutrientes como vitaminas y minerales. La leche proveniente de la vaca es la más importante para la dieta humana y la que tiene más aplicaciones industriales (Badui, 2006). El consumo de productos lácteos también ha experimentado, desde la década de 1950, un considerable crecimiento en la demanda mundial que ha llevado a la industria a superar retos tecnológicos importantes (Saxelin *et al.*, 2003).

Las últimas tres décadas de desarrollo en la ciencia y la tecnología dedicada a la leche y los productos lácteos han dado lugar a importantes avances en la mecanización, la automatización, la higiene en la planta, la calidad y la seguridad, la ampliación de la vida útil, y la introducción de nuevos productos que han traído variedad y conveniencia para el consumidor. El consumidor se ha beneficiado enormemente, en especial por la mejora de la calidad y la vida útil de la leche y la diversidad de productos lácteos. Estos treinta años se han caracterizado por la consolidación de la industria de la leche y los productos lácteos. De los 74.3 mil millones de litros de leche producida en los Estados Unidos en 2003, el 39% se consumió como leche fluida. En Canadá, la producción de leche en 2002 se situó en 7.4 mil millones de litros y un 38% se vendió como leche fluida. En 2002, México ocupó el décimo tercer lugar del mundo con un total de leche producida de 9,542 millones de litros. Actualmente, las plantas de producción de leche pasteurizada y las bebidas afines generan volúmenes de hasta 200,000 L/h (Goff y Griffiths, 2006).

Los productos lácteos se pueden dividir en productos sólidos y bebidas lácteas. Las bebidas lácteas son el grupo de alimentos

procesados derivados de la leche, cuya consistencia es líquida o semilíquida y que son altamente perecederos. Las bebidas lácteas pueden presentarse en formas fermentadas como el yogur y el kéfir, así como en formas no fermentadas como leches funcionales y leches saborizadas. El desarrollo de nuevas bebidas lácteas es una alternativa a la producción de leche fluida cruda, ya que como mencionan Yanes *et al.* (2002), las bebidas lácteas saborizadas para consumo directo son comunes en muchos países y su consumo se fortalece en grupos de personas como jóvenes y ancianos. Varias de las propiedades de estas bebidas han sido modificadas, adicionando fibra, calcio, vitaminas, minerales, ácido linoleico, distintas cepas microbianas (probióticos), prebióticos (fructo-oligosacáridos), distintos tipos de frutas con altos contenidos de antioxidantes, carotenoides, flavonoides y antocianinas, entre otros.

Aunque todas las propiedades fisicoquímicas de estas bebidas, tales como color, densidad, acidez, entre otras, son muy importantes, una de las principales es su consistencia, misma que puede ser expresada a partir de la viscosidad. La viscosidad es una propiedad física de gran importancia en etapas de control de calidad de ingredientes y producto terminado; en el diseño y evaluación de procesos y para el desarrollo de alimentos debido a que tienen gran impacto en la aceptabilidad del producto por parte del consumidor.

Existen muchas bebidas lácteas en las cuales la viscosidad es afectada por la adición de distintos ingredientes y/o aditivos, entre los que destacan las gomas (Villegas y Costell, 2007; Villegas 2008; Tárrega *et al.*, 2005).

De aquí que el objetivo de este artículo sea hacer una revisión de estudios en los que se haya evaluado la adición de estabilizantes en

la viscosidad de bebidas lácteas no fermentadas.

Revisión Bibliográfica

1. Bebidas lácteas y propiedades reológicas

Las bebidas lácteas se pueden dividir en dos grandes grupos: fermentadas o no fermentadas. Las bebidas lácteas fermentadas son productos líquidos en los que la acción de las bacterias ácido lácticas contribuye de manera sobresaliente en las características de dichas bebidas. El efecto de las bebidas lácteas fermentadas en el organismo humano es restablecer y fortalecer la flora intestinal; además, el proceso de fermentación incrementa la vida útil del lácteo y le proporciona características sensoriales diferentes y agradables.

Por otro lado, las bebidas lácteas no fermentadas son productos derivados de la leche, a los que se les ha modificado el contenido graso, el valor nutricional o el sabor, entre otras características. Entre estos productos están las leches funcionales y las leches saborizadas.

La industria de los productos lácteos está interesada en la incorporación de ciertos elementos, tales como nutrientes, microorganismos y sabores a los productos de la leche, ya que actualmente la fortificación, la funcionalidad y la búsqueda de satisfacción del consumidor son una práctica común (Aportela-Palacios *et al.*, 2005).

Mientras que las leches saborizadas se comercializan con sabores como fresa, chocolate, vainilla (vainillina), entre otros, con el objeto de hacer la ingesta de la leche más atractiva a ciertos sectores de la población. Las leches funcionales son aquellas cuyo contenido nutricional natural ha sido alterado

de forma artificial con el objeto de que el producto cubra ciertas carencias nutricionales (Mostproject, 2005).

Por otra parte, las bebidas lácteas de diferentes sabores para el consumo directo son comunes en muchos países. Sus características nutricionales y sensoriales, así como su conveniencia, mayormente cuando se presentan en empaques individuales, favorecen su consumo por grupos de personas como los jóvenes y los ancianos. Las más populares son las bebidas de chocolate. Básicamente son formuladas con leche, glucosa, polvo de cacao y algunos hidrocoloides; estos últimos son adicionados para mejorar la consistencia y prevenir la sedimentación de partículas de cacao. Los sólidos lácteos también son incluidos con frecuencia. Las características particulares de los diferentes ingredientes como el contenido de grasa de la leche, la alcalinidad y el color del polvo de cacao, el tipo y la concentración del hidrocoloide, producen diferencias notables en la composición final y en las propiedades físicas y sensoriales específicas de los productos formulados (Yanes *et al.*, 2002).

En la literatura se encuentran referencias que señalan la dependencia de las propiedades sensoriales de estos productos de los factores composicionales, como el contenido de grasa en la leche (Raats y Shepherd, 1992), el contenido de hidrocoloides, la glucosa y el polvo de cacao (Folkenberg *et al.*, 1999; Houg y Sánchez, 1998). Los efectos del contenido de grasa en el color y la viscosidad y el efecto de los hidrocoloides en las propiedades de flujo (Langendorff *et al.*, 2000) han sido estudiados en leche, el mayor componente de estas bebidas.

El conocimiento de las propiedades reológicas de los productos lácteos es esencial para el manejo del material, para el diseño y operación del equipo de proceso utilizado en la industria y también debido a la relación que

tienen con las propiedades sensoriales. Algunos productos lácteos, cuando se someten a deformación, exhiben “adelgazamiento”, aparentemente debido al rompimiento en su estructura. Sin embargo, la estructura puede reconformarse con el tiempo, cuando al producto se le permite asentarse, y exhibe un comportamiento tixotrópico, una característica de muchos productos alimenticios (Awadhal y Singh, 1985).

La reología de los productos lácteos ha sido estudiada en forma limitada. En ciertas condiciones, como velocidad moderada de deformación, contenidos de grasa por debajo del 40% y temperaturas sobre los 40° C, a la que la grasa es líquida y no existe coagulación por enfriamiento. La leche bronca, la leche concentrada y la crema son fluidos con propiedades reológicas newtonianas. Sin embargo, estos productos lácteos exhiben propiedades reológicas no newtonianas, sobretodo cuando las cremas se mantienen en condiciones por debajo de los 40° C y pequeñas velocidades de deformación (Fox y McSweeney, 1998). La leche condensada y endulzada, la crema y el yogurt muestran comportamiento tixotrópico, es decir, su viscosidad aparente está inversamente relacionada con las velocidades de deformación. La leche concentrada, mantequilla, helado, yogurt y queso son productos que pueden expresar propiedades viscoelásticas (Vélez-Ruiz y Barbosa-Cánovas, 1997; Penna *et al.*, 2001).

2. Agentes Estabilizadores

Los agentes estabilizadores mejoran el cuerpo y la viscosidad de los productos lácteos. Estos estabilizadores incluyen compuestos como almidón, carragenina, garrofin, goma xantana, goma guar, pectina, inulina, entre otros (Silverson, 2009). A continuación se presentan las características de algunos, mismos que fueron seleccionados debido a su amplia utilización en la industria láctea (carragenina)

o la adición de otras propiedades como la dulzura (inulina) o a su bajo costo de producción (almidón), además de sus características de agentes estabilizadores modificadores de la viscosidad.

2.1 Almidón

El almidón es un polisacárido de reserva alimenticia predominante en las plantas, que proporciona el 70-80% de las calorías consumidas por los humanos de todo el mundo. Tanto el almidón como los productos de la hidrólisis del almidón constituyen la mayor parte de los carbohidratos digeribles de la dieta habitual. Tanto los almidones nativos como los almidones modificados tienen un número enorme de posibles aplicaciones en los alimentos, que incluyen las siguientes: adhesivo, ligante, enturbiantes, formador de películas, estabilizante de espumas, agente anti-envejecimiento de pan, gelificante, glaseante, humectante, estabilizante, texturizante y espesante. Los almidones nativos y modificados se usan comúnmente en los productos lácteos porque incrementan la viscosidad, mejoran la palatabilidad y evitan la pérdida del suero de leche.

Cuando se usa solo o como parte de una mezcla de estabilizadores, el almidón es un buen agente espesante debido a su textura cremosa, la facilidad de procesamiento y bajo costo en comparación con otros hidrocoloides (Foss, 2009). En sistemas con almidón, la interacción con los componentes de la leche puede afectar a la estructura del sistema, influyendo tanto en sus propiedades de flujo como viscoelásticas dependiendo de la naturaleza del almidón (Tárrega *et al.*, 2005).

2.2 Carrageninas

Las carrageninas pertenecen al grupo de los polisacáridos sulfatados lineales aniónicos. Se componen de residuos de D-galactopiranosas

ligados por enlaces alternados α (1-3) y β (1-4). Existen tres tipos principales de carrageninas: λ , ι y κ .

Su capacidad de formación de gel se atribuye al hecho de que son capaces de combinarse en doble hélice, para formar enlaces cruzados entre las moléculas en una red tridimensional. La λ -carragenina no forma geles, sólo provoca un aumento de la viscosidad de las soluciones acuosas. Las interacciones entre la carragenina y las proteínas de leche han sido estudiadas en detalle en vista de su amplia aplicación en la industria láctea (Shchipunov y Chesnokov, 2003)

La funcionalidad de la κ -carragenina en sistemas de producción lechera ha sido bien conocida y estudiada por muchos años. En leche tiene la capacidad para inhibir la separación de fases entre las proteínas de la leche y los polisacáridos, aún en concentraciones muy bajas ($< 200\text{ppm}$) (Vega *et al.*, 2004)

Cuando las partículas se hidratan en una dispersión de carragenina, la viscosidad aumenta debido a que las partículas hidratadas ofrecen más resistencia al flujo. Las soluciones muy diluidas, con niveles de alrededor de 200 ppm de carragenina, se usan para estabilizar las leches de chocolate y otras bebidas lácteas.

Algunos de los primeros usos de la carragenina se encuentran en geles de leche y flanes, y en la estabilización de la leche evaporada y mezclas de helado. En estas aplicaciones, la κ -carragenina forma un gel débil en la fase acuosa que también interactúa con los aminoácidos de las proteínas de la superficie de las micelas de caseína. Niveles muy bajos de carragenina (150-250ppm) son suficientes para evitar la separación de suero de leche durante la fabricación y el almacenamiento de una amplia gama de productos lácteos. Estos incluyen el helado y

batidos de leche, queso crema y postres lácteos. En las leches de chocolate, este bajo nivel de carragenina es capaz de evitar la separación de fases y generar una red que mantiene las partículas de cacao en suspensión. El amplio espectro de propiedades espesantes y gelificantes de la carragenina hacen que su uso sea extenso en una amplia gama de productos lácteos (Imeson, 2000)

2.3 Inulina

La inulina es un compuesto que se encuentra de manera natural en muchas especies vegetales y que actualmente se produce a escala comercial por extracción a partir de la raíz de la achicoria. La inulina nativa es una mezcla de cadenas de oligómeros y polímeros con un número variable de moléculas de fructosa, unidas por enlaces β (2 \rightarrow 1) que suele incluir en su extremo, una molécula de glucosa (Villegas, 2008). La inulina y sus derivados ofrecen múltiples usos como ingredientes en la formulación de productos ya que tienen la capacidad de formar geles, actúan como agentes emulgentes, como edulcorantes, como sustitutos de grasas, y son capaces de modificar la viscosidad. El grado de polimerización de la inulina es variable, y determina sus propiedades físicoquímicas y sus aplicaciones como ingrediente en las formulaciones alimenticias (Madrigal y Sangronis, 2007). La inulina de cadena corta u oligofructosa es mucho más soluble y más dulce que la inulina nativa, con un perfil de dulzor similar al de la sacarosa y menor contenido calórico (4200-8400 kJ/kg), aunque con un poder edulcorante inferior (30-35%). Puede ser útil para reemplazar parcialmente a la sacarosa de una formulación o sustituirla totalmente cuando se combina con otros edulcorantes calóricos. La inulina de cadena larga, con grado de polimerización alto (22-25), es más estable térmicamente, menos soluble y más viscosa que la nativa (Wada *et al.*, 2005), y tiene una capacidad como sustituto de grasa, que es prácticamente el

doble que la de la inulina nativa (Coussement, 1999). Sus propiedades como sustituto de grasa se atribuyen a su capacidad para formar microcristales que interaccionan entre sí formando pequeños agregados que atrapan gran cantidad de agua, originando una textura cremosa y fina que proporciona una sensación bucal similar a la de la grasa (Bot *et al.*, 2004). En fórmulas de leche de chocolate, la adición de inulina aumenta la viscosidad (Tungland y Meyer, 2002); además, incrementa la dulzura, la oscuridad, el espesor y la cremosidad, y reduce al mínimo la sedimentación de partículas de cacao (Abd, 2009).

Otros agentes estabilizantes como el garrofin, alginatos, goma xantana, goma guar y pectina también se utilizan en bebidas lácteas siendo su efecto estabilizante similar al de la carragenina, almidón o inulina; sin embargo, son utilizados con menor frecuencia.

3. Leche estabilizada

En las leches son sabor pueden utilizarse una gran variedad de estabilizadores. La leche más comercial es la de sabor chocolate y se estabiliza con carragenina, otras gomas, y almidón de maíz (Krautheim, 2008).

En la Fig. 1 se muestra la viscosidad de dispersiones de tres tipos de almidón que fueron agregados a la leche. Como se esperaba, la viscosidad de la dispersión se incrementó con el aumento de la concentración del almidón, debido, probablemente, al aumento de la fracción volumétrica de los gránulos de almidón en la dispersión. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los tres tipos de almidón y su efecto viscoso (Tárrega *et al.*, 2005). Los altos valores de viscosidad obtenidos son atribuibles a la viscosidad de la fase continua (leche), debido a la presencia de las caseínas, lactoglobulinas, grasa y otros componentes de la leche y a las posibles interacciones entre estos componentes y el almidón (Vélez-Ruiz y Barbosa, 1997).

Abu-Jdayil *et al.* (2004) estudiaron el efecto de dispersiones de almidón de trigo en la viscosidad de leche y encontraron que, además de presentar un aumento en la viscosidad aparente, el efecto se hizo más pronunciado con el aumento del contenido graso de la leche.

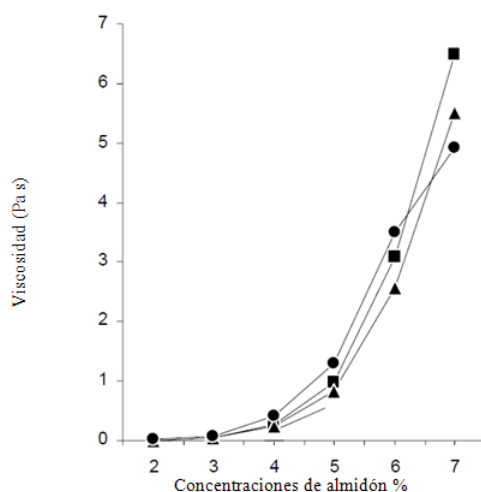


Fig.1. Viscosidad de leche adicionada como función de la concentración de almidón: hidroxipropilado de maíz (■), acetilado de maíz (●), hidroxipropilado de tapioca (▲). Adaptada de Tárrega *et al.* (2005).

El comportamiento reológico de mezclas de proteínas de leche comercial con κ -carragenina en solución acuosa fue estudiado por Hemar *et al.* (2002) con cuatro fuentes de proteína de leche: leche descremada en polvo, concentrado de proteína de leche, caseinato de sodio, y proteína de suero. Para concentraciones de κ -carragenina de hasta 0.5%, la viscosidad de la mezcla se incrementó notablemente a bajas velocidades de deformación con la adición de leche descremada en polvo y concentrado de proteína de leche, pero no cambió con la adición de caseinato de sodio o proteína de suero de leche. Para κ -carragenina con concentraciones de 1 a 2.5%, las mediciones reológicas mostraron que se mejoró notablemente la resistencia de los geles.

Anderson *et al.* (2002) encontraron que la viscosidad en leche descremada con adición de carragenina aumentó significativamente a distintos niveles de concentración (0.005, 0.01, 0.02 o 0.04%), como se esperaba. En otro estudio de Tijssen *et al.* (2007), la viscosidad de la leche descremada aumentó con la adición de carragenina, de 0.008 a 0.06 Pa s.

En la Fig. 2 se presenta el efecto de la adición de κ -carragenina en las propiedades reológicas de soluciones a 25° C, que contienen 40% de sustitutos de azúcar. En

estos sistemas se encontró que la κ -carragenina es un factor efectivo de control de la viscosidad aparente ya que dicho parámetro se incrementa proporcionalmente con la concentración de la goma (Ozdemir y Hasan, 1998).

En un estudio de Villegas (2008), se adicionaron tres tipos de inulina a la leche para conocer el efecto de la longitud de ésta en la viscosidad. La inulina de longitud de cadena larga fue la que proporcionó los mayores incrementos de viscosidad instrumental, seguida de la inulina de cadena corta y de la inulina nativa. Paralelamente, se puso de manifiesto que la capacidad de la inulina como sustituto de grasa dependía no sólo de la longitud media de las cadenas, sino también de la concentración de inulina añadida.

En la Fig. 3 Villegas y Costell (2007), presentan el efecto de la inulina sobre la viscosidad de leche. En este estudio no se observaron diferencias significativas entre la viscosidad de las muestras con concentraciones de inulina menores al 6%; sin embargo, se detectaron diferencias significativas en la viscosidad de la leche adicionada con concentraciones de 8 y 10% de inulina. El incremento de las concentraciones de inulina aumentó significativamente

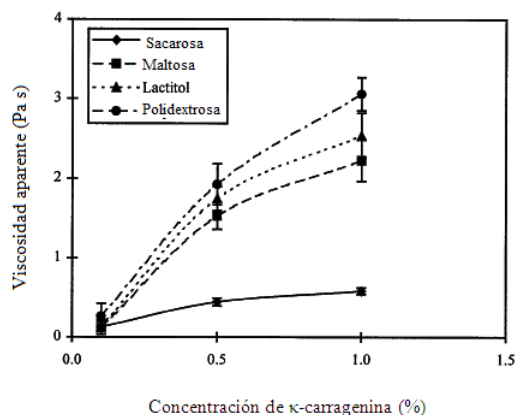


Fig. 2. Relación entre viscosidad aparente y la concentración de κ -carragenina a velocidad de deformación constante (30 rpm). Adaptada de Ozdemir y Hasan (1998)

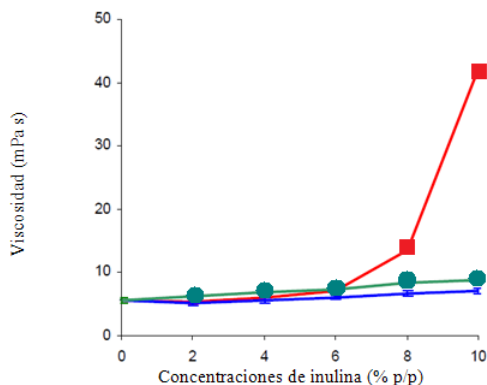


Fig.3. Viscosidad de leche con inulina de cadena corta (●), nativa (■) y de cadena larga (■). Adaptada de Villegas y Costell (2007).

la viscosidad; este efecto resultó más acusado en los sistemas con inulina de cadena larga.

Villegas (2008) concluyó que es necesario añadir inulina de cadena larga a concentraciones de más del 8% a la leche baja en grasa, a fin de obtener bebidas con viscosidad y cremosidad similares a las percibidas en las bebidas elaboradas con leche entera. A concentraciones más bajas (6 y 8%), los tres tipos de inulina estudiadas tienen una viscosidad significativamente menor que la correspondiente a la leche entera. Independiente del grado de polimerización, cuando una concentración de 6% de inulina se ha añadido a la leche descremada, la leche se percibe menos viscosa y menos cremosa que la leche entera. Al añadirse diferentes tipos de inulina con una concentración del 8% la leche baja en grasa se percibe menos viscosa que la leche entera. La influencia de la longitud de la cadena sobre el potencial de sustitución de grasa de la inulina en bebidas, se acentuó con el aumento de la concentración hasta el 10%. La viscosidad de la muestra con el 10% de inulina de cadena larga no difirió de la viscosidad de la muestra con la leche entera.

Entonces el efecto de la adición de inulina en el comportamiento reológico de la leche y de leche con κ -carragenina, depende

claramente del contenido de materias grasas lácteas y de la longitud de la cadena de inulina en función de la concentración añadida.

La adición de inulina con los diferentes grados de polimerización en una concentración suficientemente alta, aumenta la viscosidad aparente de la leche. Mientras que el comportamiento de la viscosidad de leche adicionada con almidón, principalmente depende tanto del tipo de almidón como de la fracción volumétrica de los gránulos. Lo cual se puede atribuir al aumento en la rigidez de los gránulos de almidón.

Tanto el almidón como la inulina son agentes que confieren consistencia a la leche; no obstante, la inulina es un agente que no sólo confiere estabilidad sino también sabor a las bebidas lácteas. Aunque este compuesto afecta el sabor de la leche, este atributo se ha modificado más claramente mediante la adición de distintos ingredientes como chocolate, vainilla, etc.

Por otro lado, Preston (2007) encontró que otro aditivo, la miel, puede utilizarse en la leche de chocolate mejorando su sabor y viscosidad. Los cambios de la viscosidad en almacenamiento de esta bebida láctea tuvieron valores desde 496.52 mPa s hasta 537.63 mPa

s en un lapso de 14 días, mejorando la viscosidad de la leche de chocolate comercial (525 mPa s). Diversos azúcares, jarabes y mezclas de edulcorantes artificiales se utilizan de igual manera en el mejoramiento del sabor y de la consistencia de bebidas lácteas.

Conclusión

Las bebidas lácteas no fermentadas son de gran importancia a nivel mundial debido al incremento en su consumo, por lo que el mejoramiento de la consistencia mediante la modificación de la viscosidad con diferentes agentes estabilizantes es una práctica que se desarrolla actualmente.

La viscosidad es una propiedad de suma importancia en la caracterización de productos alimenticios y por ende de productos lácteos, por lo cual se han encontrado nuevos aditivos que han mejorado esta propiedad. Ejemplos de estos aditivos son la inulina, el almidón y la carragenina, que se han agregado a bebidas lácteas no fermentadas y que al mejorar la consistencia, han mejorado también su aceptabilidad por parte del consumidor.

Existen aún muchos aditivos por estudiar, que modifiquen la viscosidad de bebidas lácteas. Aditivos innovadores que podrían corregir la consistencia, sin modificar otras propiedades fisicoquímicas.

Agradecimientos

M.O. Ramírez-Sucre agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento de sus estudios de doctorado.

Referencias

- Abd, E. A. 2009. Optimization of a new version of chocolate milk for endurance performance and postexercise. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 5(4):482-489.
- Abu- Jdayil, B., Mohameed, H. y Eassa, A. 2004. Rheology of wheat starch-milk-sugar systems: effect of starch concentration, sugar type and concentration, and milk fat content. *Journal of Food Engineering*. 64:207-212.
- Aportela-Palacios, A., Sosa-Morales, M. E. y Vélez-Ruiz, J. F. 2005. Rheological and physicochemical behavior of fortified yogurt, with fiber and calcium. *Journal of Texture Studies*. 36:333-349.
- Awadhal, N. K. y Singh, C. P. 1985. A rheological model for milk products. *Journal of Food Science*. 50:1611-1614.
- Anderson, A.D., Daubert, C.R. y Farkas B.E. 2002. Rheological characterization of skim milk stabilized with carrageenan at high temperatures. *Journal of Food Science*. 67(2):649-652.
- Badui, D. S. 2006. *Química de los alimentos*. Editorial Pearson. 4a. ed. 604 p.
- Bot, A., Erle, U., Vreeker, R. y Agterof, W.G. 2004. Influence of crystallization conditions on the large deformation rheology of inulin gels. *Food Hydrocolloids*. 18(4):547-556.
- Coussement, P.A. 1999. Inulin and oligofructose: safe intakes and legal status. *American Society for Nutritional Sciences*. 129:1412-1417.
- Folkenberg, D. M., Bredie, W. L. y Martens, M. 1999. What is mouthfeel? Sensory- rheological relationships in instant hot cocoa drinks. *Journal of Sensory Studies*. 14:181-195.
- Foss, J. W. 2009. *How processing affects starch selection for yogurt*. http://eu.foodinnovation.com/pdfs/process_yogurt.pdf, accesada: 05/06/2009.
- Fox, P. F. y McSweeney, P. L. 1998. *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Blackie Academic and Professional. EE.UU. 478 p.
- Goff, H. D. y Griffiths. 2006. Major advances in fresh milk and milk products: fluid milk products and frozen desserts. *Journal of Dairy Science*. 89:1163-1173.
- Hemar, Y., Hall, C. E., Munro, P. A. y Singh, H. 2002. Small and large deformation rheology and

- microstructure of κ -carrageenan gels containing commercial milk protein products. *International Dairy Journal*. 12(4):371-381.
- Hough, G. y Sánchez, R. 1998. Descriptive analysis and external preference mapping of powdered chocolate milk. *Food Quality and Preference*. 9(4):197-204.
- Imeson, A. P. 2000. Carrageenan En: Phillips, G.O. y Williams P.A. *Handbook of hydrocolloids*. Woodhead Publishing, Cambridge. 87-102 p.
- Krauthaim, A. 2008. *Formulating reduced calorie / reduced sugar flavored milks*. National dairy council. <http://www.innovatewithdairy.com/NR/ronlyres/B6A0CFA0-7CAF-4EF4-80EF-5C4907C7C810/0/FormulatingReducedCalorieReducedSugarFlavoredMilks.pdf> accesada: 01/03/2009.
- Langendorff, V. Cuvelier, G., Michon, C., Launay, B., Parker, A. y De kruij, C. G. 2000. Effects of carrageenan type on the behavior of carrageenan/milk mixtures. *Food Hidrocolloids*. 14:273-280.
- Madrigal, L. y Sangronis E. 2007. La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 57(4):387-396.
- Mostproject. 2007. La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 57(4):387-396.
- Ozdemir, M. y Hasan, S. 1998. Characterization of rheological properties of systems containing sugar substitutes and carrageenan. *International Journal of Food Science and Technology*. 33:439-444.
- Penna, A. L., Sivieri, K. y Oliveira, M. N. 2001. Relation between quality and rheological properties of lactic beverages. *Journal of Food Engineering*. 49:7-13.
- Preston, M. B. 2007. *Honey in chocolate milk-based Beverages*. National Honey Board and University of Nebraska-Lincoln Food Processing Center. <http://www.honey.com/foodindustry/resourcedb/chocolatemilk.htm>, accesada: 15/02/09.
- Raats, M. M. y Shepherd, R. 1992. Free-choice profiling of milks and other products prepared with milks of different fat contents. *Journal of Sensory Studies*. 7:179-203.
- Saxelin, M., Korpela, R. y Mäyrä-Mäkinen, A. 2003. Introduction: classifying functional dairy products. En: Mattila-Sandholm, T. y Saarela, M. *Functional dairy products*. Valio Ltd, Finlandia. 395 p.
- Shchipunov, A. Y. y Chesnokov, A. V. 2003. Carrageenan gels in skim milk: formation and rheological properties. *Colloid Journal*. 65(1):114-123.
- Silverson. 2009. *Food. Production of flavored milk drinks*. Aplicattion report. <http://www.silverson.com/USA/SearchResults.cfm>, accesada: 01/03/2009.
- Tárrega, 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.
- Tijssen, R. L., Canabady-Rochelle L. S. y Mellema M. 2007. Gelation upon long storage of milk drinks with carrageenan. *Journal of Dairy Science*. 90(6):2604-2611.
- Tungland, B. C. y Meyer, D. 2002. Non-digestible oligosaccharides (dietary fibre): their physiology and role in human health and food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 3:73-92.
- Vega, C., Andrew, R.A., y Goff, H.D. (2004). Serum separation in soft serve ice cream mixes. *Milchwissenschaft*. 59:284-287.
- Vélez-Ruiz, J. F. y Barbosa-Cánovas, G. V. (1997). Rheological properties of selected dairy products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 37:311-359.
- Villegas, B. 2008. *Efecto de la adición de inulina en las características físicas y sensoriales de batidos lácteos*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- Villegas, B. y Costell, E. 2007. Flow behaviour of inulin-milk beverages. Influence of inulin chain length and of milk fat content. *International Dairy Journal*. 17(7):776-781.
- Wada, T., Sugatani, J., Terada, E., Ohguchi, M. y Miwa, M. 2005. Physicochemical characterization and biological effects of inulin enzymatically synthesized from sucrose. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53:1246-1253.
- Yanes, M., Durán, L. y Costell, E. 2002. Rheological and optical properties of commercial chocolate milk beverages. *Journal of Food Engineering*. 51:229-234.