

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL USO DE HIDROCOLOIDES EN LA
REOLOGÍA DE UN COMPLEMENTO NUTRICIONAL LÍQUIDO**

LUZ STELLA VANEGAS PÉREZ

**Tesis de grado para optar al título de
Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos**

**Director
M. Sc. Diego Alonso Restrepo Molina**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
POSGRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
MEDELLÍN
2009**

AGRADECIMIENTOS

La autora quiere agradecer a Tecnas S.A. por ser la empresa patrocinadora de este proyecto, por medio de la cual se obtuvieron recursos como materias primas y materiales, laboratorios para análisis sensorial, fisicoquímico y microbiológico y realización de mediciones reométricas.

En especial, un agradecimiento y reconocimiento especial a las personas de Investigación y Desarrollo de Tecnas S.A. por su permanente y desinteresada colaboración durante la ejecución de todo el proyecto:

Qca. Bibiana María Jaramillo Galeano

Ing. Jeanine Kathleen Peñaloza

Ing. Johanna Andrea Alzate Ceballos

Ing. Alexis López Padilla

RESUMEN

Esta investigación hace parte de un proyecto adscrito al Grupo de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos (GICTA) COL0019641 en su Línea de investigación: Desarrollo de productos alimenticios de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, específicamente al Macroproyecto: "Evaluación de agentes espesantes usados en alimentos y caracterización de algunos sistemas alimenticios líquidos y pastosos", HERMES 6543, año 2007; por medio de este estudio se evaluó el comportamiento reológico, medido en términos de coeficiente de consistencia (κ), *yield stress* (τ_0), índice de fluencia (n), viscosidad a *shear rate* de 20seg^{-1} (η_{20}) e índice de tixotropía, obtenidos por medio de curvas de flujo y en términos de $\text{Tan } \delta$ obtenida mediante barrido de esfuerzos en modo oscilatorio) de un complemento nutricional líquido pasteurizado dirigido a población infantil vulnerable a desnutrición (niños entre 3 y 5 años) cuando se utilizan siete (7) mezclas de hidrocoloides en un nivel de 0,2%, correspondientes a un diseño de mezclas que incluyó goma xántica, goma algarrobo y carragenina kappa; se encuentra que la mezcla 50% carragenina kappa: 50% goma xántica genera separación de fases; los tratamientos que mejor estabilizan el sistema desde el punto de vista de evitar la sedimentación son (100% goma xántica, mezcla 50% goma xántica:

50% goma algarrobo y mezcla 33,3% goma xántica, 33,3% goma algarrobo, 33,3% carragenina kappa) los cuales corresponden a los mayores valores de índice de tixotropía, η_{20} y κ ; estas últimas dos son las que permiten explicar el comportamiento reológico del sistema y se obtienen las curvas de flujo para cada una de ellas mediante modelos cuadráticos con valores de R cuadrado de 0,9955 para η_{20} y de 0,9862 para κ ; con las 3 mezclas definidas como las mejores en términos de estabilidad, se realizó una prueba sensorial de aceptación con un grupo de 150 niños pertenecientes a la población objetivo, quienes seleccionaron como mejor opción la propuesta que contenía como estabilizante la mezcla de los 3 hidrocoloides; luego, se realizó seguimiento durante los primeros 20 días de vida útil del complemento líquido homogenizado y pasteurizado elaborado con esta mezcla estabilizante dosificada en 3 niveles (0,1%, 0,2% y 0,3%) y empacado en envase de vidrio en unidades de 200ml, con el fin de determinar los cambios en el comportamiento reológico (medido como η_{20} y κ), sensorial (medido como sabor objetable, aroma objetable y textura geométrica) y microbiológico (medido como mesófilos, coliformes totales y fecales, *Staphilococcus aureus*, *Salmonella* y *Lactobacillus*) durante almacenamiento a condiciones de refrigeración (2 ± 2 °C); se concluyó que no existen variaciones significativas desde ninguno de los aspectos

evaluados independiente del nivel utilizado, siendo el de menor varianza de las características reológicas la propuesta en un nivel de 0,2%.

Palabras clave: reología, estabilización, aceptación sensorial, almacenamiento, complemento nutricional.

ABSTRACT

The current research is part of a project that is attached to the Science and Technology of Food Research Group (GICTA) COL0019641 in its line of research: Food Products Development by the Universidad Nacional de Colombia, Medellin Campus, specifically to the Macroproject: "Evaluation of thickening agents used in food products and characterization of some liquid and doughy food systems" HERMES 6543, year 2007; through out this study was evaluated rheological behavior, measured in terms of coefficient of consistency (κ), yield stress (τ_0), (n), viscosity to shear rate of 20seg^{-1} (η_{20}) and tixotropy index, through the flow curves and in $\text{Tan } \delta$ terms by the stress swept in oscillatory mode) of a pasteurized liquid nutritional supplement directed infantile vulnerable population to malnutrition (children between 3 and 5 years) when seven (7) mixtures of hydrocolloids at 0,2% level corresponding to a mixture design which included xanthan gum, locust bean gum and kappa carrageenan; it is found that the 50% kappa carrageenan: 50% xanthan gum 50% mixture results in phases separation; the treatments that best stabilize the system with the aim of avoiding sedimentation are (100% xanthan gum, 50% xanthan gum mixture: 50% locust bean gum and 33,3% xanthan gum, 33,3% locust bean gum and 33,3% kappa carrageenan) which correspond to the highest tixotropic index values , η_{20} y κ ; these

two last are the ones that allow to explain the rheological behavior of the system and the flow curves for each of them are obtained through quadratic modeling with R-square values of 0,9955 for η_{20} and 0,9862 for κ ; with 3 mixtures defined like the best in terms of stability, it was realized sensory test of approval between the 3 proposals with a group of 50 children belonging to the population of study, which chose as the best option the proposal 3 corresponding to the mixture of the 3 hydrocolloids; then, a following up was carried out during the first 20 days of shelf life of the homogenized and pasteurized liquid supplement prepared with the selected mixture at 3 levels (0,1%, 0,2% and 0,3%) and packed in glass bottles of 200 ml units with the purpose of determining the changes in the rheological behavior (measured as η_{20} and κ), sensory (measured as objectionable flavor and aroma and sandy texture) and microbiological (measured as total plate count, total and faecalis coliforms, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* and *Lactobacillus*) during storage under refrigeration conditions ($2\pm 2^{\circ}\text{C}$); It was concluded that significant variations do not exist from any of the evaluated aspects independently of the level used, being the smaller variance, in terms of rheology, the 0.2%.

Key words: Rheology, stabilization, Sensory Approval, Storage, Nutritional Supplement.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1. COMPLEMENTOS NUTRICIONALES	6
2.2. HIDROCOLOIDES USADOS EN COMPLEMENTOS ALIMENTICIOS. 8	
2.2.1. Hidrocoloides objeto de estudio.....	9
2.3. FUNCIONALIDAD DE LA PROTEÍNA DE SOYA.....	14
2.4. CONCEPTOS BÁSICOS DE REOLOGÍA	16
2.4.1. Clases de fluidos	17
2.4.2. Mediciones reológicas	21
2.5. MEDICIONES SENSORIALES.....	29
2.5.1. Pruebas más comunes con jueces consumidores	30
2.5.2. Pruebas con jueces entrenados	33
2.5.3. Restrictores de consumo de productos con proteínas de soy	34
3. CAPÍTULO 1.....	38
RESUMEN.....	39
ABSTRACT.....	39
INTRODUCCIÓN	40

MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
RESULTADOS.....	44
DISCUSIÓN.....	50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
4. CAPÍTULO 2.....	56
RESUMEN.....	57
ABSTRACT.....	58
INTRODUCCIÓN.....	59
MATERIALES Y MÉTODOS.....	62
RESULTADOS.....	69
DISCUSIÓN.....	71
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
5. CONCLUSIONES.....	87
6. RECOMENDACIONES.....	89
7. BIBLIOGRAFÍA.....	91

CONTENIDO DE TABLAS

TABLAS DE LA REVISIÓN DE LITERATURA

Tabla 1. Experiencias en América Latina del uso de complementos nutricionales _____	8
---	---

TABLAS DEL CAPÍTULO 1

Tabla 1. Descripción de mezclas de hidrocoloides de estudio _____	45
Tabla 2. Datos para modelo de (η_{20}) _____	46
Tabla 3. Datos para modelo de (κ) _____	47
Tabla 4. Valores promedio de η_{20} y κ para los 7 tratamientos _____	49
Tabla 5. Valores de IT para los diferentes tratamientos _____	51
Tabla 6. Valores Tangente delta para cada tratamiento _____	51

TABLAS DEL CAPITULO 2

Tabla 1. Características microbiológicas de la leche pasteurizada según D616/2006 _____	82
Tabla 2. Datos generales del grupo poblacional evaluado_____	82
Tabla 3. Comportamiento de (η_{20}) durante 20 días para 3 niveles de mezcla de hidrocoloides_____	83
Tabla 4. Comportamiento de (κ) durante 20 días para 3 niveles de mezcla de hidrocoloides _____	83
Tabla 5. Comportamiento de (n) durante 20 días para 3 niveles de mezcla de hidrocoloides _____	84
Tabla 6. Resultados microbiológicos durante almacenamiento_____	84

CONTENIDO DE FIGURAS

FIGURAS DE LA REVISIÓN DE LITERATURA

Figura 1. Estructura de goma xántica _____	9
Figura 2. Estructura de goma algarrobo _____	11
Figura 3. Estructura de carragenina _____	13
Figura 4. Curva de fluidez (τ vs $\dot{\gamma}$) _____	22
Figura 5. Curva de comportamiento viscoelástico G vs τ _____	27

FIGURAS DEL CAPÍTULO 1

Figura 1. Esquema de diseño de mezclas _____	44
Figura 2. Superficie para los valores de η_{20} _____	48
Figura 3. Superficie para los valores de κ _____	48
Figura 4. Histograma de índice de fluencia n _____	49

FIGURAS DEL CAPÍTULO 2

Figura 1. Nivel de aceptación para todo el grupo poblacional evaluado_____	85
Figura 2. Nivel de aceptación para niños entre 3 y 4 años _____	85
Figura 3. Nivel de aceptación para niños entre 4 y 5 años _____	86
Figura 4. Nivel de aceptación para niños _____	86
Figura 5. Nivel de aceptación para niñas _____	87
Figura 6. Comportamiento de (η_{20}) durante 20 días para 3 niveles de mezcla de hidrocoloides _____	87
Figura 7. Comportamiento de (k) durante 20 días para 3 niveles de mezcla de hidrocoloides_____	88

1. INTRODUCCIÓN

Colombia es un país en donde son evidentes las diferencias sociales, inclusive en lugares geográficos cercanos. El gobierno colombiano intenta a través de programas liderados desde la Presidencia de la República, o desde las gobernaciones o alcaldías, dar un paliativo a estos ciudadanos en cuanto a la mejora de su nivel nutricional, a través de complementos alimenticios que son distribuidos gratuitamente o con bajos costos, que posibiliten, mediante preparaciones culinarias sencillas, tener disponible para la población más vulnerable, alimentos ricos en nutrientes, considerados escasos en la dieta básica a la que este tipo de personas pueden acceder por sus propios medios.

A pesar de los esfuerzos que se han realizado en los diferentes gobiernos de Latinoamérica por suministrar esta clase de complementos alimenticios, esto no ha sido suficiente para suplir los requerimientos de la población. Un estudio del Programa Mundial de Alimentos de la ONU y la CEPAL sobre hambre, malnutrición e inseguridad alimentaria en la región, reveló que el hambre y la malnutrición afectan a uno de cada diez habitantes de América Latina, aunque la región produce suficiente

comida para alimentar a 1.800 millones de personas, tres veces la población total de la región. ([Fundación Solidaridad por Colombia, 2008](#)); es por ello, que se hace necesario buscar alternativas que permitan tener una mayor cobertura de la población que recibe el beneficio de los complementos alimenticios.

El factor común que estos complementos tienen, es que su presentación es en polvo, con contenidos significativos en cuanto a macro y micronutrientes, de relativamente buen sabor, de larga conservación y listos para ser hidratados en agua o en mezclas agua leche; sin embargo, existen zonas en el país y en las mismas grandes ciudades, en las cuales la población marginal, no tiene disponible agua potable ni servicios públicos, que le permitan una adecuada preparación del producto, lo que conlleva a que se piense en una solución más integral, que permita suministrar un producto “listo para el consumo” sin perder sus condiciones nutricionales, sensoriales y, por supuesto, microbiológicas y fisicoquímicas; a nivel del mercado colombiano no se tiene disponibilidad de complementos nutricionales líquidos como parte de los programas de gobierno para ser suministrados a la población de interés antes descrita.

Los complementos alimenticios están constituidos por proteínas (su principal fuente es la soya, seguida de las proteínas lácteas), grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales que al ser reconstituidos en agua se convierten en un sistema complejo donde pueden presentarse propiedades de emulsión, dispersión, solución, espuma, entre otros, las cuales se dan como resultado de las interacciones que pueden ocurrir entre los diferentes componentes del complemento; cuando esta hidratación se hace para consumo inmediato como ocurre hoy en día con casi todos los productos diseñados para este fin, el sistema mantiene su condición de estabilidad durante el corto tiempo que transcurre entre la preparación y el consumo. Para el caso de interés de este proyecto, donde se quiere entregar al consumidor el complemento ya hidratado con la garantía de unas condiciones de calidad nutricional, sensorial y microbiológica, se pueden presentar situaciones de inestabilidad del producto; tales como, la sedimentación de partículas o la separación de fases; es por ello, que se hace necesario el estudio de agentes estabilizantes; además, de empaques y procesos, que garanticen todas las condiciones de calidad durante el tiempo de vida útil.

La industria de alimentos utiliza una amplia gama de ingredientes para corregir estos problemas de inestabilidad, entre ellos los más usados son los hidrocoloides, los cuales exhiben diferente comportamiento en dependencia del medio y de las interacciones que pueden establecer con otros ingredientes que conforman el alimento; la decisión del uso de algunos de ellos tendrá que ver con el efecto frente a los aspectos descritos, donde tanto la parte sensorial como la microbiológica son tan importantes para decidir como la funcionalidad, considerando que la primera determina el gusto del consumidor y la segunda el riesgo para la salud.

Este estudio está dividido en tres fases, en donde la primera se encargó de evaluar la influencia de algunos hidrocoloides sobre la estabilidad medida en términos reológicos de un complemento nutricional líquido, cuando este es sometido a proceso de pasterización y almacenamiento en refrigeración ($2^{\circ}\text{C}\pm 2$); una segunda fase se refiere al desarrollo de procesos y empaque que permitan lograr tiempos de conservación más largos, aptos para el soporte de condiciones ambientales más adversas y al menor costo posible y la última fase busca la disminución del costo de la mezcla base, de manera que se posibilite una mayor distribución del mismo.

El alcance de este proyecto cubrió la primera fase, donde específicamente se tenían como objetivos:

Estudiar las variables reológicas que mejor describen la estabilidad desde el punto de vista de la sedimentación de un complemento nutricional líquido.

Definir entre 7 sistemas correspondientes al uso de carragenina kappa, goma de algarrobo y goma xántica y sus mezclas, los 3 que mejor estabilicen desde el punto de vista de la sedimentación un complemento nutricional líquido pasteurizado dirigido a población infantil.

Escoger mediante prueba sensorial con grupo poblacional objetivo (niños de 3 a 5 años) cual de las 3 mezclas seleccionadas presenta mayor aceptación.

Utilizar el hidrocoloide o mezcla seleccionada en la preparación del complemento líquido pasteurizado, para establecer su vida útil medida en términos sensoriales y microbiológicos cuando es almacenado en condiciones de refrigeración.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. COMPLEMENTOS NUTRICIONALES

Los complementos nutricionales son mezclas balanceadas de proteína, grasa, carbohidratos, vitaminas y minerales que se encuentran diseñados para complementar los requerimientos nutricionales de una determinada población. Su objetivo es proporcionar macroelementos y microelementos básicos que son necesarios para garantizar el normal desarrollo de las funciones metabólicas (Bond *et al.*, 2005, Maldonado *et al.*, 1998).

Los ingredientes utilizados deben ser de alta calidad, referida a su biodisponibilidad (Torrejon *et al.*, 2004; Bordi *et al.*, 2003). En el caso de proteínas estas corresponden generalmente a una mezcla de leche y soya, siendo esta última es ampliamente utilizada dentro de complementos y suplementos nutricionales por todos los beneficios que representa para la salud (Messina y Messina, 2000). Las proteínas provenientes de la leche (proteína del suero y caseína) y la proteína aislada de soya, son consideradas de alta calidad, según la metodología de PDCAAS (*Protein Digestibility-Corrected Amino Acid score*), definida por FAO/WHO (1991); mediante la cual se ha demostrado que el

contenido de aminoácidos de las tres sumado a su alta biodisponibilidad las califica con un valor de 1 o 100%.

La composición de los complementos depende de la población destino y es determinada por nutricionistas especializados en el campo. El desarrollo de esta clase de productos en Colombia, destinados para la población más vulnerable, es generado por entidades gubernamentales que buscan suministrar estos productos para uso general en toda la familia desde los bebés a partir de los 6 meses de edad, de igual manera la pueden consumir mujeres embarazadas y en lactancia, adultos mayores y personas desnutridas.

Es importante resaltar, que en América Latina se han adelantado experiencias para el desarrollo de este tipo de alimentos complementarios. En la Tabla 1 se describen estas experiencias a través de los años.

Tabla 1. Experiencias en América Latina del uso de complementos nutricionales

PRODUCTO	AÑO	PAÍS
Incaparina	1950	Guatemala
Pochito	1967	Colombia

Colombiarina	1969	Colombia
Bienestarina	1974	Colombia
Solidarina	1993	Colombia
Nutrisano	1997	México
Allí Alimentu	1993	Perú
Papilla y bebida	2000	Ecuador
PANN	2000	Ecuador

Fuente: [Instituto Colombiano de Bienestar Familiar \(ICBF\), 2008](#)

2.2. HIDROCOLOIDES USADOS EN COMPLEMENTOS ALIMENTICIOS

Los hidrocoloides son utilizados en alimentos como agentes espesantes, estabilizantes y gelificantes, como consecuencia de su capacidad de cambiar las propiedades reológicas del solvente en el cual son disueltos. El cambio de la viscosidad ocurre como consecuencia del alto peso molecular, su naturaleza polimérica y las interacciones entre cadenas de polímero cuando son disueltos o dispersados. Estas propiedades han sido explotadas para su funcionalidad en sistemas de alimentos incluyendo atributos de textura y sensación bucal ([Yaseen, et al., 2005](#)).

La estabilidad de una emulsión se puede mejorar mediante la adición de hidrocoloides que incrementan la viscosidad de la fase continua y por lo tanto reducen la movilidad de las gotas ([Franco et al., 1997](#); [Cabeza et al., 2002](#); [Dolz et al., 2007](#)); la selección de los hidrocoloides más

adecuados para un sistema que contiene carbohidratos, grasa y proteína dependerá de su capacidad estabilizante/emulsificante y de la posible sinergia que pueda existir entre mezclas de ellos.

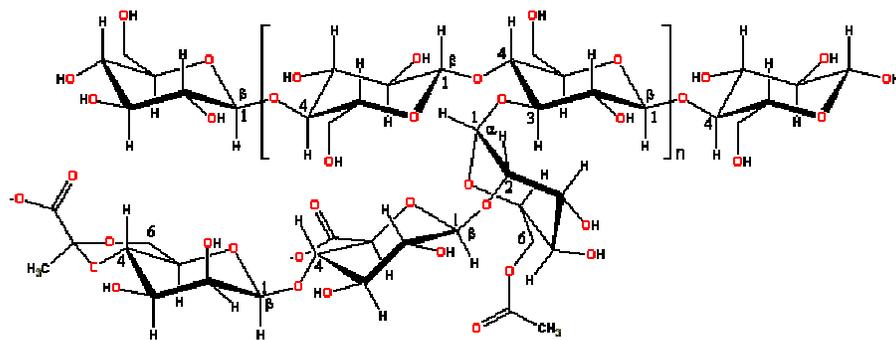
2.2.1. Hidrocoloides objeto de estudio

Goma Xántica

Origen: microbial (exudado de microorganismos *Xanthomonas campestris*)

Químicamente, es un polisacárido aniónico constituido por unidades de glucosa. Un esquema de su estructura se presenta en la Figura 1.

Figura 1. Estructura de goma xántica



Tiene propiedades reológicas excepcionales, es muy efectiva como estabilizante de sistemas basados en agua, tiene numerosas aplicaciones en la industria de alimentos entre las cuales se encuentran: salsas emulsionadas, productos lácteos, productos bajos en calorías. (Taherian *et al.*, 2007).

Solubilidad: tanto en agua caliente como en fría.

Reología: las soluciones de goma presentan viscosidades en el rango de 1500 a 2500 cps al 1%; ellas se comportan como fluidos pseudoplásticos, especialmente como adelgazantes por esfuerzo.

Compatibilidad: su viscosidad depende poco del pH; por lo tanto, se puede utilizar para alimentos muy ácidos, como salsas para ensalada.

Es más resistente a esfuerzos, temperatura, bacterias, degradación por enzimas o radiación UV que la mayoría de gomas. La goma xántica es más tolerante de electrolitos, ácidos o bases que la mayoría de gomas orgánicas.

Goma de algarrobo

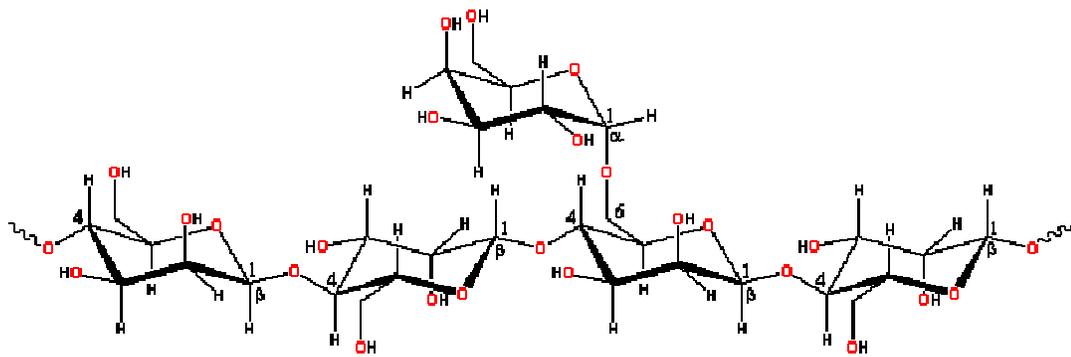
También conocida como *Locust Bean Gum* o Garrofin

Origen: Vegetal (extracto de semillas del algarrobo (*Ceratonia siliqua*)).

Químicamente, es un polisacárido neutro con unidades de manosa y galactosa; un esquema de su estructura se presenta en la Figura 2.

Es ampliamente utilizada en sistemas alimenticios con alto contenido de leche, en especial en helados y quesos untables donde la cremosidad es una característica importante (Kok, 2007); tiene propiedades como estabilizante y emulsificante y por lo tanto, es ampliamente utilizada en bebidas emulsionadas (Buffo, 2001); además, su coeficiente de sedimentación decrece con la temperatura (Morris *et al.*, 2008).

Figura 2. Estructura de goma algarrobo



Solubilidad: a temperatura ambiente es parcialmente soluble, por eso se hace necesario el calentamiento.

Reológicamente, presenta altas viscosidades a concentraciones pequeñas.

Formación de gel: Confiere elasticidad a los geles formados por el agar y por los carragenanos, que si no serían usualmente demasiado quebradizos, en especial los primeros. También puede formar geles elásticos con goma xántica.

Compatibilidades: presenta alta estabilidad en un rango de pH entre 3 y 11.

Sinergias: La estructura de la goma de algarrobo le permite asociarse por su zona no ramificada a las cadenas del kappa-carragenano, mejorando mucho sus propiedades, especialmente la sinéresis.

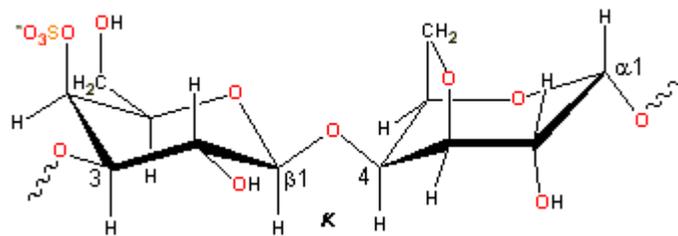
Carragenina Kappa

Origen: extracto de algas rojas

Químicamente, es un polisacárido aniónico, está constituida por unidades de galactosa con diferentes proporciones y localizaciones de grupos ester sulfato; un esquema de su estructura se presenta en la Figura 3.

Es ampliamente usada en la industria de alimentos como agente espesante y gelificante; forma geles termorreversibles en presencia de cationes (Ipsen, 1995), es resistente al tratamiento térmico (Marcotte et al., 2001).

Figura 3. Estructura de carragenina



Solubilidad: requiere calentamiento hasta 65°C para alcanzar su completa solubilidad.

Reológicamente, a partir de una concentración del 0,025% los carragenanos estabilizan suspensiones y a partir del 0,15% proporcionan ya texturas sólidas (Thaiudom y Goff, 2003); presenta fuertes interacciones con azúcares y almidones cambiando significativamente el comportamiento reológico del sistema donde se encuentra esta combinación (Nickerson y Paulson, 2005)

2.3. FUNCIONALIDAD DE LA PROTEÍNA DE SOYA

La funcionalidad de una proteína depende de la estructura de la molécula; en el caso de la soya, esta tiene presencia de grupos lipofílicos e hidrofílicos los cuales facilitan su asociación con grasa y aceite, sus propiedades pueden variar según el método de obtención (Means, 1998; L'Hocine *et al.*, 2006); sin embargo, en general la proteína de soya se caracteriza por su capacidad emulsificante, capacidad de retención de agua, espumante, gelificante, proporciona a los sistemas alimenticios características de película, adhesividad, cohesividad, elasticidad y aumento de viscosidad (Singh *et al.*, 2008).

Esta macromolécula tiene una compacta estructura terciaria y presenta estructura cuaternaria (Liu *et al.*, 1999); además, tiene actividad interfacial, la cual le permite tener una gran capacidad emulsificante y espumante (Santiago *et al.*, 2008; Rodríguez *et al.*, 2005; Martin *et al.*, 2002). Se ha demostrado su capacidad gelificante (Maltais *et al.*, 2008; Renkema, 2004) y su estabilidad térmica (Sorgentini *et al.*, 1999), el comportamiento según estas propiedades depende de la concentración en el sistema donde es utilizada (Roesch y Corredig, 2002).

Las proteínas tienen interacciones con los polisacáridos, las cuales, generalmente se dan en tres partes (Doublier *et al.*, 2000):

1. Formación de enlaces covalentes entre dos polímeros
2. Interacciones electrostáticas polianion - polication
3. Formación de un gel duo compuesto por mutual exclusión de cada componente

Es por esto, que las propiedades gelificantes y otras propiedades funcionales de las proteínas de soya, son modificadas en la presencia de gomas (Tolstoguzov, 1997), los hidrocoloides también afectan sus propiedades interfaciales (Martínez *et al.*, 2007).

Estas interacciones permiten mejorar las características de textura de diversos sistemas alimenticios, por las sinergias que se presentan. (Hua *et al.*, 2003), evaluaron las interacciones entre proteína aislada de soya (ISP) y algunos hidrocoloides, encontrando que en la mezcla ISP-carragenina kappa, la fuerza de gel (G') aumenta con la concentración de carragenina; además, que la habilidad para gelificar de la proteína de soya fue significativamente aumentada en la mezcla xántica-proteína y que cuando se tiene la mezcla ISP, xántica-algarrobo, la sinergia de estas dos últimas se ve afectada por la presencia de la proteína; otros autores reportan este mismo efecto sinérgico entre carragenina kappa y proteína de soya (Baeza *et al.*, 2002; Xiangchong, 2008).

2.4. CONCEPTOS BÁSICOS DE REOLOGÍA

La Sociedad Americana de Reología durante su fundación en 1929, adoptó como definición de la misma la propuesta del profesor Bingham *of Lafayette College, Easton, PA*, la cual dice que la reología es una disciplina científica que estudia la deformación de un cuerpo sometido a esfuerzos externos (Barnes *et al.*, 1994). Su fundamentación se basa en mediciones instrumentales y es por ello que esta ciencia, cada vez

gana mayor espacio frente al estudio de materiales usados o potencialmente usables.

2.4.1. Clases de fluidos

Los fluidos se clasifican según su comportamiento reológico en 3 clases (Barnes, 2000):

Newtonianos: proporcionalidad entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación

No Newtonianos: no hay proporcionalidad entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación

Viscoelásticos: se comportan como líquidos y sólidos, presentando propiedades de ambos.

Los fluidos no newtonianos se clasifican a su vez en dependientes y no dependientes del tiempo:

Fluidos independientes del tiempo de aplicación del esfuerzo, pueden ser de tres clases:

- Fluidos pseudoplásticos (*Shear-Thinning*)

Se caracterizan por una disminución de su viscosidad y de su esfuerzo cortante, con la velocidad de deformación.

- Fluidos dilatantes: (*Shear-Thickening*)

Son suspensiones en las que se produce un aumento de la viscosidad con la velocidad de deformación, es decir, un aumento del esfuerzo cortante con dicha velocidad.

- Fluidos visco plásticos

Se comportan como un sólido hasta que sobrepasa un esfuerzo cortante mínimo (esfuerzo umbral) y a partir de dicho valor se comporta como un líquido.

La razón por la que se comportan así los fluidos plásticos es la gran interacción existente entre las partículas suspendidas en su interior, formando una capa llamada de solvatación. Están constituidos por dos fases, con una fase dispersa formada por sólidos y burbujas distribuidos en una fase continua.

En estos fluidos, las fuerzas de *Van der Waals* y los puentes de hidrógeno, producen una atracción mutua entre partículas. También aparecen fuerzas de repulsión debidas a potenciales de la misma polaridad.

En este tipo de fluidos se forman coloides cuyas fuerzas repulsivas tienden a formar estructuras de tipo gel, si las partículas son muy pequeñas poseen entonces una gran superficie específica, rodeados de una capa de adsorción formada por moléculas de fase continua. Gracias a esta capa, las partículas inmovilizan gran cantidad de fase continua hasta que no se aplica sobre ellas un esfuerzo cortante determinado (Malkin, 1994).

Los fluidos plásticos, a su vez, se diferencian en la existencia de proporcionalidad entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación, a partir de su esfuerzo umbral. Si existe proporcionalidad, se denominan fluidos plásticos de Bingham y si no la hay, se denominan solo plásticos.

Fluidos dependientes del tiempo de aplicación, pueden ser de dos clases:

- Fluidos tixotrópicos

En los que su viscosidad disminuye al aumentar el tiempo de aplicación del esfuerzo cortante, recuperando su estado inicial después de un reposo prolongado.

- Fluidos reopéticos

En los cuales su viscosidad aumenta con el tiempo de aplicación de la fuerza y vuelven a su estado anterior tras un tiempo de reposo.

La tixotropía es una disminución en la viscosidad aparente por la acción de esfuerzos de cizalla, seguida de una recuperación gradual cuando se retira el esfuerzo, es un ejemplo de un comportamiento de dependencia con el tiempo donde la viscosidad de un material dado depende de su propia historia ([Barnes, 1997](#)).

La tixotropía de una solución de polímero es interpretada como el rompimiento de redes formadas por las asociaciones entre cadenas de polímero bajo un esfuerzo ([Mao y Chen, 2006](#)).

Trabajos recientes analizan la tixotropía de sistemas alimenticios empleando dos métodos empíricos:

1. Consiste en analizar el decremento en viscosidad aparente a un esfuerzo constante (Juszczak *et al.*, 2004; Tarrega *et al.*, 2004).
2. Implica el cálculo de las áreas de *loop* tixotrópico en la curva (τ vs γ) (Juszczak *et al.* 2003; Korus *et al.* 2004).

2.4.2. Mediciones reológicas

El equipo de medición más utilizado en reología es el reoviscosímetro, el cual es generalmente utilizado para generar curvas de fluidez que describen el comportamiento del fluido con base en variables reológicas.

Los parámetros de flujo y deformación que son comúnmente utilizados para el estudio del comportamiento de los fluidos son:

Stress: Fuerza por unidad de área

Símbolo: τ

Unidades: Pa (SI) or dinas/cm² (cgs)

Shear Strain: Deformación relativa en esfuerzo.

Símbolo: γ

Unidades: Ninguna (desplazamiento/altura)

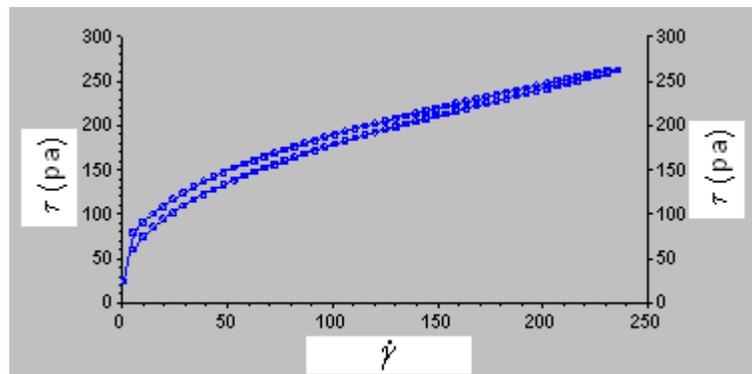
Shear Rate: Cambio del esfuerzo de deformación por unidad de tiempo.

Símbolo: $\dot{\gamma}$

Unidades: $[1/s] = s^{-1}$

La representación de esta clase de curva se muestra en la Figura 4.

Figura 4. Curva de fluidez (τ vs $\dot{\gamma}$)



En esta curva: *shear stress* (τ) vs *shear rate* ($\dot{\gamma}$), los datos son expresados en un modelo generalizado como el de Herschel-Bulkley:

$$\tau = \tau_0 + k\dot{\gamma}^n$$

En términos de:

- *Yield stress* (τ_0) es la fuerza mínima requerida para iniciar el flujo y es una medida de la fuerza de la red formada por interacción entre partículas. La extrapolación de la curva de flujo a un shear rate cero es una medición indirecta de τ_0 (Achayuthakan *et al.*, 2006)
- Coeficiente de consistencia (κ): variable que hace referencia a la viscosidad del sistema.
- Índice de fluencia (n): hace relación a la dependencia del comportamiento de flujo con el *shear rate*

Cuando $n = 1$, el fluido es newtoniano (la viscosidad es constante independientemente del esfuerzo de corte al cual se somete el fluido), cuando $0 < n < 1$ el fluido es pseudoplástico (la viscosidad disminuye a medida que aumenta el esfuerzo de corte sobre el fluido), cuando $n > 1$ el fluido es dilatante (la viscosidad aumenta a medida que aumenta el esfuerzo de corte al cual es sometido el fluido) (Steffe, 1996).

Las curvas de flujo pueden ser utilizadas para evaluar comportamiento de hidrocoloides; así [Xuewu et al. \(1996\)](#) estudiaron el comportamiento reológico de la goma xántica encontrando que la viscosidad decrece a medida que aumenta el *shear rate* y el índice de consistencia se incrementa con la concentración, mientras que el índice de fluencia no se ve afectado significativamente por la concentración. También son usadas para evaluar el comportamiento de mezclas. La evaluación de propiedades reológicas de carragenina kappa y xántica fue realizada por [Marcotte et al. \(2001\)](#) utilizando curvas de flujo con *Shear rate* para obtener coeficiente de consistencia e índice de comportamiento de flujo, encontrando que estos dos hidrocoloides se ajustan al modelo de Herschel Bulkley.

La ley de Stokes para velocidad de sedimentación, que se expresa como:

$$V_s = \frac{2r^2 g(d - \rho)}{9\eta_0}$$

Sirve para explicar la tendencia de un sistema a sedimentar, mientras mayor sea el valor de viscosidad a bajo *shear rate* (η_0), menor será la velocidad de sedimentación (Barnes *et al.*, 1994).

Curvas de comportamiento viscoelástico: una diferencia notoria entre un fluido Newtoniano y un sólido elástico es que los fluidos fluyen mientras se mantenga el esfuerzo, en cuanto un sólido elástico responde de forma instantánea al esfuerzo y alcanza una deformación dada que se mantiene mientras se le aplique dicho esfuerzo. Algunos sólidos pueden presentar una deformación relativa que es proporcional al esfuerzo, cuando esta relación es lineal, este tipo de respuesta recibe el apelativo de Ley de Hooke, por Robert Hooke quien planteó por primera vez esta relación en el año 1678. (Barnes *et al.*, 1994), esta ley es expresada por la ecuación

$$\tau = G \gamma$$

Donde G es el módulo de rigidez.

En general se verifica que los sólidos deformables siguen la Ley de Hooke sólo para valores de deformación relativamente bajos. Puede decirse que esta ecuación es la relación constitutiva para los sólidos

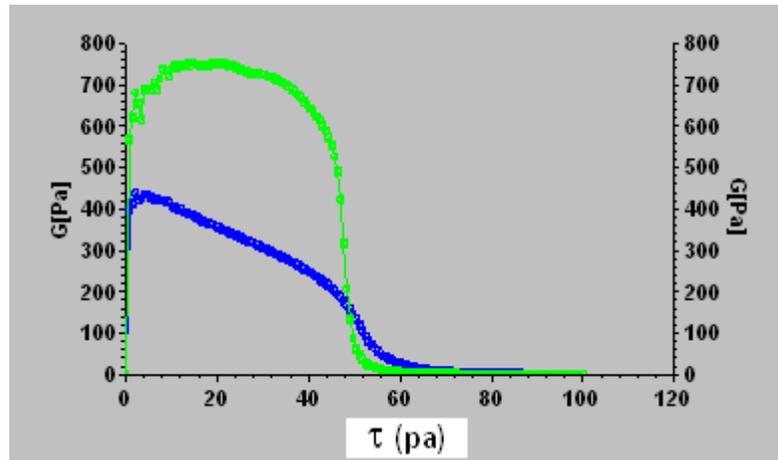
elásticos de Hooke, donde G es la función material que en realidad es un coeficiente constante, de forma similar a la viscosidad (Steffe, 1996).

Muchos fluidos también pueden exhibir comportamientos de sólido elásticos si la escala de deformación es suficientemente pequeña o si la escala de tiempo o frecuencia de observación es adecuada. En la Figura 5 se presenta el esquema de dos fluidos a los cuales se les mide el valor de G vs τ

Andrade (2000) y Chen, *et al.* (2001), evaluaron el comportamiento de la mezcla carragenina kappa y goma de algarrobo, por medio del módulo de rigidez G , concluyendo que cuanto mayor sea este módulo, mayor es la fuerza del gel formado y menor tendencia a la sinéresis.

El módulo G también fue utilizado por Taherian *et al.* (2007) para medir la estabilidad de bebidas emulsionadas utilizando almidón modificado y goma xántica

Figura 5. Curva de comportamiento viscoelástico G vs τ



Pruebas dinámicas oscilatorias: son pruebas que se realizan aplicando una pequeña deformación o esfuerzo sinusoidal, midiendo la deformación resultante; las deformaciones utilizadas frecuentemente están por el orden del 1 al 3%, para asegurar que la respuesta del material esté en el rango lineal; es decir, intervalo en el cual el esfuerzo es proporcional linealmente a la deformación aplicada (Gunasekaran y Ak, 2000).

El esfuerzo producido por la aplicación de una fuerza sinusoidal a un material viscoelástico dentro de la región lineal se puede representar por la siguiente ecuación (Steffe, 1996)

$$\sigma(t) = \gamma_0 \cdot G'(\omega) \sin(\omega \cdot t) + \gamma_0 \cdot G''(\omega) \cos(\omega \cdot t) \quad (\text{Ecuación 1})$$

G' es una medida de la energía almacenada y liberada por cada ciclo, y relaciona los eventos moleculares de naturaleza elástica, G'' es una medida de la energía disipada como calor por ciclo y relaciona los eventos moleculares de naturaleza viscosa (Gunasekaran y Ak, 2000); es así, como un sólido elástico perfecto presentará valores de $G'' = 0$ y un líquido ideal presentará valores de $G' = 0$.

Otra propiedad viscoelástica comúnmente usada es la Tangente del ángulo de fase o Tangente de pérdida representada por:

$$\tan(\delta) = \frac{G''}{G'} \quad (\text{Ecuación 2})$$

La cual describe los efectos de los componentes viscosos y elásticos en el comportamiento viscoelástico, y es también función de la frecuencia angular (Gunasekaran y Ak, 2000); el ángulo de fase (δ), es un indicador del grado de elasticidad de una muestra y varía entre 0° para una muestra elástica perfecta y 90° para una muestra viscosa perfecta; se

ha encontrado que este valor juega un papel muy importante en la reología de polisacáridos estructurados (Eriksson *et al.*, 2009).

2.5. MEDICIONES SENSORIALES

Existen múltiples definiciones sobre lo que es la evaluación sensorial, pero la mayoría de ellas indican que es el análisis de alimentos u otros materiales por medio de los sentidos, algunas definiciones específicas como la determinada por la IFT (1981) se refieren a esta como una disciplina científica que se utiliza para provocar, medir, analizar e interpretar las reacciones que se suscitan ante aquellas características de alimentos y materiales que se perciben por los sentidos de la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído; todo esto indica que la evaluación sensorial es una disciplina científica multifacética que guarda relación con la psicología, química, fisiología y estadística.

Las mediciones sensoriales pueden ser realizadas por jueces consumidores, cuando el objetivo es medir nivel de agrado o aceptación de un producto, o por jueces entrenados cuando se desea caracterizar o hacer una comparación del alimento.

2.5.1. Pruebas más comunes con jueces consumidores

Estas son descritas por [Watts \(1992\)](#) y [Anzaldúa \(1994\)](#); las pruebas con consumidores son denominadas afectivas, porque en ellas el juez expresa su reacción subjetiva ante un producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro, estas pueden clasificarse en pruebas por preferencia y por aceptación.

Pruebas de preferencia: esta clase de pruebas le permiten a los consumidores seleccionar entre varias muestras, indicando si prefieren una muestra sobre otra o si no tienen preferencia, usualmente se utilizan la prueba de par preferencia y la prueba de ordenamiento por categoría:

Prueba de par preferencia: en esta prueba se pregunta a los jueces consumidores cual de las dos muestras presentadas prefieren, es importante hacer claridad en que se debe seleccionar una y no existe la opción de responder "no prefiero ninguna" o "las dos me desagradan igual"; además, generalmente, sólo se permite probar una sola vez cada una de las muestras.

Prueba de ordenamiento por preferencia: en esta prueba se pide que a los jueces que ordenen las muestras codificadas; con base a su preferencia, puede ser de mayor a menor o viceversa. No se permite la ubicación de dos muestras en la misma posición, en este caso si se permite probar más de una vez cada una de las muestras.

Presentación de las muestras: tres (3) ó más muestras son presentadas en recipientes idénticos, codificados con números aleatorios de tres (3) dígitos. Cada muestra recibe un número diferente. Todas las muestras se presentan simultáneamente a cada panelista, en un orden balanceado o en un orden aleatorio, para el caso de 3 muestras, el orden balanceado puede ser: los jueces consumidores se dividen en seis grupos de igual número, y a cada grupo se le entregan las muestras en una de estas formas de ordenación.

ABC	BCA
ACB	BCA
BAC	BCA

Prueba de aceptación: las más comunes son las de tipo hedónico, por medio de las cuales se puede medir cuánto agrada o desagrada un

producto, en estas pruebas se utilizan escalas categorizadas, que pueden ser de diferente número que comúnmente van desde “me gusta muchísimo”, pasando por “no me gusta ni me disgusta”, hasta “me disgusta mucho”. La palabra “hedónico” proviene del griego εδον, que significa placer; por lo tanto, las escalas hedónicas son instrumentos de medición de las sensaciones placenteras o desagradables producidas por un alimento a quienes lo prueban, los jueces consumidores indican el grado en que les agrada cada muestra, escogiendo la categoría apropiada (Pedrero y Pangborn, 1989).

Las muestras se pueden presentar todas al mismo tiempo o una a una, se recomienda que al igual que otras pruebas, estas se codifiquen con tres (3) dígitos; existen muchas formas de presentar una escala hedónica; ello depende de la clase de jueces a los cuales va orientada la prueba y de la clase de producto que será evaluado; a continuación se presentan ejemplos de algunas de ellas:

Escala hedónica de tres puntos utilizada con niños



Escala hedónica de 5 puntos:

- _____ Su sabor me gusta mucho
- _____ Su sabor me gusta un poco
- _____ Su sabor ni me gusta ni me disgusta
- _____ Su sabor me disgusta un poco
- _____ Su sabor me disgusta mucho

2.5.2. Pruebas con jueces entrenados

Son evaluaciones de tipo sensorial realizadas con personas que han recibido un proceso de entrenamiento bajo normas definidas para este fin; en el caso de Colombia, corresponden a las Normas Técnicas Colombianas NTC 4129 y NTC 4130.

Prueba *Quantitative Descriptive Analysis* (QDA): metodología descriptiva, en la cual se describen y cuantifican las características sensoriales de una muestra objeto de estudio y es utilizada para:

- Definir una producción estándar.
- Mejorar o desarrollar productos.
- Estudiar la influencia del envejecimiento de productos y también de las condiciones de almacenamiento y conservación; esto es

posible para determinar aquellas características que varían y hasta qué punto.

- Comparar un producto con aquellos del mismo tipo existentes en el mercado; es posible, por lo tanto, expresar la naturaleza de las diferencias en términos de la percepción sensorial

En esta prueba los jueces entrenados cuantifican la intensidad de un descriptor en una escala que va desde la forma ausente hasta la más intensa.

2.5.3. Restrictores de consumo de productos con proteínas de soya

El sabor es uno de los mayores retos cuando se quiere desarrollar un alimento con alto contenido de proteína de soya; ya que, esta genera sabores residuales desagradables que son definidos como notas acartonada, harina, nuez y cereal, que se convierten en restrictores de consumo (Childs *et al.*, 2007). Dentro de las pruebas que se han realizado con consumidores se ha encontrado que la aceptación total está fuertemente relacionada con el sabor, pero también existe una fuerte relación entre aceptabilidad total y sensación bucal (Potter *et al.*, 2007), las bebidas con soya pueden presentar una sensación de partículas en la boca llamada arenosidad, la cual es considerada una característica indeseable (Childs *et al.*, 2007); en general, los

hidrocoloides son utilizados para mejorar el sensación bucal de las bebidas con proteína (Yanes *et al.*,2002).

La evaluación de los compuestos que pueden generar las notas de sabor desagradables ha sido estudiada por Solina *et al.* (2005) quienes realizaron la caracterización de todos los compuestos volátiles de la proteína aislada de soya, encontrando que el hexanal es uno de los más representativos seguido de 2-heptanona y pentanal. Lei y Boatright (2001) encontraron que los componentes que contribuyen al aroma en jarabe de proteína concentrada de soya son principalmente hexanal, 2-heptanona, octanal, 2-octanona, 2-decanona, benzaldehido, 2-pentil piridine y *trans*-2,4- nonadienal. En estudio de aplicación realizado por Friedeck *et al.* (2003) la incorporación de proteína aislada de soya en un helado bajo en grasa, generó la aparición de compuestos volátiles tales como: hexanal, heptanal, 2-acetil-1-pirrolina y 2,4 decadienal, a los cuales se les atribuye la generación de sabores residuales no agradables.

La adición de riboflavina en leche de soya aumenta la aparición de componentes volátiles indeseados, siendo el más representativo de ellos el hexanal, mientras que el uso de ácido ascórbico ayuda a disminuir este efecto (Huang *et al.*, 2004).

Aunque se tengan estos restrictores de consumo, recientes estudios demuestran que los consumidores comienzan a reconocer los beneficios de salud en dependencia del tipo de proteína (Russell *et al.*, 2006). Según la evaluación realizada por Childs *et al.* (2007) en cuanto a las prioridades del consumidor, a la hora de elegir una compra de bebidas se tiene: sabor(50,6%), precio (47,1%), contenido nutricional (41,7%); por otro lado, Potter *et al.* (2007) reportan que en su población de estudio, el 42% indican que podrían tomar bebidas de soya entre comidas como un snack o usarlas como acompañante de las comidas. Drake y Gerard (2003) realizaron una evaluación con consumidores al comparar yogurt 100% lácteo con yogurt fortificado con 2,5% de proteína concentrada de soya demostrando que el consumidor tiene mayor aceptación por el primero, ya que logra percibir notas características en el segundo que le son desagradables; sin embargo también se encuentra que el conocimiento del consumidor por los beneficios saludables de la soya hace que se incremente su interés por consumir esta clase de productos.

Es común en la evaluación sensorial de bebidas con proteínas el uso de escala hedónica de 9 puntos por atributo (Deshpande *et al.*, 2005;

Childs *et al.*, 2007), para la definición de los rangos de esta escala se usan descriptores de referencia (Russell *et al.*, 2006).

3. CAPÍTULO 1.

VALORACIÓN REOLÓGICA DE LA INCLUSIÓN DE UN ESTABILIZANTE A UN COMPLEMENTO NUTRICIONAL LÍQUIDO PASTEURIZADO

RHEOLOGY VALUATION OF THE INCORPORATION OF A STABILIZER TO A PASTEURIZED LIQUID NUTRITIONAL SUPPLEMENT

LUZ STELLA VANEGAS P.

I.Q. Gerente Técnica, Tecnas S.A. Cra 50 G # 12 sur 29. Itagüí,
Antioquia, Colombia.
e-mail: cta@tecnas.com.co

DIEGO ALONSO RESTREPO M.

Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín,
Facultad de Ciencias Agropecuarias, Calle 59 A # 63-20, Bloque 52. e-
mail: darestre@bt.unal.edu.co

JOSÉ ALBERTO ORREGO D.

Qco. MSc., Compañía Global de Pinturas. Medellín, Antioquia, Colombia.
e-mail: jaorrego@pintuco.com

KENNETH ROY CABRERA T.

Profesor Asociado, Facultad de Ciencias. Universidad nacional de
Colombia, Sede Medellín, Calle 59 A # 63-20, Bloque 14. e-mail:
krcabrer@unal.edu.co

Este artículo fue presentado para proceso de evaluación, a la Revista DYNA (Revista de la Facultad de Minas – Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín)

RESUMEN

Por medio de este estudio se evaluó el comportamiento reológico (medido en términos de κ , τ_0 , n , η_{20} , índice de tixotropía y $\text{Tan } \delta$) de un complemento nutricional líquido pasteurizado cuando se utilizan siete (7) mezclas de hidrocoloides en un nivel de 0,2%, correspondientes a un diseño de mezclas que incluyó goma xántica, goma algarrobo y carragenina kappa; los tratamientos que mejor estabilizan el sistema son (100% goma xántica, 50% goma xántica: 50% goma algarrobo y 33,3% goma xántica, 33,3% goma algarrobo, 33,3% carragenina kappa) los cuales corresponden a los mayores valores de índice de tixotropía, η_{20} y κ ; se obtienen las curvas de flujo mediante modelos cuadráticos con valores de R cuadrado de 0,9955 para η_{20} y de 0,9862 para κ ; se determinó que independiente de la mezcla de hidrocoloides a usar, el complemento tiene valores de n entre 0,5 y 0,9 lo que indica que es un fluido adelgazante.

Palabras claves: Reología, estabilización, goma xántica, goma algarrobo, carragenina kappa.

ABSTRACT

Throughout this study it was evaluated the rheological behavior (measured in terms of κ , τ_0 , n , η_{20} , tixothropy index and $\text{Tan } \delta$) of a pasteurized liquid nutritional supplement when seven (7) mixtures of hydrocolloids at 0,2% level corresponding to a mixture design which included xanthan gum, locust bean gum and kappa carrageenan; the treatments that best stabilize the system are (100% xanthan gum, 50% xanthan gum: 50% locust bean gum and 33,3% xanthan gum, 33,3% locust bean gum and 33,3% kappa carrageenan) which correspond to the highest tixothropic index values, η_{20} and κ ; the flow curves are obtained through quadratic modeling with R-square values of 0,9955 for η_{20} and 0,9862 for κ ; it was determined that independently of the hydrocolloid mixture to use the supplement has values of n between 0,5 and 0,9 what indicates that it is a slimming fluid.

Key words: Rheology, stabilization, xanthan gum, locust bean gum, kappa carrageenan.

INTRODUCCIÓN

Colombia no escapa a la realidad latinoamericana donde el común denominador es la profunda diferencia que se presenta en sus clases sociales, que pueden coexistir en la misma localización geográfica. En algunas ciudades, un porcentaje alto de su población vive en condiciones de miseria, en donde el problema no es solo de malnutrición sino de hambre.

A pesar de los esfuerzos que se han realizado por los diferentes gobiernos para emprender programas masivos que sirvan para solucionar en parte el problema, estos en su gran mayoría han resultado inútiles, ya que muchas de las soluciones han encontrado tropiezos en su implementación que prácticamente las han inutilizado [1].

El gobierno colombiano, por ejemplo, ha intentado a través de programas liderados desde la Presidencia de la República, o desde las gobernaciones o alcaldías, atender este problema mediante la distribución gratuita o con muy bajos costos, de complementos alimenticios que posibiliten, mediante operaciones culinarias sencillas, tener disponible para la población más vulnerable, alimentos ricos en nutrientes, considerados escasos en la dieta básica a la que personas de bajos ingresos pueden acceder. En este tipo de productos el contenido de nutrientes ha sido diseñado expresamente para la atención satisfactoria de estas necesidades nutricionales; sin embargo, su presentación es en polvo, lo cual implica que deben ser hidratados previo a su consumo, etapa que se ha constituido en el escollo de implementación del programa, ya que existen zonas marginales en donde no se tiene disponibilidad ni de agua potable, ni de otros servicios públicos, que posibiliten una adecuada preparación del producto.

Los complementos alimenticios están constituidos por proteínas, siendo su principal fuente la soya y la leche, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales que al ser reconstituidos en agua se convierten en un sistema complejo donde podría generarse la formación de emulsión, dispersión, solución, espuma, entre otros, como resultado de las interacciones que pueden ocurrir entre los diferentes componentes del complemento; cuando esta hidratación se hace para consumo inmediato, el sistema mantiene su condición de estabilidad durante el corto período de tiempo que transcurre entre la preparación y el consumo; sin embargo, si el interés es entregar al consumidor el complemento alimenticio hidratado, bajo esta condición pueden presentarse situaciones de inestabilidad generada durante el tiempo de vida útil, tales como, la sedimentación

de partículas o la separación de fases; fenómenos estos que pueden presentarse, entre otras razones, por el transporte de partículas hacia el fondo del recipiente debido a las fuerzas gravitacionales y a que la densidad del medio disperso es mayor que la del medio continuo, o por el tamaño de partícula que en este caso no puede ser controlado debido a la naturaleza de los ingredientes utilizados.

La industria de alimentos utiliza una amplia gama de ingredientes para corregir estos problemas de inestabilidad, entre ellos los más usados son los hidrocoloides, los cuales exhiben diferente comportamiento en dependencia del medio y de las interacciones que pueden establecer con otros ingredientes que conforman el alimento; la decisión del uso de algunos de ellos tendrá que ver con el efecto frente a los aspectos descritos.

Este estudio tiene por objeto caracterizar reológicamente el sistema: complemento nutricional líquido pasteurizado, mediante curvas de flujo y barrido de esfuerzos en modo oscilatorio y definir entre los siete tratamientos derivados de un diseño de mezclas, correspondientes al uso de carragenina kappa, goma de algarrobo y goma xántica, los tres que mejor estabilicen desde el punto de vista de la sedimentación, un complemento nutricional líquido pasteurizado que va dirigido a población infantil.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio se partió de una mezcla base usada tradicionalmente por los organismos estatales colombianos, la que contiene: proteína aislada de soya, leche entera en polvo, grasa vegetal, azúcar, maltodextrina, vitaminas, minerales, saborizante artificial (vainilla) y estabilizantes.

La composición bromatológica de la mezcla en polvo fue: 20% proteína, 15% grasa, 52% carbohidratos; el contenido de vitaminas (A, B1, B3, C, ácido fólico, y B12) y minerales (calcio, hierro, zinc) corresponde al 60% de la Ingesta Diaria Recomendada (IDR) para niños entre 1 y 4 años de edad, según la Resolución 288 de 2008 (Ministerio de Protección Social de Colombia).

A esta mezcla se le adicionaron las diferentes combinaciones de estabilizante, derivados de la mezcla exploratoria de los tres hidrocoloides, en un nivel del 0,2%; la cual fue hidratada en una relación de 1:4 adicionando la base en polvo al agua en continuo

movimiento durante un tiempo de 2 min con una agitación de 1000rpm; la dispersión de los sólidos con el medio continuo acuoso se llevó a cabo utilizando un moto agitador digital de hélice marca IKA RW20, utilizando como accesorio el agitador R 1373 *Paddle stirrer*.

Una vez preparada la bebida, esta fue pasterizada en un baño maría marca C.I. TALSA ref KG-165 a $65^{\circ}\text{C} \pm 5$ durante 30 min, manteniendo una agitación de 300rpm; luego, las muestras fueron envasadas en recipientes de vidrio en cantidad de 200ml y mantenidas en refrigeración ($2^{\circ}\text{C} \pm 2$); además, de la disminución del riesgo microbiológico, se definió esta condición de almacenamiento ya que los productos a base de soya no presentan cambios significativos en su parte sensorial si son mantenidos en condiciones de refrigeración [2].

Al producto refrigerado (todas las mezclas y sus réplicas) se le realizó evaluación visual para detectar posible separación de fases o sedimentación; luego se realizaron curvas de flujo en un reoviscosímetro Brookfield R/S plus en su modo rotacional, utilizando como geometría cilindros concéntricos, los barridos de *shear rate* se hicieron en forma ascendente y descendente; midiéndose las siguientes variables:

Ajustando los datos a la ecuación de HershelBulkley, se obtuvieron:

- Coeficiente de consistencia (κ) [Pa.s]
- *Yield stres* (τ_0) [Pa]
- Índice de fluencia (n)

Además,

- Viscosidad (η_{20}) [Pa.s]; medida en 20 seg^{-1}
- Índice de tixotropía: η_0 (curva inicial-ida) / η_0 (curva final-regreso)

Para cada una de las 7 muestras se realizó un barrido de esfuerzos (G vs τ_0) en un Reómetro ThermoHaake RS-150 en modo oscilatorio, con geometría de cilindros concéntricos tipo Z20 Din Ti; las mediciones se realizaron a 15°C , donde se midieron los valores de:

- Módulo elástico o de almacenamiento (G')
- Módulo viscoso o de pérdida (G'')
- $\text{Tan } \delta = G''/G'$

Las mediciones reométricas realizadas, buscan establecer indicativos de la estabilidad en almacenamiento de la suspensión coloidal del complemento nutricional. La $\tan \delta$ es la relación entre los módulos (G'') y (G'), su valoración se hace a condiciones establecidas mediante barridos de esfuerzo que permiten obtener la magnitud de la Región Viscoelástica Lineal (RVL) de donde se selecciona un valor para el barrido de frecuencias (por lo general se selecciona un valor del rango de valores del 2° tercio de la RVL) [3].

Evaluación de mezclas de hidrocoloides (agente espesante/estabilizante):

Se utilizó carragenina kappa, goma de algarrobo y goma xántica en un nivel de 0,2% sobre el complemento nutricional líquido, teniendo en cuenta un diseño de mezclas con respuesta multivariada (Figura 1), la preparación de las mezclas se realizó con uno, dos y tres hidrocoloides de acuerdo con los tratamientos presentados en la Tabla 1.

Figura 1. Esquema de diseño de mezclas

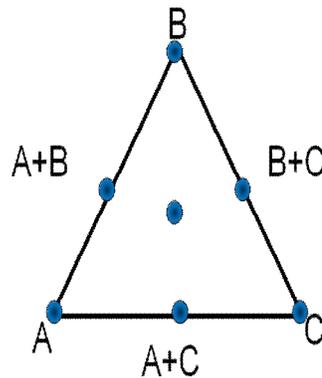


Tabla 1. Descripción de mezclas de hidrocoloides de estudio

Tratamiento	Carragenina Kappa	Goma Algarrobo	Goma Xántica
Tratamiento 1	100%	0%	0%
Tratamiento 2	0%	100%	0%
Tratamiento 3	0%	0%	100%
Tratamiento 4	50%	50%	0%
Tratamiento 5	50%	0%	50%
Tratamiento 6	0%	50%	50%
Tratamiento 7	33.3%	33.3%	33.3%

A los tratamientos 1,2...6 se les realizaron seis (6) réplicas, mientras, que para el tratamiento 7 el número de réplicas fue de nueve (9) para un total de 45 unidades experimentales.

Todas las mediciones se realizaron 24 horas después de la preparación (hidratación + tratamiento térmico) del complemento líquido.

El tratamiento de los datos se realizó utilizando como paquetes estadísticos *Stargraphics Centurion XV* Profesional y R Development Core Team (2009). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

RESULTADOS

En la inspección visual inicial se encontró que el tratamiento 5 presentó separación de fases por sedimentación.

1. Curvas de flujo

Viscosidad (η_{20}) [Pa.s] y coeficiente de consistencia (κ) [Pa.s]

Haciendo un análisis de la transformación adecuada de las variables, se encuentra que se recomienda una raíz cuadrada para la variable η_0 y una transformación de raíz cuarta para la variable κ .

En la Tabla 2 se presentan los datos obtenidos para el modelo de η_{20}

Tabla 2. Datos para modelo de (η_{20})

Coeficientes	Estimado	Error Estándar	Valor t	Valor P
Carragenina	0,103394	0,005303	19,497	< 2 e -16
Algarrobo	0,139654	0,004941	28,267	< 2 e -16
Xántica	0,221384	0,005382	41,131	< 2 e -16
Carragenina: Xántica	0,212820	0,024750	8,599	1,53 e -10
Algarrobo: Xántica	0,204130	0,024384	8,371	3,05 e -10

R-cuadrada = 0,9955

El modelo obtenido es:

$$\eta_{20} = 0,103394 \text{ carragenina} + 0,139654 \text{ algarrobo} + 0,221384 \text{ xántica} + 0,212820 \text{ carragenina:xántica} + 0,204130 \text{ algarrobo:xántica}$$

Según este modelo el valor máximo de η_{20} se presenta para la mezcla xántica (0,7): algarrobo (0,3) correspondiente a 0,05747 Pa.s

En la Figura 2 se presenta la superficie de respuesta para η_{20} .

En la Tabla 3 se presentan los datos obtenidos para el modelo de κ

Tabla 3. Datos para modelo de (κ)

Coeficientes	Estimado	Error Estándar	Valor t	Valor P
Carragenina	0,19408	0,02434	7,972	8,62 e - 10
Algarrobo	0,37284	0,02043	18,251	< 2 e -16
Xántica	0,37284	0,02261	31,595	< 2 e -16
Carragenina: Xántica	0,59109	0,11377	5,195	6,34 e - 06

R-cuadrada = 0,9862

El modelo obtenido es:

$$\kappa = 0,19408\text{carragenina} + 0,37284\text{algarrobo} + 0,37284\text{xántica} + 0,59109\text{carragenina: xántica}$$

En la Figura 3 se presenta la superficie de respuesta para κ

En las Figuras 2 y 3 se ha usado la siguiente convención: la parte superior del triángulo corresponde a carragenina, la esquina inferior izquierda a xántica y la esquina inferior derecha corresponde a algarrobo.

Figura 2. Superficie para los valores de η_{20} [Pa.s]

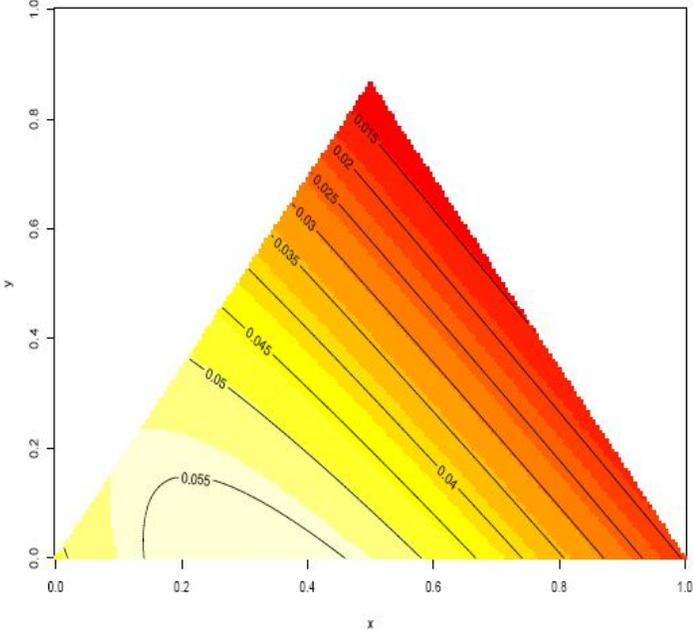
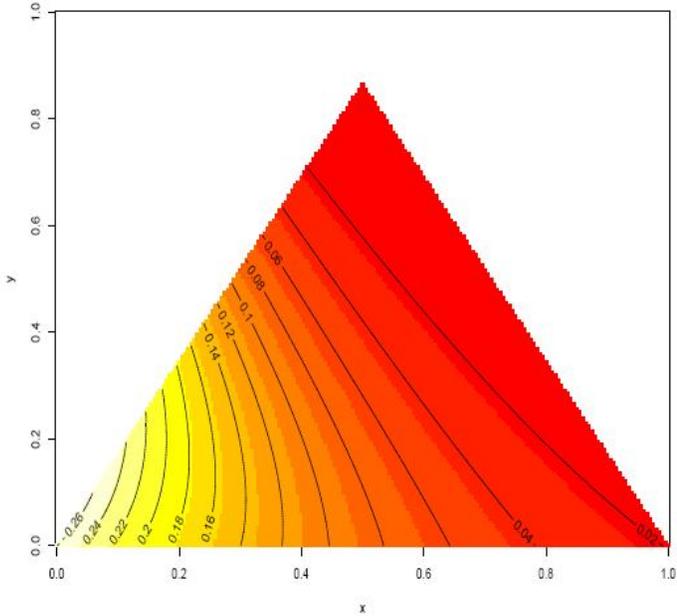


Figura 3. Superficie para los valores de κ [Pa.s]



Los valores promedio de η_{20} y κ para los diferentes tratamientos se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Valores promedio de η_{20} y κ para los 7 tratamientos

Tratamiento	η_{20} (media) Pa.s	κ (media) Pa.s
1	0,0108	0,0033
2	0,0196	0,0174
3	0,0488	0,2687
4	0,0156	0,0084
5	0,0486	0,1260
6	0,0559	0,0995
7	0,0368	0,0666

Considerando que el tratamiento 5 presentó inestabilidad de la mezcla en forma visual; se seleccionaron los tratamientos que mayor viscosidad proporcionan al sistema entre los que no presentaron separación.

1. Tratamiento 3: 100% goma xántica
2. Tratamiento 6: 50% goma de algarrobo + 50% goma xántica
3. Tratamiento 7: 33,3% goma xántica + 33,3% goma algarrobo + 33,3% carragenina

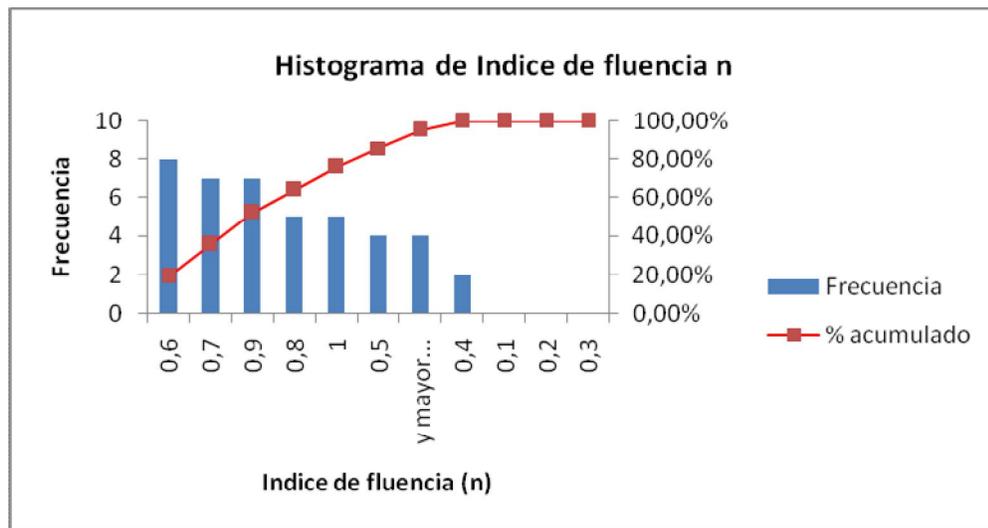
***Yield stres* (τ_0) [Pa]**

No presentó ningún tipo de correlación para el sistema evaluado; para un modelo cuadrático que considera las posibles interacciones binarias se obtiene un R-cuadrada de 0,588516; considerándose que esta variable no es explicada con base en la composición de hidrocoloides para el sistema evaluado.

Índice de fluencia (n)

En la Figura 4 se presenta el histograma de frecuencia de los datos totales obtenidos para n; de allí se deriva que el 85% de los datos se encuentran en valores de n entre 0,5 y 0,9.

Figura 4. Histograma de índice de fluencia n



Índice de tixotropía (IT)

El modelo obtenido indica que todos los componentes independientes y todas las interacciones binarias son representativas dentro del sistema.

Para este caso los datos obtenidos fueron:

R-cuadrada = 0,853194

Teóricamente el mayor valor de IT se obtendría con la mezcla: 0,361988 carragenina +

0,28449 algarrobo + 0,353522 xántica

La cual corresponde a un valor de IT de 1,44086

En la tabla 5 se resumen los valores de IT según el tipo de tratamiento

Tabla 5. Valores de IT para los diferentes tratamientos

Tratamiento	IT (media)
1	0,8721
2	1,0504
3	1,2908
4	1,1836
5	1,2314
6	1,4349
7	1,3846

La observación de la tabla 5 permite concluir que los mayores valores de IT se presentan para las mismas 3 mezclas que presentan mayor índice de consistencia: 3, 6 y 7.

2. Barrido de esfuerzos y pruebas oscilatorias

En la tabla 6 se resumen los valores obtenidos para $\text{Tan } \delta = G'' / G'$, en cada uno de los tratamientos.

Tabla 6. Valores Tangente delta para cada tratamiento

Tratamiento	Tan δ
1	1,3170
2	1,7209
3	2,1670
4	1,7628
5	2,0764
6	2,1502
7	1,8664

DISCUSIÓN

La separación de fases del tratamiento 5 correspondiente al uso de la mezcla 50% carragenina kappa + 50% goma xántica puede deberse a interacciones independientes entre estos y los demás componentes del sistema: proteína de la leche, proteína de soya, grasa; más no a un efecto antagónico entre estos dos hidrocoloides; ya que, hasta el momento no se han encontrado estudios que muestren este efecto específico cuando se encuentran presentes únicamente ellos dos; algunos han evaluado sistemas que los contienen, así [4], estudiaron la interacción de goma de algarrobo y goma xántica con leche en polvo reconstituida, encontrando que con ambas gomas se forma una fase de separación, demostrando una muy fuerte incompatibilidad entre estas macromoléculas; sin embargo, cuando en estos sistemas se incorpora carragenina kappa en niveles de 0,025 y 0,05% la fase de separación desaparece; esto indica que es posible que el resultado obtenido se deba a una interacción específica con la proteína de la leche; según [5] la superficie de las moléculas de la carragenina kappa tiene sitios muy reactivos que se encuentran disponibles para reaccionar con las micelas de la caseína de la leche, durante el calentamiento las moléculas de ambos se entrelazan formando un gel tixotrópico, el cual evita la coalescencia y separación de los glóbulos de grasa.

Con base en el modelo obtenido para η_{20} se tiene que el mayor valor de esta se presenta para una mezcla 70% xántica: 30% algarrobo; este resultado es consistente con otros donde se ha demostrado que en sistemas emulsionados es comúnmente utilizada la mezcla goma de algarrobo-goma xántica por el sinergismo que existe entre ellas [6-8]; así [9] encontraron que una proporción 60% xántica: 40% algarrobo presenta la más alta atracción entre moléculas; sin embargo, se debe considerar que obtener el mayor valor de viscosidad no es necesariamente el objetivo en un sistema como este, ya que se debe tener en cuenta la aceptación sensorial; es posible que un complemento líquido con alta viscosidad no encuentre mucha aceptación.

Para los modelos obtenidos de η_{20} y κ se encuentra que no existe una influencia importante de la interacción carragenina:algarrobo; esto puede explicarse con base en el resultado de [10] quienes encontraron que el efecto sinérgico entre la goma de algarrobo y carragenina kappa solo se presenta cuando el sistema es sometido a altas temperaturas.

Según el histograma de frecuencia para los valores de n , el 85% de los datos se encuentra en valores entre 0,5 y 0,9; esto indica que el

sistema en general, independiente de la clase de hidrocoloides a utilizar, presenta un comportamiento adelgazante (viscosidad disminuye con el esfuerzo) [11]; los menores valores de n se tienen para los mayores valores de κ similar al resultado de [8]; quienes encontraron que en una salsa blanca donde se usó una mezcla de goma algarrobo con xantán, los valores de n aumentan a medida que κ disminuye.

Los datos de la tabla 6 generan una idea de que existe una relación entre el índice de consistencia y la $\tan \delta$ (G''/G'); ya que los tres (3) tratamientos con mayor consistencia son los que mayor valor de $\tan \delta$ exhiben; este resultado es acorde al obtenido por [12], quienes estudiaron el comportamiento de 12 clases de gomas en niveles de 0,05%, 0,1% y 0,5%, encontrando que en el mayor nivel se presenta un sustancial crecimiento en el valor de $\tan \delta$; según la tabla 6 se tiene que el valor de $\tan \delta$; es levemente mayor para 100% xántica que para la mezcla xántica:algarrobo; esto es similar al resultado encontrado por [13] quienes estudiaron la interacción entre goma xántica y varios galactomanos: gomas de algarrobo, guar y tara, encontrando que la mayor sinergia se presenta entre xántica y algarrobo cuando esta es medida en términos de G' , donde se tiene que el valor G' es mucho mayor para la mezcla que para la goma xántica sola; ellos atribuyen este hecho a la formación de una fuerte estructura de gel.

Este sistema es muy sensible al cambio de las condiciones externas, por ejemplo: es posible que se obtenga otro comportamiento si se alteran las condiciones; en el caso de temperatura, [14] afirman que el proceso de pasteurización de leche a temperaturas por debajo de 100°C no desestabiliza la leche si el pH es mantenido a 6,7; sin embargo, las propiedades funcionales de la leche son determinadas por el complejo proteína del suero y micelas de caseína que son formadas durante el calentamiento en un rango de temperatura de 75 a 100°C; además, en el estudio realizado por [15] con mezclas de goma de algarrobo y goma xántica, se encuentra que el valor de G' disminuye a medida que aumenta la temperatura; por otro lado, falta explorar el comportamiento de este sistema en procesos de homogenización ya que según [16] el tratamiento de la proteína de soya a altas presiones (600MPa) promueve su capacidad de gelificación.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las variables obtenidas a partir de la curva de flujo que permiten explicar el comportamiento reológico del complemento nutricional

líquido evaluado son la viscosidad η_{20} , el coeficiente de consistencia (κ) y el índice de tixotropía.

El complemento nutricional líquido presenta en general el comportamiento típico de un fluido adelgazante.

El valor de $\text{Tan } \delta$ obtenido a partir del barrido de esfuerzos indica que todos los tratamientos evaluados pueden presentar estabilidad durante almacenamiento; es por ello que el criterio de selección de la mejor mezcla se basó en los valores obtenidos para viscosidad η_{20} .

Los tres (3) tratamientos que mejor estabilizan el sistema evaluado desde el punto de vista de la sedimentación son la mezcla 50% xántica:50% algarrobo; el uso de 100% xántica y la mezcla 33,3% xántica, 33,3% algarrobo; 33,3% carragenina kappa; siendo esta última la que menor índice de consistencia proporciona de los tres (3).

Para profundizar más en la comprensión del fenómeno de separación por sedimentación presentado con la mezcla que contiene goma xántica y carragenina kappa, es recomendable hacer un estudio de interacciones de cada uno de ellos en forma independiente y en mezcla con cada uno de los demás componentes del complemento nutricional.

Se recomienda profundizar más en la evaluación del comportamiento reológico de este complemento cuando se tienen condiciones de homogeneización (alta presión), que es un proceso altamente utilizado en la industria y procesos de pasteurización con temperaturas superiores a 75°C.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FAO. Country Profile: Food Security Indicators. Disponible: http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/documents/food_security_statistics/country_profiles/en/Colombia_e.pdf [citado marzo de 2009]
- [2] WANG, B., XIONG, Y.L. Y WANG, C. Physicochemical and sensory characteristics of flavoured soymilk during refrigeration storage. *Journal Food Quality*, 24, 513–516, 2001..
- [3] BARNES, H.A., HUTTON, J.E Y WALTERS, K. An introduction to rheology. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, Holanda. 201p, 1994.
- [4] THAIUDOM,S. Y GOFF,H.D. Effect of k-carrageenan on milk protein polysaccharide mixtures. *International Dairy Journal*, 13, 763–771, 2003.
- [5] LAL, N.D. SHANE, O'CONNOR, CHARMIAN, J., Y EYRES, LAURENCE. Application of emulsifiers/stabilizers in dairy products of high rheology. *Advances in Colloid and Interface Science*, 123, 433–437, 2006.
- [6] NUSSINOVITCH, A. Hydrocolloid applications: Gum technology in the food and other industries (pp. 144–153). UK: Blackie. 1997.
- [7] GARCIA,F., SANTOS, V.E., CASAS, J.A. Y GÓMEZ,E. Research review paper Xanthan gum: production, recovery, and properties. *Biotechnology Advances*, 18, 549-579, 2000.
- [8] Mandala , I.G., Savvas, T.P. y Kostaropoulos, A.E. Xanthan and locust bean gum influence on the rheology and structure of a white model-sauce. *Journal of Food Engineering*, 64, 335–342, 2004.
- [9] Higiro,J., Herald,T.J. y Alavi, s. Rheological study of xanthan and locust bean gum interaction in dilute solution. *Food Research International*, 39, 165–175, 2006.
- [10] Arda,E., Kara,S. y Pekcan,Ö. Synergistic effect of the locust bean gum on the thermal phase transitions of kappa-carrageenan gels. *Food Hydrocolloids*, 23, 451–459, 2009.

- [11] Steffe, James F. Rheological Methods in Food Process Engineering Second Edition. Michigan State University. Dept of Agricultural Engineering. 418p. 1996.
- [12] Yaseen, E.I., Herald, T.J., Aramouni, F.M. y Alavi, S. Rheological properties of selected gum solutions. Food Research International, 38, 111–119, 2005.
- [13] Rinaudo, M. y Moroni, A. Rheological behavior of binary and ternary mixtures of polysaccharides in aqueous medium. Food Hydrocolloids, 23, 1720–1728, 2009.
- [14] Livney, Yoav D., Corredig, Milena y Dalgleish, Douglas G. Influence of thermal processing on the properties of dairy colloids. Current Opinion in Colloid and Interface Science, 8, 359–364, 2003.
- [15] Feng Mao, Ching y Peng Rwei, Syang. Cascade analysis of mixed gels of xanthan and locust bean gum. Polymer, 47, 7980–7987, 2006.
- [16] Speroni, F., Beaumal, V., De Lamballerie, M., Anton, M., Añon, M.C., Puppo, M.C. Gelation of soybean proteins induced by sequential high-pressure and thermal treatments. Food Hydrocolloids, 23, 1433–1442, 2009.

4. CAPÍTULO 2.

SELECCIÓN DE UN ESTABILIZANTE Y COMPORTAMIENTO DURANTE ALMACENAMIENTO EN REFRIGERACIÓN DE UN COMPLEMENTO NUTRICIONAL LÍQUIDO

SELECTION OF A STABILIZER AND BEHAVIOR DURING COLD STORAGE OF A LIQUID NUTRITIONAL SUPPLEMENT

Luz Stella Vanegas P.¹, Diego Alonso Restrepo M.², Jairo Humberto
López V.³

Este artículo fue presentado para estudio de su publicación por parte de la **Revista Facultad Nacional de Agronomía** (Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín)

¹ Gerente Técnica, Tecnas S.A. Cra 50 G # 12 sur 29. Itagüí, Antioquia, Colombia. E-mail: cta@tecnas.com.co

² Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Calle 59 A # 63-20, Bloque 52. e-mail: darestre@bt.unal.edu.co

³ Profesor Asistente, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Interfacultades ICTA, Avenida carrera 30 No. 45-03, Edificio 500C. e-mail: jhlopezv@unal.edu.co

RESUMEN

Se realizó un estudio con un complemento nutricional líquido pasteurizado, especialmente formulado para cubrir requerimientos nutricionales de población infantil vulnerable a malnutrición en edad entre 3 y 5 años. El complemento fue estabilizado con 3 mezclas de hidrocoloides (100% goma xántica, mezcla 50% goma xántica: 50% goma algarrobo y mezcla 33,3% goma xántica, 33,3% goma algarrobo, 33,3% carragenina kappa) dosificados en un nivel de 0,2%. Se realizó prueba sensorial de aceptación entre las 3 propuestas con tres (3) grupos de 50 niños cada uno, pertenecientes a la población objetivo, quienes seleccionaron como mejor opción la propuesta 3 correspondiente a la mezcla de los 3 hidrocoloides; luego, se realizó seguimiento durante los primeros 20 días de vida útil del complemento líquido homogenizado y pasteurizado elaborado con la mezcla seleccionada dosificada en 3 niveles (0,1%, 0,2% y 0,3%) y empacado en envase de vidrio en unidades de 200ml, con el fin de determinar los cambios en el comportamiento reológico (medido como η_{20} y κ), sensorial (medido como sabor y aroma objetables y arenosidad) y microbiológico (medido como mesofilos, coliformes totales y fecales, *staphilococcus aureus*, *salmonella* y *lactobacillus*) durante almacenamiento a condiciones de refrigeración ($2^{\circ}\text{C} \pm 2$);

concluyéndose que no existen variaciones significativas desde ninguno de los aspectos evaluados independiente del nivel utilizado, siendo el de menor varianza a nivel reológico la dosis del estabilizante al 0,2%.

Palabras clave: reología, aceptación sensorial, almacenamiento complemento nutricional

ABSTRACT

A study with a pasteurized liquid nutritional supplement was carried out, especially designed to cover nutritional requirements for malnutrition vulnerable infant population between 3 and 5 years old. Supplement was stabilized with 3 mixtures of hydrocolloids (100 % xanthan gum, 50% xanthan gum: 50% locust bean gum and 33,3% xanthan gum, 33,3% locust bean gum, 33,3% kappa carrageenan) at 0,2% level. A sensory test of approval between the 3 proposals with 3 groups of 50 children each one, belonging to the population of study, which chose as the best option the proposal 3 corresponding to the mixture of the 3 hydrocolloids; then, a following up was carried out during the first 20 days of shelf life of the homogenized and pasteurized liquid supplement prepared with the selected mixture at 3 levels (0,1%, 0,2% and 0,3%)

and packed in glass bottles of 200 ml units with the purpose of determining the changes in the rheological behavior (measured as η_{20} and κ), sensory (measured as objectionable flavor and aroma and sandy texture) and microbiological (measured as total plate count, total and faecalis coliforms, *staphilococcus aureus*, *salmonella* and *lactobacillus*) during storage under refrigeration conditions ($2^{\circ}\text{C} \pm 2$); It was concluded that significant variations do not exist from any of the evaluated aspects independently of the level used, being the smaller variance, in terms of rheology, the dose of stabilizer to 0.2%.

Key words: Rheology, Sensory Approval, Storage, Nutritional Supplement.

INTRODUCCIÓN

En el año 2003, el Gobierno colombiano, teniendo en cuenta los compromisos adquiridos en la Cumbre Mundial de Alimentación (CMA) de 1996, decidió diseñar estrategias posibilitando el cumplimiento de los mismos. Para incorporar en dicho ejercicio las lecciones aprendidas en la región y en el mundo sobre esta temática, solicitó la asesoría de FAO para elaborar un programa que le permita mitigar los problemas de

pobreza y desnutrición, con miras a las metas del Milenio y la CMA para el año 2015. (FAO, 2009)

En agosto de 2005 comienza a ejecutarse el **Proyecto de Fortalecimiento a la Seguridad Alimentaria y Nutricional en Colombia PROSEAN**, convenio Acción Social - FAO, que apoya al gobierno colombiano en la formulación de planes de seguridad alimentaria y nutricional (en el orden nacional, departamental y municipal), así como en el acompañamiento a iniciativas con miras a mejorar la situación alimentaria y nutricional de la población vulnerable.

En la actualidad, este proyecto incluye entre otros aspectos, la atención nutricional, médica y psicosocial a los niños con desnutrición y sus familias, así como el suministro de complementos nutricionales distribuidos en forma gratuita o con muy bajos costos, que permitan, mediante operaciones culinarias sencillas, tener disponible para la población más vulnerable, alimentos ricos en nutrientes, considerados escasos en la dieta básica a la que personas de bajos ingresos pueden acceder. En este tipo de productos el contenido de nutrientes ha sido diseñado expresamente para la atención satisfactoria de estas necesidades nutricionales; sin embargo, debido a que su presentación

es en polvo, deben ser hidratados previo a su consumo, etapa que se ha constituido en el escollo de implementación del programa, ya que existen zonas marginales en donde no se tiene disponibilidad de agua potable, ni de otros servicios públicos, que posibiliten una adecuada preparación del producto, lo que conlleva a que se piense en una solución más integral, que permita suministrar un producto “listo para el consumo” sin que se modifiquen sus condiciones nutricionales, sensoriales, microbiológicas y fisicoquímicas.

El suministro de complementos nutricionales se ha diversificado según las necesidades de los diferentes grupos poblacionales; en particular, se ha concentrado en la población infantil y en las madres gestantes o lactantes; y corresponden a una mezcla balanceada de proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales apropiadas para cada grupo poblacional. Dado que antes en Colombia no se ha suministrado un producto hidratado de esta naturaleza, listo para consumo; no se tienen datos sobre la aceptación sensorial medida en términos de textura (viscosidad bucal) por parte de un grupo objetivo.

El objetivo de este proyecto fue evaluar la aceptación sensorial por parte de un grupo poblacional infantil (niños de 3 a 5 años) de 3 propuestas

de un complemento nutricional líquido que fue estabilizado con 3 mezclas diferentes de hidrocoloides, las cuales fueron seleccionadas en un estudio previo realizado por los autores, como las que mejor estabilizaron el producto entre 7 sistemas correspondientes a carragenina kappa, goma de algarrobo y goma xántica y sus mezclas; además, se buscó valorar del comportamiento microbiológico, reológico y sensorial, la propuesta mejor calificada, cuando se usaron tres niveles de la mezcla de hidrocoloides estabilizante (0,1%, 0,2% y 0,3%) y el producto se almacenó en refrigeración ($2 \pm 2^{\circ}\text{C}$).

MATERIALES Y MÉTODOS

Composición del complemento nutricional

Para este estudio se partió de una mezcla base usada tradicionalmente por los organismos estatales colombianos, la que contenía: proteína aislada de soya, leche entera en polvo, grasa vegetal, azúcar, maltodextrina, vitaminas, minerales, saborizante artificial (vainilla) y estabilizantes.

La composición bromatológica de la mezcla en polvo fue: 20% proteína, 15% grasa, 52% carbohidratos; el contenido de vitaminas (A, B1, B3, C, ácido fólico, y B12) y minerales (calcio, hierro, zinc) corresponde al 60% de la Ingesta Diaria Recomendada (IDR) para niños entre 1 y 4 años de

edad, según la Resolución 288 de 2008 (Ministerio de Protección Social de Colombia).

Esta mezcla fue hidratada en una relación de 1:4 adicionando la base en polvo al agua en continuo movimiento durante un tiempo de 2 minutos y con una agitación de 1000rpm; la dispersión de los sólidos con el medio continuo acuoso se llevó a cabo utilizando un moto-agitador digital de hélice marca IKA RW20, utilizando como accesorio el agitador R 1373 *Paddle stirrer*; al complemento hidratado se adicionaron las diferentes combinaciones de estabilizante a un nivel de 0,2%: 100% goma xántica, mezcla 50% goma xántica: 50% goma algarrobo y la mezcla 33,3% goma xántica, 33,3% goma algarrobo, 33,3% carragenina kappa; las cuales están dadas en orden de mayor a menor.

Una vez preparada la bebida, esta fue pasterizada en un baño maría marca C.I. TALSA ref KG-165 a $65^{\circ}\text{C} \pm 5$ durante 30 min, manteniendo una agitación de 300rpm; luego, las muestras fueron envasadas en recipientes de vidrio en cantidad de 200ml y mantenidas en refrigeración ($2^{\circ}\text{C} \pm 2$)

Prueba sensorial

Se partió de las tres (3) mezclas seleccionadas y se realizó una prueba sensorial con un grupo de 50 niños en edades entre 3 y 5 años; los cuales pertenecen a una de las Escuelas que hacen parte del programa de complementación nutricional; la pregunta realizada fue muy específica: ¿cuál de los tres (3) productos te gusta más?, considerando que la única diferencia entre ellos es su viscosidad y la edad del grupo objetivo, esto se definió con base en recomendación de [Pedrero y Pangborn \(1989\)](#).

Se realizaron tres (3) réplicas de la prueba sensorial en tres (3) momentos diferentes con espacio de 2 semanas entre ellos; donde se realizó la misma pregunta al mismo grupo poblacional para un total de 150 resultados.

Preparación para seguimiento durante almacenamiento

Se partió de la mezcla de hidrocoloides utilizada en la propuesta mejor calificada por los niños, se adicionó en 3 niveles con respecto al complemento nutricional hidratado: 0,1%, 0,2% y 0,3%; se realizaron 3 réplicas por nivel, para un total de 9 unidades experimentales.

Los experimentos se realizaron a escala piloto (lotes de 20 litros) por medio de los siguientes pasos:

- Hidratación en marmita de calentamiento por vapor de 200 litros de capacidad, con bomba de vacío y agitador de paletas (marca COLCOCINAS), la mezcla se mantuvo a 60rpm y se calentó hasta 50⁰C
- Homogenización de mezcla a 1600psi en homogenizador de 2 etapas (marca REGYS)
- Pasteurización a 72⁰C durante 10 min en la misma marmita
- Envasado en recipientes de vidrio en unidades de 200ml
- Choque térmico inmediato para llevar muestra hasta 20⁰C por medio de inmersión en agua a 2⁰C
- Almacenamiento en refrigeración (2⁰C±2)

Las muestras fueron mantenidas en una cava en condiciones de refrigeración (2⁰C ± 2) desde su preparación durante 20 días en los cuales se evaluó su estabilidad en términos reológicos, sensoriales y microbiológicos.

Evaluación de estabilidad reológica

Las propiedades reológicas se midieron durante los días 1,3,5,8,11,14,16,18 y 20; se realizaron curvas de flujo en un reoviscosímetro Brookfield R/S plus en su modo rotacional, utilizando como geometría cilindros concéntricos, los barridos de *shear rate* se hicieron en forma ascendente y descendente; obteniendo las siguientes variables:

- Viscosidad (η_{20}) [Pa.s]; medida en 20 seg^{-1}

Ajustando los datos a la ecuación de HershelBulkley, se obtuvieron:

- Coeficiente de consistencia (κ) [Pa.s]
- Índice de fluencia (n)

Evaluación de estabilidad sensorial

Para definir cual prueba a realizar se tomaron como guía las recomendaciones de [Anzaldúa \(1994\)](#), y los estudios de [Ruiz et al. \(2008\)](#), quienes realizaron el seguimiento durante 21 días de las características sensoriales de una bebida de soya almacenada en

condiciones de refrigeración, para lo cual emplearon un panel de jueces semientrenados (de 10 a 12 jueces), utilizaron una escala lineal continua estructurada de 10 cm de longitud, marcada a intervalos iguales de 2 cm con términos que indican intensidad creciente de la calidad del producto de izquierda a derecha desde 0 (pésimo) hasta 10 (excelente) y de [Perez et al. \(2007\)](#) quienes plantean la validación de una metodología sensorial mediante la cual los jueces entrenados evalúan la calidad de un alimento, partiendo de la base de la ausencia/presencia de características específicas en el producto o la presencia de defectos.

Esta prueba se realizó mediante panel sensorial entrenado de la FUNDACION INTAL (Panel con ocho (8) años de experiencia cuyo entrenamiento estuvo basado en las normas técnicas colombianas NTC 4129 "Análisis sensorial. Guía general para la selección, entrenamiento y seguimiento de evaluadores. Parte 1. Evaluadores seleccionados 1997-05-28" y NTC 4130 "Análisis sensorial. guía general para la selección, entrenamiento y seguimiento de evaluadores. Parte 2. Expertos 1997-05-28").

- No. de jueces: 7

- Clase de prueba: *Quantitative Descriptive Analysis* (QDA)
- Escala de intensidad de 7 puntos donde se consideró que el valor 0 = ausente y el valor 7 = intenso
- Variables de estudio: olor/aroma objetable, sabor objetable, y textura geométrica (granulosidad, arenosidad).

Esta evaluación se realizó para las tres (3) réplicas de cada nivel de hidrocoloides usado, durante los días 1, 4, 7, 10, 13, 17 y 20.

Evaluación de estabilidad microbiológica

Estos análisis se realizaron en laboratorio de microbiología de TECNAS S.A., donde se evaluaron los microorganismos definidos en el Decreto 616 de 2006 (Ministerio de Protección Social de Colombia), consignados en la Tabla 1, los cuales fueron asumidos por los autores, ya que no existe una legislación en Colombia, específica para este tipo de producto.

Adicionalmente, se realizaron análisis de posibles patógenos y Lactobacilos:

- Recuento de *Staphilococcus aureus* coagulasa positiva/g
- Salmonella en 25 ml
- Recuento de *Lactobacillus*/g

Los métodos de evaluación que se utilizaron fueron:

- Coliformes totales y fecales, colimetría por medio del caldo lauril sulfato adicionado de MUG (Norma Técnica APHA 8.931)
- Mesófilos, por medio de Recuento en placa (Norma NTC 4519: Guía general para el recuento de micro-organismos. Técnica del recuento de colonias a 35°C).

Esta evaluación se realizó para las tres (3) réplicas de cada nivel de hidrocoloides usado, durante los días 1, 4, 7, 10, 13, 17 y 20.

RESULTADOS

El producto presentó buena aceptación sensorial en general, independiente de la selección de una muestra en particular, la población de estudio manifestó agrado por éste, lo cual facilitó el proceso de obtención de datos considerando la corta edad de los participantes del proceso.

En la Tabla 2 se muestran los datos generales del grupo poblacional. En las Figuras de la 1 a la 5 se presentan los resultados del nivel de aceptación total (Figura 1), clasificado según edad (Figuras 2 y 3) y según sexo (Figuras 4 y 5). En todos los casos la opción 1 corresponde a 100% Goma Xántica, la opción 2 corresponde a: 50% Goma Xántica : 50% Goma Algarrobo y la opción 3 corresponde a 33% Goma X;antica: 33% Goma Algarrobo : 33% Carragenina Kappa.

La prueba de preferencia para el grupo total se presenta en la Figura 1.

Estabilidad reológica

En todos los casos se presentó muy poca variabilidad en el tiempo para las 3 variables evaluadas, en las Figuras 6 y 7 se presenta el comportamiento de (η_{20}) y (κ) .

En las Tablas 3, 4 y 5 se presentan los resultados obtenidos para viscosidad (η_{20}) , coeficiente de consistencia (κ) e índice de fluencia n respectivamente, para los tres niveles de mezcla de hidrocoloides evaluados.

Estabilidad sensorial

Durante los 20 días de evaluación las variables olor/aroma objetable, sabor objetable y textura geométrica (granulosidad, arenosidad) tuvieron una calificación de 0 intensidad para todos los jueces en todas las réplicas.

Estabilidad microbiológica

Durante los 20 días de evaluación no se presentaron cambios sobre ninguno de los análisis realizados para ninguna de las réplicas evaluadas, en la Tabla 6 se resumen los valores obtenidos para cada tipo de análisis microbiológico.

DISCUSIÓN

La evaluación sensorial con el grupo poblacional objetivo refleja que existe una preferencia en general por el complemento nutricional líquido estabilizado con la mezcla de los tres (3) hidrocoloides: goma xántica, goma de algarrobo, carragenina kappa; la cual corresponde a la que menor viscosidad proporciona al sistema (medida en términos de índice de consistencia $\kappa = 0,0666$ pa.s) con un nivel de aceptación de 50% para la réplica 1 y de 52% para las réplicas 2 y 3; este resultado es consistente con los obtenidos por [Potter et al. \(2007\)](#), donde concluyen que la aceptación total está relacionada con el *mouthfeel* y que existe

mayor tendencia a seleccionar bebidas que presenten facilidad para tragar; esto también es explicado por [Vliet et al. \(2009\)](#) quienes afirman que para líquidos de viscosidad baja, la evaluación oral de esta propiedad está basada en una apreciación de la facilidad con la cual el material fluye entre la superficie superior de la lengua y el paladar, mientras que para productos con una alta viscosidad el criterio de evaluación está asociado a la presión requerida para hacer fluir en forma significativa hacia el interior; en este caso, los niños seleccionan el producto que mayor facilidad les brinda para tragar; es decir, el que más rápido fluye entre su lengua y paladar; también puede relacionarse con lo explicado por [Drewnowski \(1997\)](#) quien indica que estudios realizados con niños de preescolar han mostrado que sus preferencias de alimentos son determinadas por dos factores: la familiaridad y el dulzor, en este caso se considera que la viscosidad de la opción mejor seleccionada es más familiar para la población evaluada ya que se parece a la de fluidos como la leche, productos carbonatados y jugos preparados en agua.

Cuando se analiza en forma independiente la aceptación sensorial por grupo de edades; se obtuvo que el grupo de niños entre 3 y 4 años muestra un nivel de aceptación similar para las opciones 2 y 3

(respectivamente: 40% y 35% para réplica 1; 35% y 40% para réplica 2; 35% y 45% para réplica 3); mientras que el grupo de niños entre 4 y 5 años tiene un nivel de preferencia por la opción 3 que es mucho más contundente: 60% para réplica 1, 63,34% para réplica 2 y 56,67% para réplica 3; en este último grupo se tiene una mejor reproducibilidad de los datos, lo cual puede ser explicado con base en los resultados de [Liem et al. \(2004\)](#), quienes concluyeron que existe diferencia en la habilidad para la realización de pruebas sensoriales según la edad, en particular niños de 5 años presentan mayor comprensión de los atributos sensoriales que niños de 4 años; es por ello que cuando se desee realizar pruebas sensoriales con menores, es recomendado realizar ejercicios previos asociados a una preparación en la comprensión de los atributos a evaluar, tal como lo indican [Mustonen, Rantanen y Tuorila \(2009\)](#), quienes demostraron que la educación sensorial activa la capacidad de percibir olor y sabor en niños y mejora su capacidad de describir las propiedades sensoriales de un alimento, así mismo, [Rose et al. \(2004\)](#) indican que los niños pueden ser entrenados para usar modalidades como el medio para generar los perfiles sensoriales de productos de alimentación y que modelos satisfactorios pueden ser desarrollados para predecir los atributos que determinan el gusto para un producto.

Adicionalmente debe considerarse que en el caso particular de esta investigación el interés es llegar a población vulnerable a malnutrición, la cual corresponde en su mayoría a estratos socioeconómicos bajos. Con base en un estudio realizado en Argentina por [Curia et al. \(2001\)](#) se encontró que la comprensión de una prueba sensorial por parte del consumidor está relacionada con la edad y con el nivel socioeconómico; así puede presentarse confusión para responder una prueba sensorial en niños de bajo nivel económico ya que tienen mayor probabilidad de tener dificultad de aprendizaje.

Cuando se compara el gusto según sexo, se tiene que los niños presentan un nivel de aceptación similar por las opciones 2 y 3 (respectivamente: 42,11% y 42,11% para réplica 1; 36,84% y 42,11% para réplica 2; 36,84% y 47,37% para réplica 3); mientras que las niñas presentan una preferencia marcada por la opción 3: 54,84% para réplica 1, 60% para réplica 2 y 53,33% para réplica 3.

La aceptación general que obtuvo el complemento nutricional líquido indica que su diseño cumple no solo con los requerimientos nutricionales sino con los de tipo sensorial, ya que se ha logrado mantener la estabilidad de las partículas dispersadas, cualidad fundamental para una

buena percepción de propiedades de textura en alimentos líquidos (Vliet *et al.*, 2009; Chen, 2009).

Los resultados obtenidos para el estudio de estabilidad reologica muestran que no hubo variación significativa en los valores de η_{20} y κ durante los 20 días de almacenamiento en condiciones de refrigeración; también se encontró que el nivel de 0,2% de mezcla de hidrocoloides es el que menor varianza presenta para estos dos parámetros (4,96 E-7 para η_{20} y 1,5 E-6 para κ).

La buena estabilidad obtenida para este producto durante los 20 días de evaluación puede deberse al proceso de homogenización y a las condiciones de almacenamiento (envase de vidrio), esto es considerado al comparar con el estudio realizado por Ruiz *et al.* (2008) con una bebida saborizada de leche de soya parcialmente hidrolizada, pasteurizada a 80°C durante 10 min y almacenada en envase de poliestireno a 4°C, los cuales encontraron que la calidad organoléptica (medida en términos de sabor, olor y textura) se mantiene dentro del rango de aceptación por 14 días y que a los 21 días se produce una caída significativa.

Aunque este estudio no consideró la estabilidad en términos de calidad nutricional, se tienen resultados como el de [Uzzan, Nechrebeki y Labuza \(2007\)](#) los cuales recomiendan que cuando se diseñe una bebida a base de leche con tratamiento de pasteurización se debe considerar la adición entre un 30 y 40% más de los componentes nutraceuticos, vitaminas y minerales que se desean mantener por las posibles pérdidas de los mismos que se puedan presentar.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este estudio realizado con la población real objetivo (niños vulnerables a malnutrición en edades entre 3 y 5 años), permitió determinar que estos niños prefieren el complemento nutricional que aporta la menor viscosidad de las tres propuestas evaluadas; el cual corresponde a un índice de consistencia de 0,0666 Pa.s.

El seguimiento en el tiempo en condiciones de refrigeración del complemento nutricional liquido elaborado con diferentes concentraciones de la mezcla de hidrocoloides seleccionada, muestra que el producto se mantiene estable a nivel reológico, sensorial y microbiológico durante los 20 días de estudio, independiente del nivel de hidrocoloide utilizado; sin embargo, un nivel de 0,2% es la mejor opción, ya que presenta la menor varianza y corresponde a la

concentración que se utilizó en el proceso de selección por medio del panel de consumidor con la población objetivo.

Se recomienda continuar realizando estudios para evaluar el efecto de la homogenización y el material de empaque sobre la estabilidad en almacenamiento; ya que al ser un producto con fines sociales, se hace necesaria la optimización de costos; además, dado el fin nutricional que tiene el producto es importante realizar el estudio de estabilidad de las vitaminas y minerales durante su vida útil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anzaldúa Morales, Antonio. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Universidad Autónoma de Chihuahua-México. Editorial ACRIBIA, S.A. España.

Curia, Ana Valeria, Hough, Guillermo, Martinez, Maria Carolina, y Margalef, Maria Isabel. 2001. How Argentine consumers understand the Spanish translation of the 9-point hedonic scale. Food Quality and Preference (12): 217 – 221

Chen, Jianshe. 2009. Food oral processing—A review. Food Hydrocolloids (23): 1–25

Drewnowski, A. 1997. Taste preferences and food intake. Human Nutrition Program, School of Public Health, The University of Michigan, Ann Arbor. *Annu. Rev. Nutr.* (17): 237 – 53.

Liem, Djin Gie, Mars, Monica y De Graaf, Cees. 2004. Consistency of sensory testing with 4- and 5-year-old children. *Food Quality and Preference.* (15): 541 – 548.

Mustonen, Sari, Rantanen, Reetta y Tuorila, Hely. 2009. Effect of sensory education on school children's food perception: A 2-year follow-up study. *Food Quality and Preference* (20): 230 – 240

Pedrero, D. y Pangborn, R. 1989. Evaluación sensorial de los alimentos, métodos analíticos. Editorial Alhambra, Madrid. 251 p.

Pérez Elortondo, F.J., Ojeda, M., Albisu, M., Salmeron, J., Etayo, I. y Molina M. 2007. Food quality certification: An approach for the development of accredited sensory evaluation methods. *Food Quality and Preference* (18): 425 – 439

Potter, R.M., Dougherty, M.P., Halteman, W.A. y Camire, M.E. 2007. Characteristics of wild blueberry–soy beverages. *LWT, Food Science And Technology*, (40): 807 – 814.

Rose, G., Laing, D.G., Oram, N. y Hutchinson, I. 2004. Sensory profiling by children aged 6–7 and 10–11 years. Part 2: a modality approach. *Food Quality and Preference*. (15): 597 – 606.

Ruiz, Adolfo, Mejías, Elizabeth, Silveira, Irma y Lafargue Dayana. 2008. *Ciencia y Tecnología de Alimentos* Vol. 18, No. 3, 2008

Uzzan, M., Nechrebeki, J., y Labuza, T.P. 2007. Thermal and Storage Stability of Nutraceuticals in a Milk Beverage Dietary Supplement. *Journal Of Food Science*. Vol. 72 (3): E109 - E114.

Vliet, Ton Van, Van Aken, George A., De Jongh, Harmen H.J. y Hamer, Rob J. 2009. *Advances in Colloid and Interface Science*. Article in press 14p.

TABLAS

Tabla 1. Características microbiológicas de la leche pasteurizada según D616/2006

Índices permisibles	n	m	M
Recuento microorganismos mesófilos ufc/ml	3	40000	80000
Recuento coliformes ufc/ml	3	Menor de 1	10
Recuento coliformes fecales ufc/ml	3	Menor de 1	-

Donde:

n = número de muestras a examinar

m= índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad

M= índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad

Tabla 2. Datos generales del grupo poblacional evaluado

Descripción	Cantidad
Total participantes	50
Total niños	19
Total niñas	31
De 3 a 4 años	20
De 4 a 5 años	30

Tabla 3. Comportamiento de (η_{20}) durante 20 días para 3 niveles de mezcla de hidrocoloides

Nivel	Valor mínimo [Pa.s]	Valor máximo [Pa.s]	Media [Pa.s]	Desviación estándar	Varianza	Nivel de confianza al 95%
0,1%	0,0104	0,0148	0,0127	0,0015	2,19 E-6	0,0011
0,2%	0,0367	0,0388	0,0379	0,0007	4,96 E-7	0,0005
0,3%	0,103	0,1415	0,1111	0,012	1,41 E-4	0,0092

Tabla 4. Comportamiento de (κ) durante 20 días para 3 niveles de mezcla de hidrocoloides

Nivel	Valor mínimo [Pa.s]	Valor máximo [Pa.s]	Media [Pa.s]	Desviación estándar	Varianza	Nivel de confianza al 95%
0,1%	0,0042	0,0085	0,0063	0,0014	1,9 E-6	0,0011
0,2%	0,0444	0,0483	0,0462	0,0012	1,5 E-6	0,0009
0,3%	0,1047	0,137	0,1216	0,0107	1,1 E-4	0,0083

Tabla 5. Comportamiento de (n) durante 20 días para 3 niveles de mezcla de hidrocoloides

Nivel	Valor mínimo	Valor máximo	Media	Desviación estándar	Varianza	Nivel de confianza al 95%
0,1%	0,963	1,086	1,013	0,045	0,002	0,0346
0,2%	0,704	0,798	0,754	0,033	0,001	0,0254
0,3%	0,680	0,762	0,724	0,032	0,001	0,0246

Tabla 6. Resultados microbiológicos durante almacenamiento

Análisis	Resultado
Recuento de Mesófilos	150
NMP coliformes totales/g	< 3.0
NMP coliformes fecales/g	< 3.0
Recuento de <i>Staphilococo aureus</i> coagulasa positiva/g	< 100
Recuento de <i>Lactobacillus</i> /g	< 10
Salmonella en 25 ml	Ausente

FIGURAS

Figura 1. Nivel de aceptación para todo el grupo poblacional evaluado

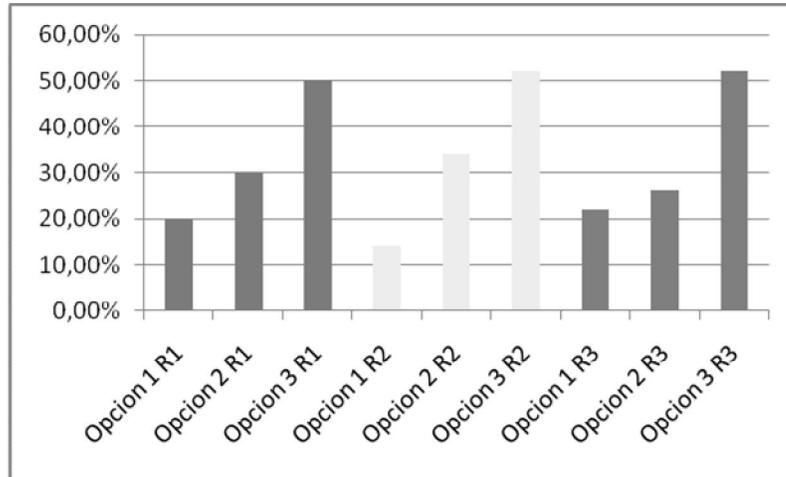


Figura 2. Nivel de aceptación para niños entre 3 y 4 años

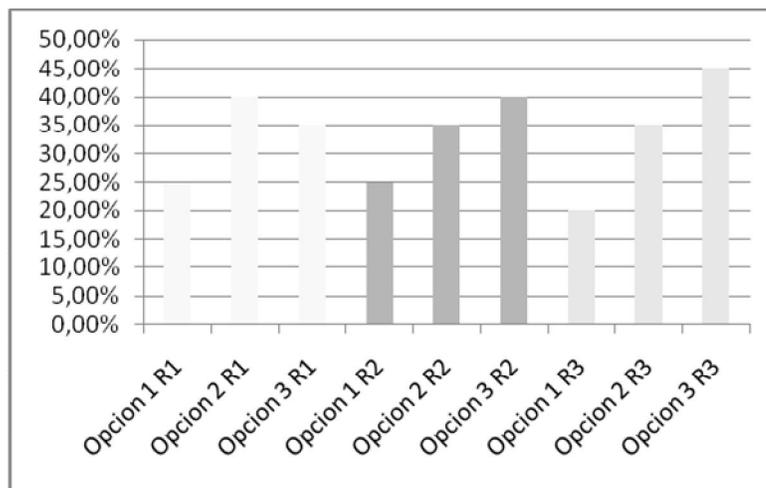


Figura 3. Nivel de aceptación para niños entre 4 y 5 años

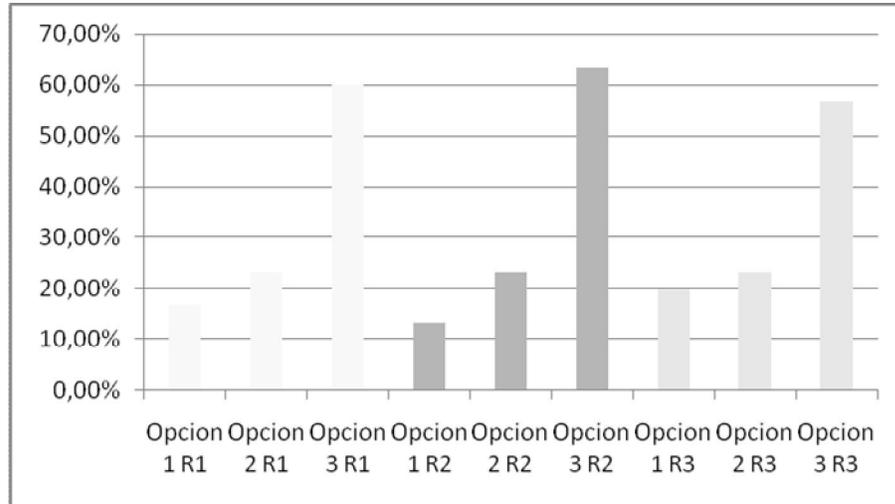


Figura 4. Nivel de aceptación para niños

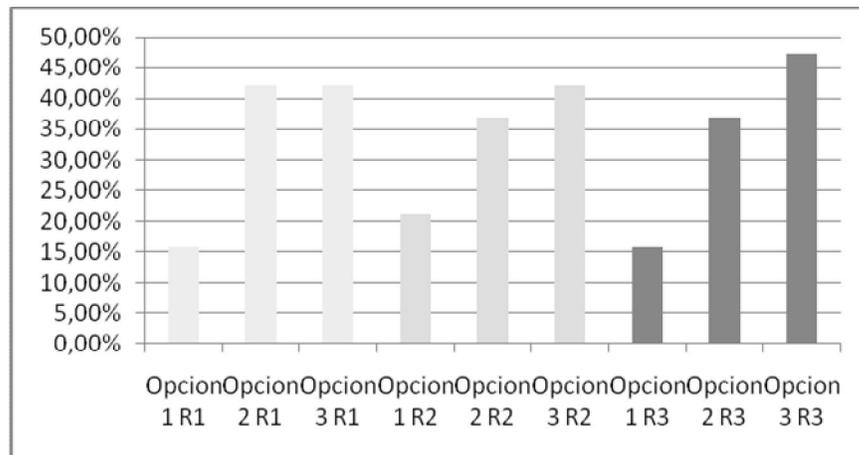


Figura 5. Nivel de aceptación para niñas

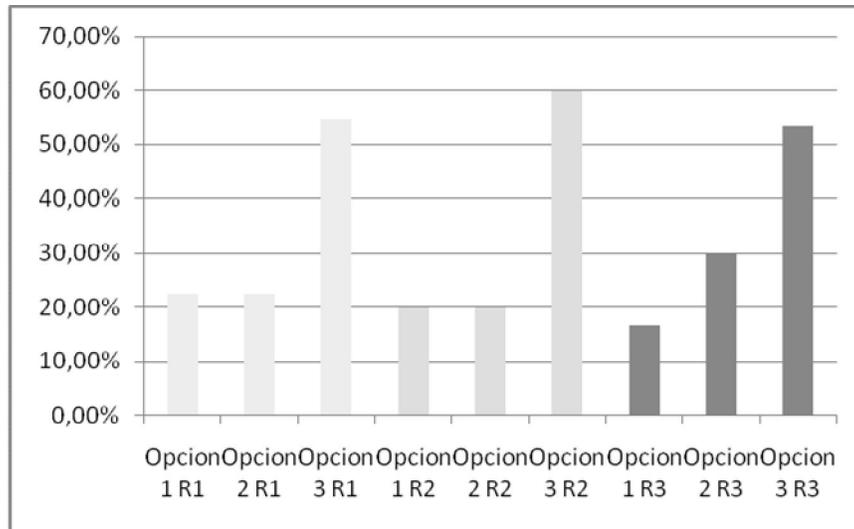


Figura 6. Comportamiento de (η_{20}) durante 20 días para 3 niveles de mezcla de hidrocoloides

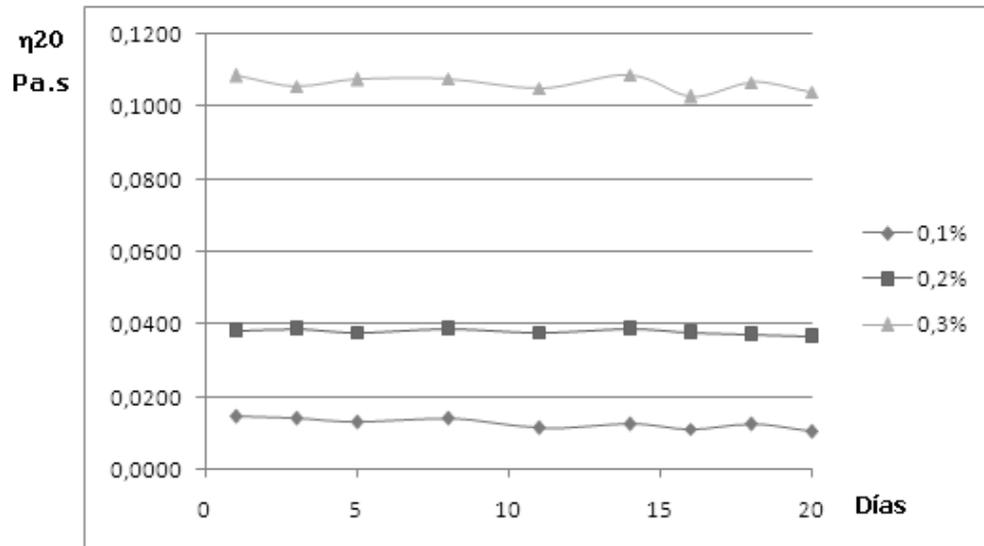
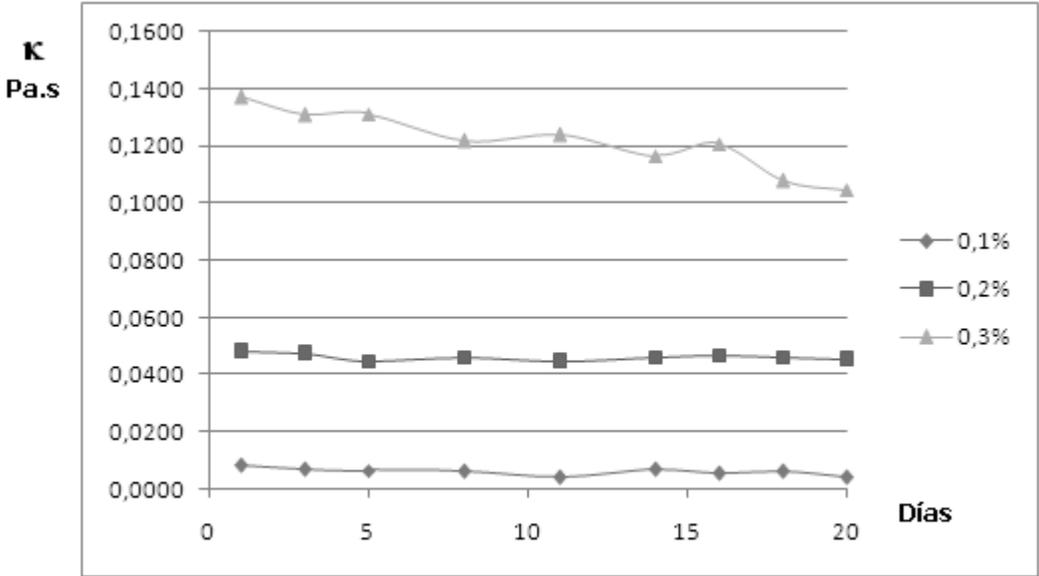


Figura 7. Comportamiento de (κ) durante 20 días para 3 niveles de mezcla de hidrocoloides



5. CONCLUSIONES

Las variables obtenidas a partir de la curva de flujo que permiten explicar el comportamiento reológico del complemento nutricional líquido evaluado son la viscosidad medida a *shear rate* de 20seg^{-1} (η_{20}), el coeficiente de consistencia (κ) y el índice de tixotropía.

Los valores de índice de fluencia (n) obtenidos, indican que el complemento nutricional líquido presenta en general, el comportamiento típico de un fluido adelgazante.

Los 3 tratamientos que mejor estabilizan el sistema evaluado desde el punto de vista de la sedimentación son: 100% xántica ($\kappa = 0,2687$ Pa.s), la mezcla 50% xántica:50% algarrobo ($\kappa = 0,0995$ Pa.s) y la mezcla 33,3% xántica, 33,3% algarrobo, 33,3% carragenina kappa ($\kappa = 0,0666$ Pa.s).

El grupo objetivo (niños vulnerables a malnutrición en edades entre 3 y 5 años), prefiere el complemento nutricional que aporta la menor viscosidad de las tres propuestas evaluadas; el cual corresponde a un índice de consistencia (κ) de 0,0666 Pa.s.

El producto se mantiene estable a nivel reológico, sensorial y microbiológico durante los 20 días de estudio mantenido en condiciones de refrigeración ($2^{\circ}\text{C}\pm 2$).

6. RECOMENDACIONES

Para profundizar más en la comprensión del fenómeno de separación por sedimentación presentado con la mezcla que contiene goma xántica y carragenina kappa, es recomendable hacer un estudio de interacciones de cada uno de ellos en forma independiente y en mezcla con cada uno de los demás componentes del complemento nutricional.

Para tener mayor información sobre el comportamiento reológico del complemento nutricional líquido, es necesario realizar mediciones reométricas oscilatorias con un equipo que permita obtener resultados a bajas deformaciones y velocidades de corte cercanas a cero, ya que con el equipo utilizado en este estudio los valores más bajos fueron obtenidos para un shear rate de 20seg^{-1} .

Además de lo anterior; se recomienda profundizar más en el estudio del complemento nutricional, por medio de la medición de la distribución de tamaños de partícula, la cual permite visualizar procesos de agregación

de partículas que evidencian la desestabilización del sistema bajo estudio.

Se recomienda profundizar más en la evaluación del comportamiento reológico de este complemento cuando se tienen condiciones de homogenización (alta presión), que es un proceso altamente utilizado en la industria y procesos de pasteurización con temperaturas superiores a 75°C.

Es recomendable continuar realizando estudios para evaluar el efecto de la homogenización y el material de empaque sobre la estabilidad en almacenamiento; ya que al ser un producto con fines sociales, se hace necesaria la optimización de costos; además, dado el fin nutricional que tiene el producto es importante realizar el estudio de estabilidad de las vitaminas y minerales durante su vida útil.

7. BIBLIOGRAFÍA

ACHAYUTHAKAN,P., SUPHANTHARIKA,M. y RAO,M.A. Yield stress components of waxy corn starch–xanthan mixtures: Effect of xanthan concentration and different starches. En: Carbohydrate Polymers. 2006. no. 65, p. 469–478.

ANDRADE,C.T., AZERO, E.G., LUCIANO,L. y GONCALVES,M.P. Rheological properties of mixtures of k-carrageenan from *Hypnea musciformis* and galactomannan from *Cassia javanica*. En: International Journal of Biological Macromolecules. 2000. no. 27, p. 349–353.

ANZALDÚA MORALES, ANTONIO. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Universidad Autónoma de Chihuahua-México. Editorial ACRIBIA, S.A. España. 1994.

BAEZA, R.I., CARP,D. J., PÉREZ,O. E. y PILOSO,F. A. M. R. k-Carrageenan and Protein Interactions: Effect of Proteins on Polysaccharide Gelling and Textural Properties. En: Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 2002. no. 35, p. 741–747.

BARNES, H.A., HUTTON, J.E y WALTERS, K. An introduction to rheology. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, Holanda. 1994. 201p.

BARNES, H.A. Thixotropy a review. En: Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics. 1997. no. 70, p. 1-33.

BARNES, H.A. A handbook of elementary rheology. University of Wales Institute of Non-Newtonian Fluid Mechanics, Department of Mathematics, University of Wales, Aberystwyth. 2000. 210p.

BOND,B., FERNANDEZ, D.R., VANDERJAGT,D.J., WILLIAMS,M., HUANG,Y.S., CHUANG,L.T., MILLSON,M., ANDREWS,R. y GLEW,R.H. Fatty acid, amino acid and trace mineral analysis of three complementary foods from Jos, Nigeria. En: Journal of Food Composition and Analysis. 2005. no. 18, p. 675–690.

BORDI,P.L., SALVATERRA,G., COLE,C., CRANAGE,D.A., BORJA,M. y CHOI,Y. A taste comparison of an isolated soy protein carbohydrate-protein beverage and an isolated whey protein carbohydrate protein beverage. En: Food Service Research International. 2003. no. 14, p. 23-33.

BUFFO, R.A., REINECCIUS, G.A. y OEHLERT, G.W. Factors affecting the emulsifying and rheological properties of gum acacia in beverage emulsions. En: Food Hydrocolloids. 2001. no. 15, p. 53-66.

CABEZA, C., MUÑOZ, J., ALFARO, M. C., y FLORES, V. Influence of the addition of gellan gum on the rheology of low calorie mayonnaise stabilized with modified starch. En F. J. MARTINEZ BOZA et al. (Eds.), Progress in rheology: theory and applications 2002. (pp. 477–480). GER: Sevilla.

CHEN,Y., LIAO,M.L., BOGER,D.V. y DUNSTAN,D.E. Rheological characterization of k-carrageenan/locust bean gum mixtures. En: Carbohydrate Polymers. 2001. no. 46, p. 117-124.

CHILDS, J.L., YATES, M.D. y DRAKE,M.A. Sensory properties of meal replacement bars and beverages made from whey and soy proteins. En: Journal of Food Science. 2007. vol. 6 no. 72, p. S425-S434.

DESHPANDE,R.P., CHINNAN,M.S. y McWATTERS, K.H. Nutritional, physical and sensory characteristics of various chocolate-flavored peanut–soy beverage formulations. En: Journal of Sensory Studies. 2005. no. 20, p. 130–146.

DOLZ, M., HERNANDEZ, M.J., DELEGIDO, J. , ALFARO, M.C. y MUÑOZ, J. Influence of xanthan gum and locust bean gum upon flow and thixotropic behaviour of food emulsions containing modified starch. En: Journal of Food Engineering. 2007. no. 81, p. 179–186.

DOUBLIER, J.L., GARNIER, C., RENARDA, D. y SANCHEZ. Protein-polysaccharide interactions. En: Current Opinion in Colloid y Interface Science. 2000. no. 5, p. 202-214.

DRAKE, M.A. y GERARD, P.D. Consumer attitudes and acceptability of soy-fortified yogurts. En: Journal of Food Science. 2003. no. 68, p. 1118–1122.

ERIKSSON, R., PAJARI, H. Y ROSENHOLM, J.B. Shear modulus of colloidal suspensions: Comparing experiments with theory. En: Journal of Colloid and Interface Science. 2009. no. 332, p. 104-112.

FAO/WHO Expert Consultation. Protein quality evaluation. FAO Food and Nutrition Paper 51, Rome Italy. 1991.

FRANCO, J. M., BERJANO, M., y GALLEGOS, C. Linear viscoelasticity of salad dressing emulsions. En: Journal of Agricultural y Food Chemistry. 1997. vol. 45 no. 3, p. 713–719.

FRIEDECK, K.G., KARAGUL-YUCEER, Y. y DRAKE, M.A. Soy protein fortification of a low-fat dairy based ice cream. En: Journal of Food Science. 2003. no. 68, p. 2651–2657.

FUNDACIÓN SOLIDARIDAD POR COLOMBIA, Regional Antioquia. En http://www.solidaridadantioquia.org/espanol/solidaridad_antioquia_cifras.asp. Acceso en abril de 2008.

GUNASEKARAN, S. y AK, M. M. Dynamic oscillatory shear testing of foods-selected applications. En: Trends in Food Science y Technology. 2000. no. 11, p. 115-127.

HUA, Y., CUI, S.W. y WANG, Q. Gelling property of soy protein–gum mixtures. En: Food Hydrocolloids. 2003. no. 17, p. 889–894.

HUANG, R., CHOE, E. y MIN, D.B. Effects of riboflavin photosensitized oxidation on the volatile compounds of soymilk. En: Journal of Food Science. 2004. no. 69, p. C733–C738.

INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR (ICBF). En <http://www.icbf.gov.co/ESPANOL/bienestarina.asp>. Acceso en abril de 2008.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION.
Análisis sensorial. Guía general para la selección, entrenamiento y
seguimiento de evaluadores. Parte 1. Evaluadores seleccionados. NTC
4129, 1997.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION.
Análisis sensorial. Guía general para la selección, entrenamiento y
seguimiento de evaluadores. Parte 2. Expertos. NTC 4130, 1997.

IPSEN, R. Mixed gels made from protein and kappacarrageenan. En:
Carbohydrate Polymers. 1995. no. 28, p.337–339.

JUSZCZAK, L., FORTUNA, T., y KOSLA, A. Sensory and rheological
properties of Polish commercial mayonnaise. En: Nahrung-Food. 2003.
vol. 47 no. 4, p. 232–235.

JUSZCZAK, L., WITCZAK, M., FORTUNA, T., y BANYS, A. Rheological
properties of commercial mustards. En: Journal of Food Engineering.
2004. vol. 63 no. 2, p. 209–217.

KATZBAUER, B. Properties and applications of xanthan gum. En: Polymer
Degradation and Stability. 1998. no. 59, p. 81-84.

KOK, M.S. A comparative study on the compositions of crude and refined locust bean gum: In relation to rheological properties. En: Carbohydrate Polymers. 2007. no. 70, p. 68–76.

KORUS, J., JUSZCZAK, L., WITCZAK, M., y ACHREMOWICZ, B. Influence of selected hydrocolloids on triticale starch rheological properties. En: International Journal of Food Science and Technology. 2004. vol. 39 no.6, p. 641–652.

L'HOCINE, L., BOYE, J.I. y ARCAND, Y. Composition and functional properties of soy protein isolates prepared using alternative defatting and extraction procedures. En: Journal of Food Science. 2006. vol. 3 no. 71, p. C137–C145.

LEI, Q. y BOATRIGT, W.L. Compounds contributing to the odor of aqueous slurries of soy protein concentrate. En: Journal of Food Science. 2001. no. 66, p. 1306–1310.

LIU M, LEE DS y DAMODARAN S. Emulsifying properties of acidic subunits of soy 11S globulin. En: Journal of Agriculture and Food Chemistry. 1999. no. 47, p. 4970-4975.

MALDONADO,J., GIL,A., NARBONA,E. y MOLINA, J.A. Special formulas in infant nutrition: a review. En: Early Human Development. 1998. no. 53, p. S23–S32.

MALKIN, A.Y. Rheology fundamentals. ChemTec Publishing, Toronto, Canada. 1994. 308p.

MALTAIS,A., REMONDETTO,G.E. y SUBIRADE,M. Mechanisms involved in the formation and structure of soya protein cold-set gels: A molecular and supramolecular investigation. En: Food Hydrocolloids. 2008. no. 22, p. 550–559.

MAO,C.F. y CHEN,J.C. Interchain association of locust bean gum in sucrose solutions: An interpretation based on thixotropic behavior. En: Food Hydrocolloids. 2006. no. 20, p. 730–739.

MARCOTTE,M., TAHERIAN,A.R., TRIGUI,M. yRAMASWAMY,H.S. Evaluation of rheological properties of selected salt enriched food hydrocolloids. En: Journal of Food Engineering. 2001. no. 48, p. 157–167.

MARTIN,A.H., GROLLE,K., BOS,M.A., COHEN STUART,M.A. y VLIET,T.V. Network Forming Properties of Various Proteins Adsorbed at the

Air/Water Interface in Relation to Foam Stability. En: Journal of Colloid and Interface Science. 2002. no. 254, p. 175–183.

MARTÍNEZ,K.D., CARRERA SANCHEZ,C., RUIZ-HENESTROSA,V.P., RODRÍGUEZ PATINO,J.M., y PILOSOFF,A.M.R. Soy protein–polysaccharides interactions at the air–water interface. En: Food Hydrocolloids. 2007. no. 21, p. 804–812.

MEANS, G.E. Chemical modifications of proteins: a review. En: Journal of Food Biochemistry. 1998. no. 22, p. 399-425.

MESSINA, M. y MESSINA, V. Soyfoods, Soybean Isoflavones, and Bone Health: A Brief Overview. En: Journal of Renal Nutrition. 2000. vol. 10 no. 2, p. 63-68.

MORRIS,G.A., PATEL,T.R., PICOUT,D.R., ROSS-MURPHY,S.B., ORTEGA,A., GARCIA,J. y HARDING,S.E. Global hydrodynamic analysis of the molecular flexibility of galactomannans. En: Carbohydrate Polymers. 2008. no. 72, p. 356–360.

NICKERSON,M.T. y PAULSON,A.T. Time–temperature studies of k-carrageenan gelation in the presence of high levels of co-solutes. En: Carbohydrate Polymers. 2005. no. 61, p. 231–237.

PEDRERO, D. y PANGBORN, R. Evaluación sensorial de los alimentos, métodos analíticos. Editorial Alhambra, Madrid. 1989. 251 p.

POTTER, R.M., DOUGHERTY, M.P., HALTEMAN, W.A. y CAMIRE, M.E. Characteristics of wild blueberry–soy beverages. En: LWT, Food Science And Technology. 2007. no. 40, p. 807–814.

RENKEMA, J.M.S. x Relations between rheological properties and network structure of soy protein gels. En: Food Hydrocolloids. 2007. no. 18, p. 39–47.

RODRIGUEZ NIÑO, M.R., CARRERA SANCHEZ,C., RUIZ HENESTROSA, V.P. y RODRIGUEZ PATIÑO, J.M. Milk and soy protein films at the air–water interface. En: Food Hydrocolloids. 2005. no. 19, p. 417–428.

ROESCH,R.R. y CORREDIG,M. Characterization of Oil-in-Water: Emulsions Prepared with Commercial Soy Protein Concentrate. En: Journal of Food Science. 2002. vol. 8 no. 67, p. 2837–2842.

RUSSELL,T.A., DRAKE,M.A. y GERARD,P.D. x Sensory properties of whey and soy proteins. En: Journal of Food Science. 2002. vol. 6 no. 71, p. S447-S455

SANTIAGO,L.G., MALDONADO VALDERRAMA,J., MARTIN MOLINA A., HARO PEREZ,C., GARCIA MARTINEZ,J., MARTIN RODRIGUEZ,A., CABRERIZO VILCHEZ,M.A. y GALVEZ RUIZ, M.J. Adsorption of soy protein isolate at air–water and oil–water interfaces. En: Colloids and Surfaces. 2008. no. 323, p. 155–162.

SINGH,P., KUMAR,R., SABAPATHY,S.N. y BAWA,A.S. Functional and edible uses of soy protein products. En: Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety. 2008. no. 7, p. 14–28.

SOLINA,M., BAUMGARTNER,P., JOHNSON,R.L. y WHITFIELD,F.B. Volatile aroma components of soy protein isolate and acid-hydrolysed vegetable protein. En: Food Chemistry. 2005. no. 90, p. 861–873.

SORGENTINI,D.A. y WAGNER,J.R. Comparative study of structural characteristics and thermal behavior of whey and isolate soybean proteins. En: Journal of Food Biochemistry. 1999. no. 23, p. 489-507.

STEFFE, JAMES F. Rheological Methods in Food Process Engineering Second Edition. Michigan State University. Dept of Agricultural Engineering. 1996. 418p.

TAHERIAN,A.R., FUSTIER,P. y RAMASWAMY,H.S. Effects of added weighting agent and xanthan gum on stability and rheological properties of beverage cloud emulsions formulated using modified starch. En: Journal of Food Process Engineering. 2007. no. 30, p. 204–224.

TARREGA, A., DURAN, L., y COSTELL, E. Flow behaviour of semi-solid dairy desserts. Effect of temperature. En: International Dairy Journal. 2004. vol. 14 no. 4, p. 345–353.

THAIUDOM,S. y GOFF,H.D. Effect of k-carrageenan on milk protein polysaccharide mixtures. En: International Dairy Journal. 2003. no. 13, p. 763–771.

TOLSTOGUZOV, V. B. Protein–polysaccharide interactions. In S. Damodaran, y A. Paraf (Eds.), Food proteins and their applications 1997. (pp. 171–256). New York.

TORREJON,C.S., CASTILLO DURAN,C., HERTRAMPF,E.D. y RUZ,M. Zinc and Iron Nutrition in Chilean Children Fed Fortified Milk Provided by the Complementary National Food Program. En: Nutrition 2004. no. 20, p. 177–180.

WATTS, B.M. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Centro internacional de investigaciones para el desarrollo. Ottawa, Canadá. 1992.

XIANGHONG,L., YUFEI, H., AIYONG, Q., CHENG,Y. y CUI,S. Phase behavior and microstructure of preheated soy proteins and k-carrageenan mixtures. En: Food Hydrocolloids. 2008. no. 22, p. 845–853.

XUEWU,Z., XIN,L., DEXIANG,G., WEI,Z., TONG,X. y YONGHONG,M. Rheological Models for Xanthan Gum. En: Journal of Food Engineering. 1996. no. 21, p. 203–209.

YANES, M., DURAN, L. y COSTELL, E. Effect of Hydrocolloid type and concentration on flow behavior and sensory propeties of milk beverage model systems. En: Food Hydrocolloids. 2002. no. 16, p. 605-611.

YASEEN, E.I., HERALD, T.J.,ARAMOUNI, F.M. y ALAVI, S. Rheological properties of selected gum solutions. En: Food Research International. 2005. no. 38, p. 111–119.

