

Substitution of xanthan gum (*xanthomonas campestris*), with vegetable gums in greek yogurt: rheological and sensory properties.

Williams Esteward Castillo-Martínez, Ms.¹, Karen Milagros Cachay-Santillán, Bach.², Katherine del Milagro Bances-Majuan Bach.², Raúl Siche, Dr.³

¹Universidad Cesar Vallejo, Perú, wcastillom@ucv.edu.pe, ²Universidad Señor de Sipán, csantillankare@crece.uss.edu.pe, bmajuank@crece.uss.edu.pe, ³Universidad Nacional de Trujillo, rsiche@unitru.edu.pe

Abstract -- The objective of this research was to evaluate the effect of substitution Xantana gum (GX) with vegetable gums, locust bean gum (GA) and tara (GT) as yogurt stabilizers, for which a mixture design with centroid was used to determine the optimal gum formulation that allows obtaining the rheological characteristics of a commercial Greek yogurt with good sensory acceptability. To determine the rheological behavior, a HAAKE MARS 60 rheometer with concentric cylinder specimen and the sensory ones with an unstructured scale was used. The rheological results were adjusted to a Hershel-Bulkely model for the different formulations. Applying the desired function methodology, two formulations were obtained that had greater acceptability and the same rheological parameters of a commercial yogurt, with formulation 1 (33% GX, 35% GT, 32% GA) and formulation 2 (12% GX, 88% GA). For both formulations a Viscoelasticity analysis was performed, obtaining a semi-solid behavior ($G' > G''$). Finally, the formulation that succeeded in replacing xanthan gum in 67% was concluded through a mixture design, it is formulation 1, since it presented rheological properties similar to those of a commercial Greek-style yogurt and obtained greater sensory acceptability.

Keywords: Yogurt, vegetable gums, Rheological behavior, Hershel – Bulkely.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.196>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Sustitución de Goma Xantana (*Xanthomonas campestris*) por gomas vegetales en yogurt estilo griego: propiedades reológicas y sensoriales

Williams Esteward Castillo-Martínez, Ms.¹, Karen Milagros Cachay-Santillán, Bach.², Katherine del Milagro Bances-Majuan Bach.², Raúl Siche, Dr.³

¹Universidad Cesar Vallejo, Perú, wcastillom@ucv.edu.pe, ²Universidad Señor de Sipán, csantillankare@crece.uss.edu.pe, bmajuank@crece.uss.edu.pe, ³Universidad Nacional de Trujillo, rsiche@unitru.edu.pe

Resumen – El objetivo de presente investigación fue evaluar el efecto de la sustitución de goma Xantana (GX) por gomas vegetales, goma de algarrobo (GA) y tara (GT) como estabilizantes de yogurt, para lo cual se empleó un diseño de mezclas con centroide para determinar la formulación de gomas óptima que permita obtener las características reológicas de un yogurt tipo griego comercial con buena aceptabilidad sensorial. Para determinar el comportamiento reológico se utilizó un reómetro HAAKE MARS 60 con probeta de cilindro concéntrico y las sensoriales con una escala no estructurada. Los resultados reológicos se ajustaron a un modelo de Hershel – Bulkely para las diferentes formulaciones. Aplicando la metodología de función deseada, se obtuvo dos formulaciones que tuvieron mayor aceptabilidad y los mismos parámetros reológicos de un yogurt comercial, siendo la formulación 1 (33% GX, 35%GT, 32%GA) y formulación 2 (12% GX, 88% GA). Para ambas formulaciones se hizo un análisis de viscoelasticidad, obteniéndose un comportamiento de tipo semi-sólido ($G' > G''$). Finalmente se concluyó a través de un diseño de mezclas la formulación que logró sustituir a la goma xantana en un 67%, es la formulación 1, ya que presentó propiedades reológicas similares a las de un yogurt estilo griego comercial y obtuvo mayor aceptabilidad sensorial.

Palabras claves: Yogurt, gomas vegetales, comportamiento reológico; Hershel Bulkely.

I. INTRODUCCIÓN

Los aditivos alimentarios como los hidrocoloides son útiles para conferir estructura y estabilidad alimentaria [1]. Las propiedades de los hidrocoloides se presentan cuando actúan con otros componentes alimenticios, creando funciones de espesar, estabilizar y gelificar soluciones acuosas, además de controlar la liberación de sabores [2].

Sin embargo, actualmente el uso de hidrocoloides en la industria alimentaria, son regulados por la Comisión del Codex Alimentarios, indicando la concentración para su uso como aditivos. Algunos de estos componentes adicionados sin control y sin cumplir las cantidades permitidas por la normatividad en la materia pueden llegar a ser perjudiciales para la salud del ser humano, por lo que se hace necesario controlar la dosis máxima de uso (DMU) [3].

En la industria alimentaria, existen hidrocoloides naturales aquellos extraídos de semillas (goma guar, garrofin etc) y los hidrocoloides semisintéticos como los derivados de la celulosa, almidones modificados y las gomas obtenidas por fermentación microbiana (goma xantana), siendo la más usada en la industria de productos lácteos. Las gomas extraídas de semillas se caracterizan por poseer características biocompatibles, sostenibles, de bajo costo y no causan daño a la salud [4]. Por

ello en la actualidad los consumidores se han informado más sobre los aditivos alimentarios y siempre tienden a elegir los aditivos de origen natural que sus análogos semisintéticos [5].

Las gomas se clasifican en diferentes grupos, dependiendo de su fuente: polisacáridos bacterianos, productos botánicos, gomas de árbol y polisacáridos de algas [6]. Los polisacáridos como la goma xantana (GX), la goma de tara (GX) y la goma de algarrobo (GA), en concentraciones bajas tiene la propiedad de mejorar la viscosidad de una solución, proporcionando textura, viscosidad y sabor en los alimentos [7].

Uno de los productos con mayor crecimiento en la industria láctea son los yogures de estilo griego, que tiene sólidos totales más altos y menos lactosa que un yogurt normal. Esa apariencia característica se logra, con la adición de hidrocoloides, disminuyendo la probabilidad de sinéresis y generando mayor viscosidad.

Los hidrocoloides empleados para su elaboración son la carragenina, pectina y goma xantana, todas elaboradas mediante proceso químico para su extracción [8]. Por ello se busca reducir la concentración de goma xantana y sustituir por gomas naturales con la finalidad de conseguir las mismas características de un yogurt estilo griego comercial. Siendo las propiedades reológicas útiles para predecir la estabilidad física de un producto alimentario.

Algunos estudios señalan que la adición de mezclas de gomas como agentes estabilizantes, influyen de manera positiva en el comportamiento reológico, viscoelástico y sensorial de productos lácteos como leches saborizadas y helados. Por lo anterior, se planteó el siguiente trabajo de investigación para estudiar el efecto de la incorporación de las mezclas de goma xantana (*Xanthomonas campestris*), algarrobo (*Prosopis pollida*) y tara (*Caesalpinia spinosa*) sobre el comportamiento reológico (flujo y viscoelasticidad) en yogurt tipo griego, ya que hasta la actualidad no se aplican industrialmente en la estabilización de alimentos, con la intención de sustituir las gomas semisintéticas por gomas de origen vegetal.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Proceso piloto para la elaboración de yogurt estilo griego.

Se empleó leche de vaca, procedente de la ciudad de Chiclayo (Lambayeque – Perú). Para la elaboración de yogurt estilo griego, se empleó diferentes mezclas de

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.196>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

hidrocoloides a base de goma xantana GX (*Xanthomonas campestris*), goma algarrobo GA (*Prosopis pollida*) y goma de tara GT (*Caesalpinia spinosa*), los cuales se adicionaron en la etapa de estandarización y fueron formuladas según el diseño experimental simplex con centroide (Tabla 01). El proceso de elaboración se muestra detallado en la Figura 01.

Tabla I
MATRIZ DE FORMULACIONES SEGÚN DISEÑO EXPERIMENTAL DE MEZCLAS SIMPLEX CON CENTROIDE

Formulación	Goma xantana (GX) %	Goma de tara (GT) %	Goma de algarrobo (GA) %
1	0	0	100
2	17	17	67
3	100	0	0
4	67	17	17
5	0	100	0
6	17	67	17
7	0	100	0
8	50	50	0
9	0	0	100
10	100	0	0
11	0	50	50
12	50	50	0
13	33	33	33
14	50	0	50

B. Caracterización fisicoquímica de la leche.

Para la caracterización fisicoquímica de la leche cruda, se realizó los siguientes análisis: porcentaje de ácido láctico (%AL) por el método AOAC-947.05, densidad de la leche por el método AOAC-925.22, usando un lactodensímetro (20°C) y para el pH se tomó una muestra (25ml) y se realizó la lectura con el potenciómetro.

C. Análisis del comportamiento reológico

Las medidas reológicas del yogurt estilo griego se realizaron a $25 \pm 0,1$ °C en un reómetro de cilindros concéntricos, las propiedades de flujo se determinaron con el aumento de la velocidad de cizallamiento, de 0,1 a 500 s^{-1} . Los datos experimentales se evaluaron ajustando los datos al modelo de Herschel-Bulkley: $\sigma = \sigma_0 + K\dot{\gamma}^n$, donde σ (Pa) es la tensión de cizallamiento, σ_0 (Pa) es umbral de fluencia, K es el índice de consistencia (Pa s^n), y n es el índice de comportamiento de flujo [9].

D. Caracterización Viscoelástica

En los ensayos de viscoelasticidad de frecuencia se fijó un valor de deformación oscilatoria para una región de viscoelasticidad lineal. Estas pruebas se realizaron a una frecuencia ascendente desde 0.1 a 10 Hz. Como respuesta se obtuvieron los módulos viscoelásticos (G' , G''), tangente de ángulo de fase $\tan(\delta)$ (G''/G') y la viscosidad compleja $|\eta^*|$.

E. Caracterización Viscoelástica

En los ensayos de viscoelasticidad de frecuencia se fijó un valor de deformación oscilatoria para una región de

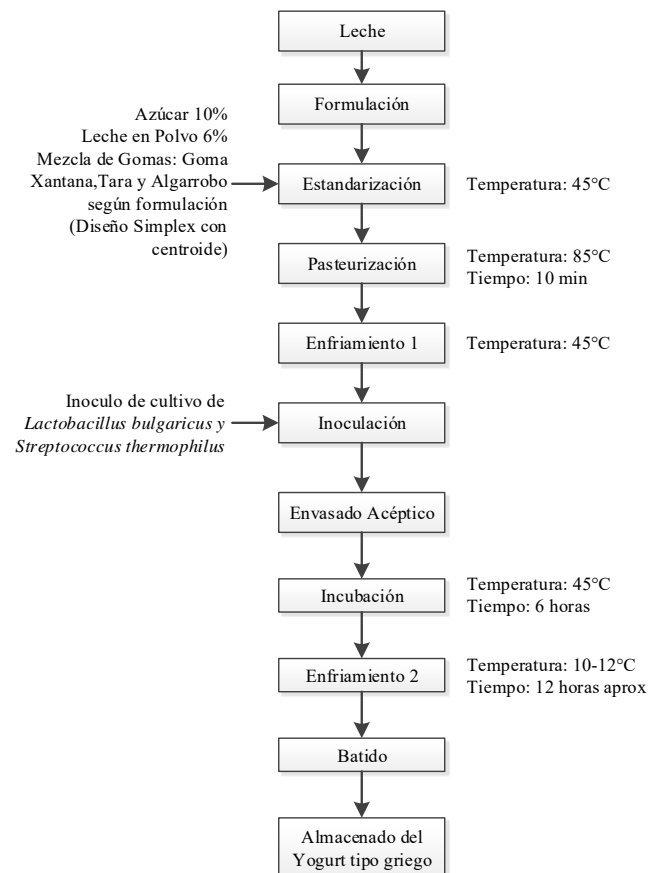


Fig. 2: Flujo de proceso para la elaboración de Yogurt estilo griego

viscoelasticidad lineal. Estas pruebas se realizaron a una frecuencia ascendente desde 0.1 a 10 Hz. Como respuesta se obtuvieron los módulos viscoelásticos (G' , G''), tangente de ángulo de fase $\tan(\delta)$ (G''/G') y la viscosidad compleja $|\eta^*|$.

F. Evaluación sensorial

Para la evaluación sensorial del yogurt tipo griego, se empleó como técnica de recolección de datos la escala lineal no estructurada con una extensión de 10 cm, en la que se identificó como me desagrada al inicio (0) y me agrada al final (10). Se evaluaron 4 categorías por formulación (olor, color, sabor y apariencia).

G. Análisis de datos

La evaluación de los datos obtenidos de la evaluación sensorial (olor, color, sabor y apariencia), los datos de esfuerzo cortante σ y velocidad deformación $\dot{\gamma}$, fueron registrados y analizados en hoja de cálculo Excel y el programa Desin Expert V.7.0. Una vez obtenidos los resultados experimentales, se procedió a realizar el análisis de varianza de cada una de las variables dependientes y se ajustaron los resultados a un modelo cuadrático. Para la optimización de las formulaciones se realizaron a partir de los modelos matemáticos, con un intervalo de confianza del 95% para los resultados experimentales y los modelos ajustados se calcularon con el parámetro estadístico coeficiente de determinación (R^2) para determinar el mejor ajuste de los datos.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

La leche empleada en la elaboración de yogurt presento las siguientes características fisicoquímica: Sólidos totales de 10 ± 0.2 °Brix, acidez de 15 ± 1 °Dornic, densidad 1.03 ± 0.01 g/mL, pH de 6.75 ± 0.08 y no presento coagulación a la prueba de alcohol (74° v/v); encontrándose estos valores dentro de los parámetros establecidos por la Norma Técnica Peruana NTP 202.001-2003.

3.1. Evaluación Sensorial

Se realizó el análisis de varianza para las características sensoriales evaluadas, siendo el olor y color según diseño experimental estadísticamente no significativas. El análisis de varianza para el sabor del yogurt griego, la interacción GX (A) y GT (B) es estadísticamente significativo ya que tiene un p-valor menor a 0.05 (95% de confiabilidad) indicando que ambas gomas influyen en el sabor del yogurt. Se obtuvo un R^2 de 0.7498 el cual es adecuado para evaluaciones sensoriales ya que son análisis subjetivos.

En la figura 2, se observa que mayor puntuación de sabor se obtiene cuando se incrementa la GX, disminuye la GT y sin GA; también se puede observar si el yogurt es elaborado sólo con goma de algarrobo el sabor aumenta.

3.2 Evaluación reológica.

Todos los tratamientos se ajustaron al modelo reológico de Hershel – Bulkley, al cual se ajusta mejor el yogurt tipo griego, los resultados del análisis de varianza para el índice de consistencia, se obtiene que las 3 interacciones GX y GT (AB), GX y GA (AC), GT y GA (BC) son estadísticamente significativos por tener un p-valor menor a 0.05, presentando un R^2 de 0.9347, el cual indica el buen ajuste de los datos a modelo.

En la figura 3, se observa el efecto de los porcentajes de goma xantana, tara y algarrobo en el índice de consistencia del yogurt tipo griego. A mayor concentración de goma xantana el índice de consistencia disminuye. Solo cuando la concentración de goma de tara es igual a cero, la goma de algarrobo es la que aporta mayor índice de consistencia. Y éste disminuye cuando le agregamos goma xantana, hasta un punto en el que si continuamos agregando goma xantana éste tiende a aumentar. Sin embargo, el índice de consistencia no se iguala a la formulación de goma de algarrobo pura.

En la figura 4, se observa el efecto de los porcentajes de goma xantana, tara y algarrobo en el índice de comportamiento del yogurt tipo griego. A mayor porcentaje de goma xantana y menor porcentaje de goma de tara y goma de algarrobo, el yogurt tiene un comportamiento parecido al pseudoplástico y si hacemos lo contrario el fluido tiende a tener un comportamiento dilatante.

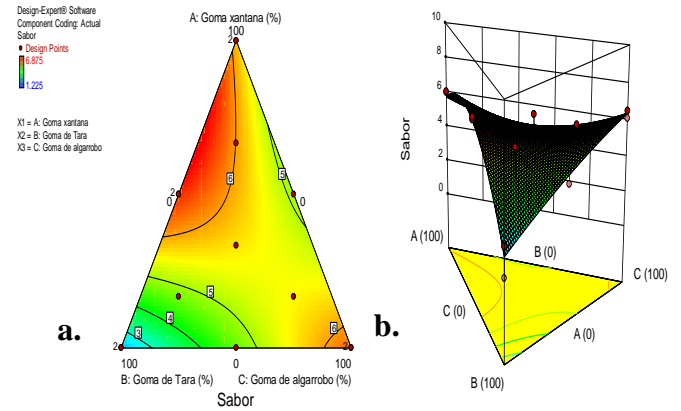


Fig. 3: Gráfico de superficie respuesta para el sabor. a) Gráfico de contorno y b) Gráfico de superficie respuesta.

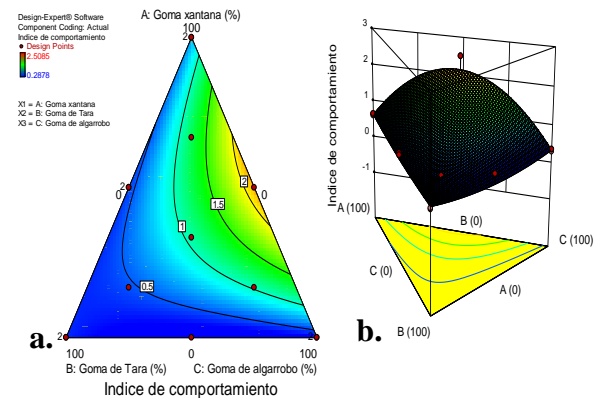


Fig. 4: Efecto de las mezclas de gomas para el índice de consistencias. a) Gráfico de contorno y b) Gráfico de superficie respuesta.

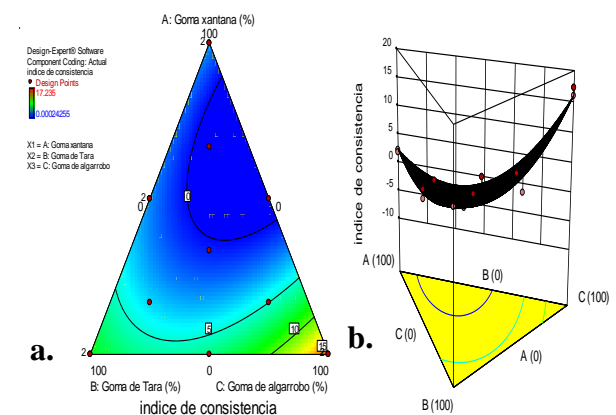


Fig. 5: Efecto de las mezclas de gomas para el índice de comportamiento. a) Gráfico de contorno y b) Gráfico de superficie de respuesta.

En los resultados del índice de consistencia del sistema de mezclas para el yogurt estilo griego, se obtiene que, a menores concentraciones de goma de algarrobo y goma de tara, pero mayor concentración de la goma xantana, el índice de consistencia disminuye. Similares resultados se encontraron en la investigación de Vanegas [10], cuando se evaluó reologicamente la formulación de un sistema de mezclas a base de goma carragenina, xantana y algarrobo. Según la figura 3 se puede observar que el índice de consistencia (K) más alto le corresponde a la goma de algarrobo, seguido de la goma de tara y por último la goma de xantana. Para estas dos últimas gomas un resultado similar obtuvo Ampuero, [11] de una mezcla de goma carragenina, xantana y tara aplicada para salsa de ají.

En el caso de los análisis de los valores del índice de comportamiento (n) de las formulaciones para el yogurt estilo griego, indican que la mezcla de goma xantana y goma de algarrobo, a pesar de variar sus concentraciones, mantienen su comportamiento pseudoplástico. Por otro lado, la mezcla de goma xantana y goma de tara, genera un aumento del índice de comportamiento, la goma xantana hace mantener al yogurt como un comportamiento de tipo pseudoplástico, lo cual se corrobora en la investigación de Teles & Flores [12] que emplea la goma xantana, manteniendo mayores índices de pseudoplasticidad (ya que los valores de n disminuyen) y hecho similar sucede en la investigación de Koksoy & Kilic, [13] en la que la reducción del índice de comportamiento reológico del ayran se produce con el aumento de la concentración de estabilizantes.

Para determinar la formulación óptima se evaluó reologicamente un yogurt griego comercial obteniendo los siguientes resultados, índices de consistencia de 0.5058 mPa.sⁿ e índice de comportamiento de 1.025 s⁻¹. Para la determinación la formulación óptima se aplicó la metodología de función deseada teniendo como criterios de optimización los parámetros reológicos del yogurt comercial y la maximización del sabor. El programa dio como resultado dos formulaciones que cumplen los criterios, formulación 1 con GX de 33%, GT de 35% y GA 32% y la formulación 2 con GX de 12% y GA de 88%.

La formulación 1 y 2 de yogurt tipo griego, presentan un índice de comportamiento de n= 1.025 y n= 1.046 respectivamente. Donde el valor del índice de comportamiento determina el tipo de fluido, en la cual las formulaciones analizadas presentan un n >1, lo que los hace fluidos con un comportamiento no newtoniano, de tipo dilatante. Por lo contrario, Sanchez, Enriquez, & Castro [14], en su investigación menciona, sobre el yogurt tipo batido donde sus tratamientos presentan un índice de comportamiento de n=0.77 y 0.84, lo que los hace fluidos con un comportamiento no newtoniano, de tipo pseudoplástico. Se presume que la diferencia de resultados es debido a la incorporación de mezcla de gomas la cual tienen por característica incrementar su consistencia y poder gelificante.

3.3. Caracterización viscoelástica de las dos formulaciones óptimas

En la figura 5, se muestra la viscosidad compleja (η^*) en función de la frecuencia a la temperatura de 20°C de las dos formulaciones óptimas de yogurt tipo griego. Se puede observar que la formulación 1 presenta mayor viscosidad compleja que la formulación 2 en todo el rango estudiado (0.1 a 10 Hz.), lo que

implica que la formulación 1 presenta una estructura más compacta.

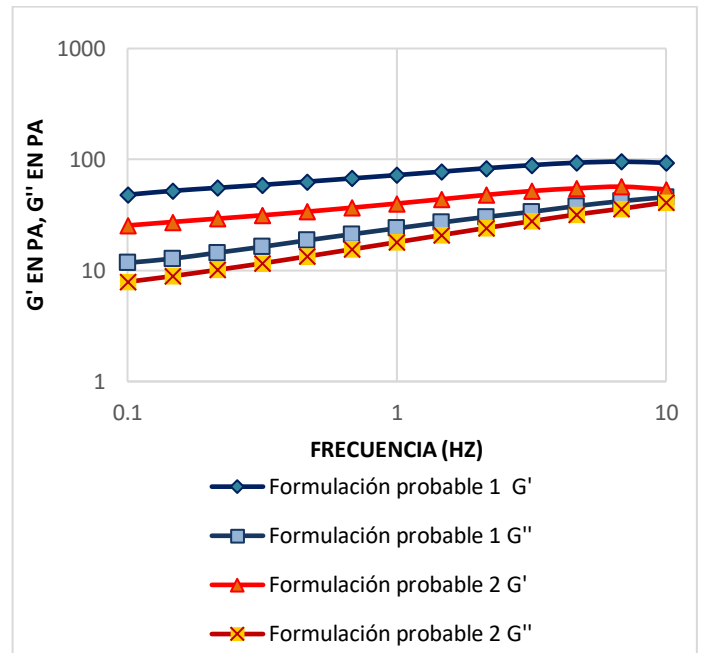


Fig. 6: Valores del módulo de almacenamiento (G') y del módulo de pérdida (G'') vs frecuencia (Hz).

En las evaluaciones oscilatorias de frecuencia, se puede observar en la figura 6 que se evalúan las dos formulaciones óptimas del yogurt estilo griego en función al módulo de pérdida (G'') y de módulo de almacenamiento (G') a una temperatura de 20°C en función a la velocidad angular (frecuencia), en la que las mezclas terciarias (GX, CT y GA) y la mezcla binaria (GX y GA) predominó el carácter elástico por encima del viscoso ($G' > G''$). De manera similar se comportó el yogurt con almidones modificados en la investigación de Chapa, Hernando, & Fiesman [15].

IV. CONCLUSIÓN

Los resultados encontrados, validan la investigación que con la adición de gomas vegetales hacen que el yogurt tenga un comportamiento reológico que sigue el modelo de Hershel-bulkey, que conforme aumentamos el porcentaje de goma de tara el índice de consistencia disminuye y el índice de comportamiento aumenta; en el caso de goma de algarrobo conforme aumentamos la concentración de esta, el índice de consistencia aumenta y el índice de comportamiento disminuye; teniendo las formulaciones que permiten obtener las características reológicas similares a las de yogurt tipo griego comercial son F1 (33% Xantana, 35% Tara, 32% Algarrobo) y F2 (12% Xantana, 88% Algarrobo). En función al análisis oscilatorio de frecuencia (1 Hz a 10Hz) de las mejores formulaciones, determinaron que los fluidos son semi sólidos, viscoso.

V. REFERENCIAS

- [1] Basharat Y, Nisar AM, Mamat B, Khalid G, Ali Aw. Introduction to Food Hydrocolloids. En: Adil G, Massodi FA, Umar S, Shah A. Food Hydrocolloids as Encapsulating Agents in Delivery Systems 1ª ed. Boca Ratón: Taylor & Francis Group, LLC. p. 29
- [2] Zhiming G, Yapeng F, Yiping C, Hua L, Katsuyoshi N, Glyn O, et al. Hydrocolloid-food component interactions. Sciencedirect [Internet]. 2017 [citado el 28 de Nov 2017]; 68: 149-156. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.08.042>
- [3] Bejarano JJ., Suarez LM. Algunos peligros químicos y nutricionales del consumo de los alimentos de venta en espacios públicos. Scielo [Internet]. 2015 [citado el 14 de Jun 2017]; 47(3): 349-360. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18273/revsal.v47n3-2015011>.
- [4] Ahmad S.; Ahmad M.; Manzoor K.; Purwar R.; Ikram S. A review on latest innovations in natural gums based hydrogels: Preparations & applications. [Internet]. 2019 [citado el 8 de Nov 2019]; 136: 879 – 890. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.113>
- [5] Corocho M, Morales P, Ferreira I. Natural food additives: Quo vadis? Sciencedirect [Internet]. 2015 [citado 23 Jun 2017]; 45(2): 284-295. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.06.007>
- [6] A. Nussinovitch, Plant Gum Exudates of the World: Sources, Distribution, Properties, and Applications, CRC Press/Taylor & Francis, Boca Raton, 2010.
- [7] Ahjmed J. Ptaszek J.; Basu S.; Advances in Food Rheology and It's Applications. 1 era ed. United Kingdom: Woodhead Publishing; 2016.
- [8] Rabin, G., Salam AL. Effects of hydrocolloids and processing conditions on acid whey production with reference to Greek yogurt. Sciencedirect [Internet]. 2016 [citado 20 Jun 2017]; 56: 61-76. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.07.013>
- [9] A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists. Manual of Official Methods of Analysis. 13th Edition. 1990. Washington, USA.
- [10] Luciano, CG. Freitas IC. Caracterização da farinha e do amido isolado da semente de jaca e comportamento reológico de dispersões de amido [dissertação]. Pirassununga: Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos; 2016 [citado 24 Jun 2017]. doi:10.11606/D.74.2016.tde-22032016-105737.
- [11] Vanegas LS. Evaluación del efecto del uso de hidrocoloides en la reología de un complemento nutricional líquido. [Tesis de grado para optar al título de Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos]. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias Posgrado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos; 2009. [citado 30 Jun 2017]. <http://bdigital.unal.edu.co/1940/1/43597497.2009.pdf>
- [12] Ampuero J. Efecto de la concentración de tres gomas sobre el índice de consistencia y la sinéresis de la salsa de Ají. [Tesis para el título Profesional de Ingeniero Agroindustrial y de Agronegocios]. Lima: Universidad San Ignacio de Loyola, Facultad de Ingeniería; 2016. [citado 12 Jul 2017]. <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/2454>.
- [13] Teles C, Flores S. Influencia da Adicao de espessantes e leite em po nas características reológicas do iogurte desnatado. Ufpr [Internet] 2007 [citado 7 Sep 2017], 25(2): 247-255. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5380/cep.v25i2.10631>
- [14] Koksoy A, Kilic M. Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, ayran. Sciencedirect. [Internet] 2004 [citado 19 Jul 2017], 18: 593-600. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2003.10.002>
- [15] Sanchez J, Enriquez D, Castro P. Efecto de la concentración de sólidos totales de la leche entera y tipo de cultivo comercial en las características reológicas del yogurt natural tipo batido. Agroindustrialscience [Internet] 2012 [citado 19 Jul 2017], 2: 174 -180. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17268/agroind.science.2012.02.07>.
- [16] Chapa A, Hernándo M, Fiszman S. Efecto del almidón físicamente modificado sobre las propiedades reológicas, microestructurales y sensoriales de yogures con capacidad saciante. Riunet. [Internet] 2016 [citado 1 Ago 2017] 1-15. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/57091>.