

# Desarrollo de un sucedáneo de yogurt, propiedades fisicoquímicas y evaluación de estabilidad

D.E. Leyva-Daniel\*<sup>1,2</sup>, M.J. Morales-Alonso<sup>1</sup>, M.T. Hernández-Botello<sup>2</sup>, F. Villalobos-Castillejos<sup>1</sup>, L. Alamilla-Beltrán<sup>2</sup>

*Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad Simón Bolívar México. Av. Río Mixcoac N° 48, Col. Insurgentes, Mixcoac, C.P. 03920, Benito Juárez, CDMX. México.*

*Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Zacatenco, Av. Wilfrido Massieu 399, Col. Nueva Industrial Vallejo, C.P. 07738 Alcaldía Gustavo A. Madero CDMX. México.*

*Fecha de recepción: 29 de octubre de 2021 - Fecha de aceptación: 17 de junio de 2022*

## Resumen

En el presente trabajo, se desarrolló y evaluaron las propiedades fisicoquímicas de un sucedáneo de yogurt a base de soya, aceite de aguacate, inulina de agave y maltodextrina como agente espesante. Para el desarrollo de la formulación, a través de un diseño de experimentos factorial  $2^2$  con 3 puntos centrales, se evaluó el efecto de la concentración de aceite de aguacate (5 – 7 % p/p) y la cantidad de inulina (3 – 5 % p/p) sobre las propiedades fisicoquímicas (densidad, acidez titulable y °Brix) y aceptación sensorial del sucedáneo, manteniendo constante la cantidad de maltodextrina (11 % p/p). El inóculo empleado se obtuvo a partir de un yogurt comercial tipo griego y fue adaptado a la base de soya adicionado al 3 % (p/p). La fermentación se realizó a 4 °C por 24 horas. Con base en los resultados, el sucedáneo de yogurt se comportó como un fluido pseudoplástico, ajustándose al modelo de Herschel-Bulkley, con un comportamiento de adelgazamiento por cizallamiento al aumentar el tiempo de almacenamiento (14 días). El sucedáneo presentó un contenido de proteína de  $2.45 \pm 0.02\%$  y acidez titulable de  $0.67 \pm 0.02$  g ácido láctico/100 mL, valores similares a un yogurt comercial tipo griego. La elaboración de este tipo de productos representa una buena opción para personas con regímenes alimentarios diferentes, representando una buena fuente de proteínas. Los resultados obtenidos permitieron identificar y relacionar los atributos de calidad del sucedáneo de yogurt, como fueron su estabilidad y consistencia, con las diferentes formulaciones, lo anterior permitirá desarrollar otros productos a base de proteínas vegetales.

**Palabras claves:** Sucédáneo de yogurt, proteína de soya, aceite de aguacate, almacenamiento, viscosidad.

## Development of a yogurt substitute, physico-chemical properties and stability evaluation

\*diana.leyva.da@usb.edu.mx; dleyvad@ipn.mx

## Abstract

In this work, a soy-based yogurt substitute, avocado oil, agave inulin and maltodextrin as a thickening agent were developed and its physicochemical properties evaluated. For the development of the formulation, through a design of factorial experiments  $2^2$  with 3 central points, the effect of the concentration of avocado oil (5 - 7 % w/w) and the amount of inulin (3 - 5 % w/w) on the physico-chemical properties was evaluated (density, titratable acidity and °Brix) and sensory acceptance of the substitute, keeping the amount of maltodextrin constant (11 % w/w). The inoculum used was obtained from a Greek type commercial yogurt and was adapted to the soybean base added to 3 % (p/p). Fermentation was performed at 4 °C for 24 hours. Based on the results, the yogurt substitute behaved like a pseudoplastic fluid, conforming to the Herschel-Bulkley model, with a shear thinning behavior by increasing the storage time (14 days). The substitute presented a protein content of 2.45 0.02% and titratable acidity of 0.67 0.02 g lactic acid/100 mL, values similar to a commercial Greek type yogurt. The production of this type of product represents a good option for people with different dietary regimens, representing a good source of protein. The results obtained allowed to identify and relate the quality attributes of the yogurt substitute, such as its stability and consistency, with the different formulations, which will allow to develop other products based on vegetable proteins.

**Key words:** Plant based-yogurt, soy protein, avocado oil, storage, viscosity.

## Introducción

Actualmente los consumidores buscan alternativas a la leche de vaca y derivados debido a los problemas de sostenibilidad y de salud que genera el consumo de lácteos. El consumo de productos alimenticios elaborados a partir de proteínas vegetales está en aumento y en Europa se estima un crecimiento anual del 11% en alimentos y bebidas vegetales que son alternativa a los productos lácteos (Montemurro et al., 2021). Aunado a lo anterior, se ha observado un incremento en el interés en los beneficios proporcionados a la salud por el veganismo y una alimentación a base de plantas, incrementando su usabilidad y provocando el interés en la investigación y desarrollo de productos alimenticios elaborados parcial o completamente por semillas, aceites, legumbres y granos (Greis et al., 2020).

Se han implementado alternativas a los productos lácteos debido a los diversos problemas que estos conllevan, por ejemplo, se ha reportado que las personas que

consumen grandes cantidades de leche y sus derivados tienen más posibilidades de sufrir fracturas óseas (Feskanich et al., 2003). Una alternativa de ingesta adecuada de calcio y ácidos grasos insaturados como omega 3 y 6 pueden obtenerse a partir de una dieta equilibrada y balanceada a base de plantas como lo son las frutas, verduras y cereales como el aguacate y la soya (Luis et al., 2007).

Con la finalidad de obtener productos con características similares al yogurt comercial en términos de propiedades sensoriales se han empleado ingredientes derivados de plantas, como el aislado de proteína de soya, quinoa, arroz, avena, entre otras (Montemurro et al., 2021). El aislado de proteína de soya es empleado ampliamente en el desarrollo de sucedáneos de yogurt, debido a su calidad proteica, sus propiedades funcionales de emulsificación y capacidad de gelificación, así como su factibilidad para ser fermentado (Shin et al., 2021; Montemurro et al., 2021).

Ingredientes con propiedades funcionales que contribuyen a las propiedades sensoriales y de textura del sucedáneo han sido empleados, como por ejemplo aceite de aguacate el cual contiene ácidos grasos poliinsaturados como omega 3 y 6 e inulina de agave la cual contiene prebióticos como los fructooligosacáridos (Greis et al., 2020).

El objetivo del presente trabajo fue desarrollar una formulación de sucedáneo de yogurt a base de proteína de soya, aceite de aguacate e inulina de agave y evaluar algunas de sus propiedades fisicoquímicas, así como el cambio en su viscosidad después de 14 días de almacenamiento.

## Metodología

**Formulación del sucedáneo de yogurt.** A través de un diseño factorial  $2^2$  con puntos centrales (Cuadro 1), se evaluaron como variables independientes el % aceite de aguacate (5-7%) (Grupo ZUMITAM S.A de C.V, México) e inulina de agave (3-5%) (Alimentos Funcionales BEA S.A. de C.V., México) y manteniendo constante la maltodextrina (11%) (Química LEFE S.A. de C.V., México) y la bebida vegetal de soya (60%) (Danone, México). Una vez elaborada la mezcla, se inoculó al 3% con un yogurt griego comercial sin azúcar, de acuerdo con lo descrito por Jacobowitz (2019), con un tiempo de fermentación de 24 horas. Las variables dependientes evaluadas fueron la densidad, acidez titulable, ° Brix, aceptación sensorial y presencia de sinéresis

**Cuadro 1.** Diseño factorial  $2^2$  para la formulación del sucedáneo de yogurt.

Corrida	Inulina (%)	Aceite de aguacate (%)
1	4	6
2	5	5
3	3	5
4	3	5
5	4	6
6	5	5
7	4	6
8	5	7
9	5	7
10	3	7
11	3	7

### Evaluación de propiedades fisicoquímicas, aceptación sensorial y viscosidad

a) **Densidad.** Se evaluó la densidad por gravimetría, empleando un

picnómetro de 25 mL a peso constante (AOAC 985.19).

b) **pH.** Se determinó empleando el método descrito por Grasso et al. (2020) por medio de un potenciómetro calibrado con

soluciones amortiguadoras de pH 4.0 y 7.0. La medición se realizó a la mezcla después de la fermentación.

- c) **Acidez titulable.** Se evaluó empleando el método descrito por Grasso et al. (2020), con 10 g de muestra. Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido láctico/ 100 g de producto.
- d) **Grados Brix.** Se evaluaron los °Brix a través de un refractómetro (Atago 3810 PAL-1) calibrado previamente con agua destilada.
- e) **Aceptación sensorial.** Se realizó la evaluación sensorial de aceptación al producto recién elaborado, con un panel de 6 evaluadores entrenados, que calificaron las muestras sobre una escala hedónica de 5 puntos. Las muestras se presentaron al azar (Granato et al., 2010).

A partir de los resultados del diseño experimental, aunado a los resultados de aceptación sensorial y sin la presencia de sinéresis, se seleccionaron las muestras para evaluar su estabilidad. A dichas muestras se evaluó su viscosidad, estabilidad e índice de peróxidos al día 0, 7 y 14 días de elaboración.

- a) **Viscosidad.** El comportamiento esfuerzo-deformación del sucedáneo de yogurt se realizó empleando 15 g de producto a 25°C y un reómetro (RST CC, Brookfield, EUA) con una geometría de cilindros concéntricos (CCT-25). La curva de flujo y de viscosidad se obtuvo en un intervalo de velocidad de deformación de 0.1 a 1000 s<sup>-1</sup>. Las determinaciones se llevaron a cabo por duplicado usando una nueva muestra para cada repetición. Los reogramas se analizaron con los modelos de la ley

de la potencia (Ec. 1), Herschel-Bulkley (Ec. 2) y Casson (Ec. 3).

$$\sigma = K \times \gamma^n \quad (1)$$

$$\sigma = \sigma_o + K \times \gamma^n \quad (2)$$

$$\sigma^{1/2} = \sigma_o^{1/2} + K \times \gamma^{1/2} \quad (3)$$

Donde  $\sigma$  es el esfuerzo de corte (Pa),  $\sigma_o$  es el límite elástico,  $\gamma$  es la velocidad de corte (1/s), K es el índice de consistencia (Pa s<sup>n</sup>) y n es el índice de comportamiento del flujo (sin dimensiones).

- b) **Índice de peróxidos.** Se calculó de acuerdo con el método cuantitativo que se basa en la determinación yodométrica de los peróxidos orgánicos. Se realizó una prueba testigo donde el volumen gastado no debe exceder en 0.1 ml de tiosulfato. 1 ml de tiosulfato de sodio 0.01 N representa 80 microgramos de O<sub>2</sub> (AOAC 965.33).
- c) **Índice de estabilidad.** Con la finalidad de detectar la presencia de fenómenos de sedimentación, precipitación, coalescencia o cremado a diferentes tiempos, en las muestras, se empleó el equipo Turbiscan LAB (Formulation S.A., Francia) cuyo fundamento de análisis consiste en la medición de los cambios en la muestra a través de los fenómenos de dispersión de luz múltiple, utilizando una fuente de luz infrarroja pulsada ( $\lambda=850$  nm). El detector de transmisión mide el flujo de luz que se transmite a través de la muestra, mientras que el detector de retrodispersión recibe la luz retrodispersada por la muestra. El análisis de estabilidad se lleva a

cabo como una variación de los perfiles de retrodispersión (BS). Los datos de BS son reportados como perfiles de  $\Delta$ BS por el software Turbiscan EasySoft (V1.1, Formulacion S.A., Francia). La estabilidad de la muestra se evalúa con el parámetro del índice de estabilidad (IDE), cuyo valor se obtiene a partir del promedio del BS (Formulacion SA., 2021).

## Resultados

### Evaluación de propiedades fisicoquímicas, aceptación sensorial y viscosidad

En el Cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas evaluadas de las distintas formulaciones del sucedáneo de yogurt propuesto.

**Cuadro 2.** Densidad, pH, acidez, °Brix y sinéresis de las diferentes formulaciones del sucedáneo de yogurt

Formulación	Densidad (g/ml)	pH	Acidez (meq/L)	° Brix	Presencia de sinéresis	Análisis sensorial
1	1.06	4.35	0.50	18.4	Sí	4
2	1.04	4.20	0.68	16.1	Sí	3
3	1.07	4.18	0.65	16.0	No	5
4	1.08	4.45	0.68	14.6	No	5
5	1.06	4.46	0.58	16.1	Sí	4
6	1.02	4.29	0.61	17.1	Sí	4
7	1.05	4.41	0.54	16.2	Sí	4
8	1.05	4.15	0.47	18.3	Sí	3
9	1.05	4.47	0.50	17.1	Sí	4
10	1.06	4.51	0.63	16.2	Sí	4
11	1.08	4.35	0.54	16.1	Sí	3

De acuerdo con el diseño experimental la formulación que presentó una mayor estabilidad y no presenta sinéresis fue empleando una concentración de 3% de inulina y 5% de aceite de aguacate (Figura 1).

La evaluación sensorial indicó que al 66.66% de los evaluadores les “gustó” el producto, siendo las muestras con menor contenido de inulina y valores intermedios de aceite de aguacate, los que presentaron mejores resultados de aceptación, aunado a la ausencia de sinéresis. Cabe mencionar que, dentro de los comentarios, los jueces

indicaron la similitud del sabor del sucedáneo con un yogurt comercial. La selección de las formulaciones 3 y 4 se realizó de acuerdo con los resultados

obtenidos, la ausencia de sinéresis y su aceptación sensorial. Se procedió a evaluar la estabilidad de dichas muestras.

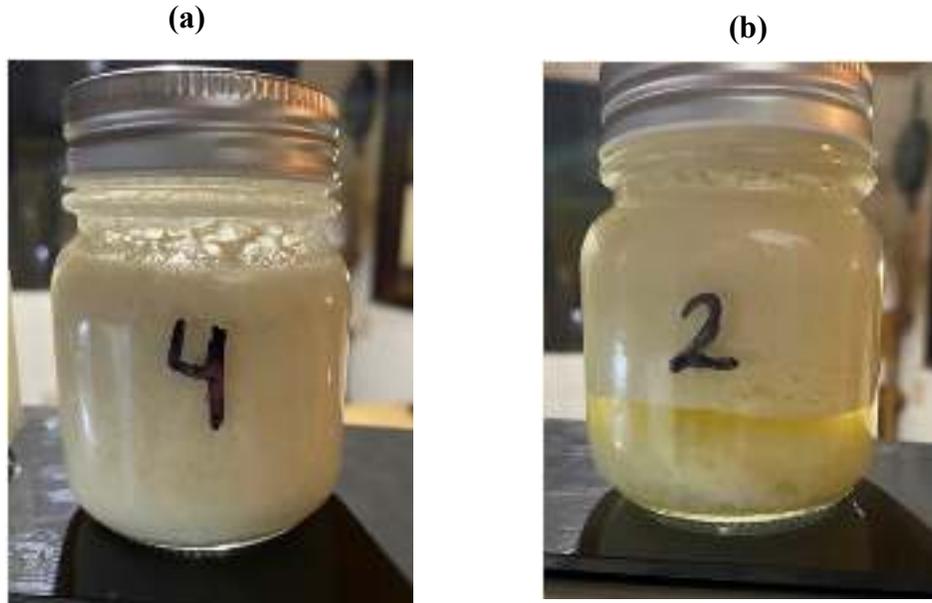


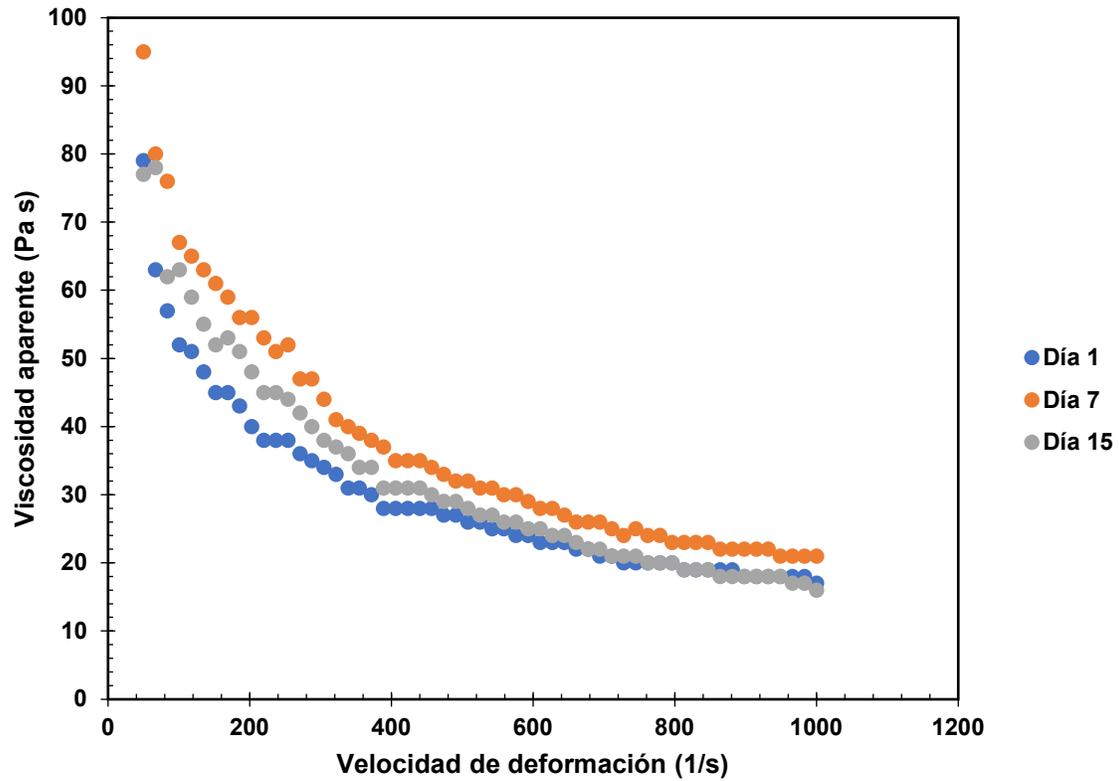
Figura 1. (a) Formulación de sucedáneo de yogurt estable: 3% de inulina y 5% de aceite de aguacate. (b) Formulación de sucedáneo de yogurt con sinéresis: 5% de inulina y 5% de aceite de aguacate.

La formulación con mayor estabilidad presentó un contenido de proteína de  $2.45 \pm 0.02$  % y acidez titulable (expresado como ácido láctico)  $0.68 \pm 0.02$  g/L. La acidez está directamente relacionada con el pH, a valores más bajos de pH se presenta una mayor acidez en el producto (Ani et al., 2018). El valor de acidez titulable fue de  $0.74 \pm 0.02$  mL NaOH/100 mL de producto y expresado en términos de ácido láctico la acidez titulable es de  $0.67 \pm 0.02$  g ácido láctico/100 mL de producto.

Con respecto a los cambios de viscosidad durante el almacenamiento a  $4$  °C durante 14 días, en la Figura 2 se presentan las

curvas de flujo (velocidad de deformación *versus* viscosidad aparente) y los reogramas de velocidad de deformación *versus* esfuerzo de corte (Figura 3). El producto presenta un comportamiento de un fluido no newtoniano ( $n < 1$ ) (Grasso et al., 2020). El comportamiento del fluido mostró un índice de comportamiento de flujo de un fluido pseudoplástico ( $n < 1$ ). En el Cuadro 3 se presentan los parámetros de ajuste y los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) a los modelos de Ley de Potencial, Herschel-Bulkley y Casson. Los tres modelos presentan un valor alto de ajuste al día 1 de elaboración del producto  $R^2 > 0.96$ . Aunque

todos estos modelos presentan un valor de  $R^2$  mayor a 0.90, se obtuvo el mejor ajuste con el modelo de Herschel-Bulkley.



**Figura 2.** Viscosidad aparente del sucedáneo de yogurt almacenado durante 14 días a 4 °C.

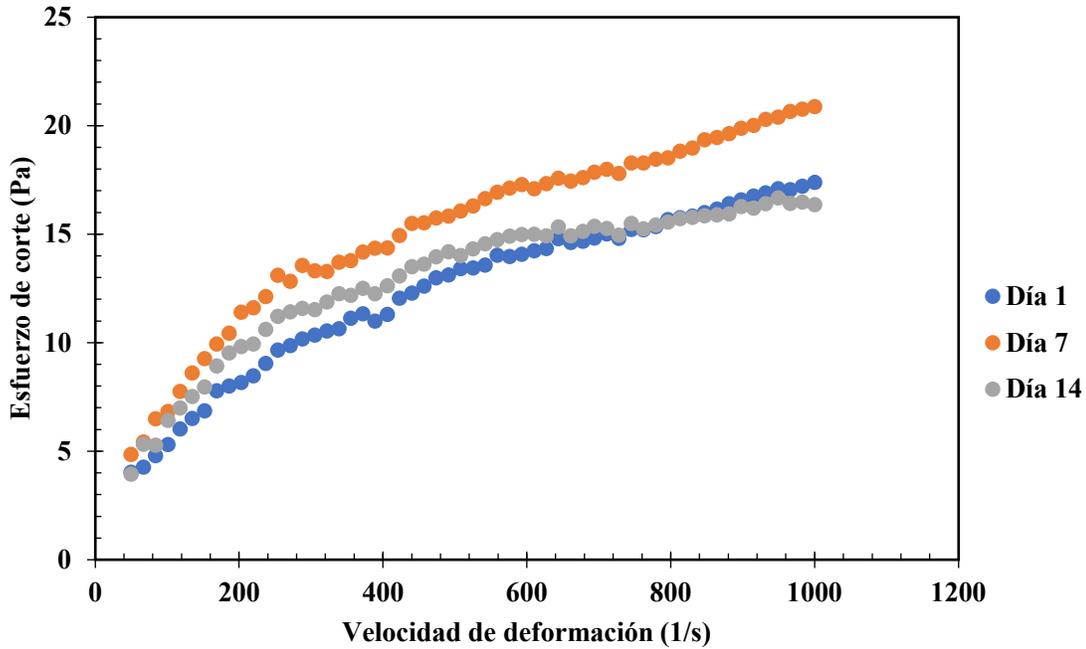


Figura 3. Reogramas del sucedáneo de yogurt de la relación de velocidad de deformación y esfuerzo de corte obtenidos durante 14 días de almacenamiento a 4 °C.

**Cuadro 3.** Parámetros de los Modelo de ajuste del sucedáneo de yogurt almacenado durante 14 días a 4 °C

	Ley de Potencia			Modelo de Herschel-Bulkley				Modelo de Casson		
	R <sup>2</sup>	K (Pa s <sup>n</sup> )	n	R <sup>2</sup>	σ <sub>0</sub> (Pa)	K (Pa s <sup>n</sup> )	n	R <sup>2</sup>	σ <sub>0</sub> (Pa)	K (Pa s)
Día 1	0.990	0.567	0.500	0.996	6.502	3.122	0.294	0.968	2.724	0.0835
Día 7	0.981	0.912	0.457	0.994	22.61	14.614	0.156	0.9447	4.131	0.0839
Día 15	0.953	0.943	0.427	0.990	33.13	31.86	0.105	0.9008	4.1204	0.0707

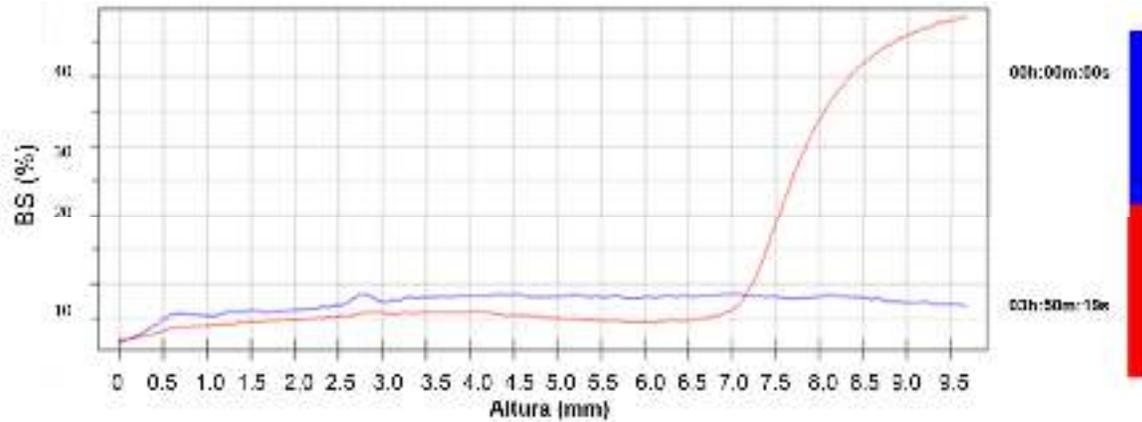
La oxidación en los lípidos es una de las alteraciones más importantes que ocurre durante la conservación y procesamiento de los alimentos, ya que esta puede generar aparición de olores y sabores característicos de la rancidez teniendo como consecuencia la disminución en la aceptabilidad de los alimentos. Por lo anterior, se realizó la medición del índice de peróxidos al día 0, 7

y 14 días de almacenamiento obteniéndose los valores de  $0, 0.15 \pm 0.03$  meq O<sub>2</sub>/kg y  $0.30 \pm 0.04$  meq O<sub>2</sub>/kg respectivamente.

La estabilidad del sucedáneo del yogurt se determinó con el equipo Turbiscan a través de las variaciones en la retrodispersión de luz con respecto al tiempo. En la Figura 4 se puede observar los gráficos al tiempo cero

(a) y a las tres horas (b) observándose en esta última la separación de fases, al formarse una capa en la fase superior, característico de un proceso de cremado, dónde se refleja en un aumento de la luz dispersada en la parte superior del tubo acompañado de una

disminución en la intensidad en el fondo del tubo debido a una disminución de la concentración de partículas que es conocido como clarificación en esta zona. Las evaluaciones realizadas los días 7 y 14 se mantuvieron constantes.



**Figura 4.** Cambio en el BS al minuto 0 y a las 3 horas, de las corridas 3 y 4 obtenidas a partir del diseño de experimentos, donde a) tiempo 0 y b) a las tres horas.

## Discusión

El contenido de proteína del sucedáneo de yogurt ( $2.45 \pm 0.02$  g/100 g) se encuentra dentro de los valores reportados para productos similares, que varía entre 0.6 a 4.6 g/100 g de producto (Grasso et al., 2020). Los valores de pH (4.15 - 4.51) se encuentran dentro del intervalo reportado para el yogurt a base de leche (4.0 - 4.6) (Hernández, 2004), lo que implica que durante el proceso de fermentación con el cultivo iniciador se desarrolla la acidez característica de este tipo de productos.

El valor de acidez titulable ( $0.74 \pm 0.02$  mL NaOH/100 mL de producto) se encuentra dentro del intervalo reportado para otros sucedáneos de yogurt elaborados a partir de proteína de soya y semillas de moringa,  $0.68 \pm 0.02$  mL NaOH/100 mL de producto (Ani et al., 2018). La acidez en yogurt a base

de leche reportada por otros autores se encuentra dentro del intervalo de 0.59-1.4% (Ukwo, 2015; Célia et al., 2017), lo cual es derivado del proceso de fermentación de la lactosa por las bacterias ácido-lácticas empleadas durante el proceso.

De acuerdo con el diseño experimental, no hubo diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre las muestras con respecto al pH y los °Brix, sin embargo, tanto la acidez como la densidad se ven influenciadas por las concentraciones de inulina y aceite de aguacate respectivamente. Al incrementar la acidez, el producto posee mayor firmeza y menor sinéresis, lo que impacta en la aceptación sensorial del producto.

Los fenómenos de inestabilidad en el sucedáneo de yogurt se observaron empleando el equipo Turbiscan. En las primeras dos horas de elaboración, se

presenta un ligero proceso de cremado, representado por el incremento de la retrodispersión en la parte superior de la muestra. Dicho comportamiento se mantuvo durante el tiempo del almacenamiento, finalizando con la presencia de sinéresis, representado a través del valor del IDE de 30. Sin embargo, al agitar la muestra se logra una buena homogeneización, eliminando este fenómeno.

Los valores obtenidos del índice de comportamiento de flujo para el sucedáneo variaron de 0.500 y 0.294, para el modelo de Ley de potencia y Herschel-Buckley, respectivamente, lo que confirma la característica pseudoplástica del sucedáneo. Este comportamiento se puede atribuir a los diferentes componentes empleados para elaborar el producto, el aislado de proteína de soya se ha reportado que un intervalo de pH de 2.0 a 6.9 presenta un índice de comportamiento de flujo  $n < 1$ , característico de un fluido pseudoplástico (O'Flynn et al., 2021). En la Figura 2 se muestra la relación entre la viscosidad aparente y la velocidad de cizallamiento del sucedáneo de yogurt. Un aumento en la velocidad de cizallamiento provoca la disminución de la viscosidad aparente, lo que indica un comportamiento característico de un fluido pseudoplástico, confirmando los resultados observados en valores referentes a los índices de comportamiento de flujo. Diversos autores han observado un comportamiento similar para el estudio reológico de la leche de coco, caracterizándose como un fluido

pseudoplástico (Silva et al., 2019; Jirapeangtong et al. 2008; Tipvarakarnkoon et al. 2010).

La viscosidad del sucedáneo de yogurt es característica de la mayoría de los fluidos alimentarios en la industria alimentaria (Silva et al., 2020), permitiendo su producción a gran escala, facilitando su procesamiento y envasado para su distribución.

Para finalizar, el índice de peróxidos no mostró un incremento considerable de oxidación en el yogurt, alcanzando un valor de  $0.30 \pm 0.04$  meq O<sub>2</sub>/kg a los 14 días. Lo anterior representa que los ácidos grasos provenientes del aceite de aguacate se mantienen durante el almacenamiento.

## Conclusiones

Se obtuvo un sucedáneo de yogurt a base de proteína de soya (60%), aceite de aguacate (5%) e inulina de agave (3%) con un contenido de proteína de  $2.45 \pm 0.02\%$ , pH de 4.45 y acidez titulable de 0.67 g ácido láctico  $\pm 0.02$  g/100 mL. El sucedáneo de yogurt se comporta como un fluido pseudoplástico ( $n < 1$ ). El modelo de Herschel-Bulkley fue el que mejor describe el comportamiento de la bebida. El sucedáneo de yogurt presentó un comportamiento de adelgazamiento por cizallamiento a mayores tiempos de almacenamiento.

## Referencias.

Ani, E., Amove, J., Igbadul, B. (2018). Physicochemical, Microbiological, Sensory Properties and Storage Stability of Plant-based Yoghurt Produced from Bambaranut,

- Soybean and Moringa oleifera Seed Milks. *American Journal of Food and Nutrition*. 6(4), 115-125. DOI: 10.12691/ajfn-6-4-4.
- AOAC 965.33 Peroxide value. *Official Methods of Analysis* (15th ed.), Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC (1990).
- AOAC 9815.19 (Apparent) Weight per Unit Volume and Specific Gravity of Fats and Oils, Pycnometer Method. *Official Methods of Analysis* (15th ed.), Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC (1990).
- Célia, J.A., Pereida da Silva, M.A., Borges de Oliveira, K., Souza, D.G., Campos de Moura, L., Nicolau, E., Concalves, J.A. (2017) Influence of heat treatment on physicochemical and rheological characteristics of natural yogurts. *Semina: Ciencia Agrária, Londrina* 38 (4): 2489-2504.
- Eke, M. O., Olaitan, N. I. and Sule, H. I. (2013). Nutritional Evaluation of Yoghurt-Like Product from Baobab (*Adansonia digitata*) Fruit Pulp Emulsion and the Micronutrient Content of Baobab Leaves. *Advance Journal of Food Science and Technology*. 5 (10): 1266-1270.
- Feskanich, D., Willett WC and Colditz GA. (2003) Calcium, vitamin D, milk consumption, and hip fractures: a prospective study among postmenopausal women. *Am J Clin Nutr*. 2003;77:504-511. Doi: 10.1093/ajcn/77.2.504.
- Formulacion SA. (2017). Stability and shelf life. Recuperado el 15 de abril de 2021, de <http://www.formulacion.com/en/>
- Greis, M., Sainio T, Katina K, Kinchlab A, Nolden A, Partanen R, Seppä L. (2020) Dynamic texture perception in plant-based yogurt alternatives: Identifying temporal drivers of liking by TDS. *Food Quality and Preference*. 86:104019.
- Granato, D., Ribeiro, J.C.B., Castro, I.A., Masson, M.L. (2010) Sensory evaluation and physicochemical optimisation of soy-based desserts using response Surface methodology. *Food Chemistry*, 121: 899-906. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.014>.
- Grasso, N., Alonso-Miravalles L, O'Mahony J. (2020) Composition, Physicochemical and Sensorial Properties of Commercial Plant-Based Yogurts. *Food MDPI*. 9:1-11.
- Hernández Carranza, P. 2004. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y reológicas de yogurt bajo en grasa enriquecido con fibra y calcio de yogurt. Tesis Maestría. Ciencia de Alimentos. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla.
- Jacobowitz, J. (2019). Consumer Acceptance of Plant Protein Supplemented Coconut and Almond yogurt. Master Thesis. Cornell University.

- Jirapeangtong, K., Siriwatanayothin, S., & Chiewchan, N. (2008). Effects of coconut sugar and stabilizing agents on stability and apparent viscosity of high-fat coconut milk. *Journal of Food Engineering*, 87(3), 422-427. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.01.001>.
- Luis, D. A. de, Pérez Castrillón, J. L., Aller, R., & Culebras, J.. (2007). Influencia del consumo de soja sobre la masa ósea. *Anales de Medicina Interna*, 24(8), 361-364. Recuperado en 22 de noviembre de 2020, de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-71992007000800001&lng=es&tlng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-71992007000800001&lng=es&tlng=es).
- Montemurro, M., Pontonio E, Rossana C, Rizzello C. (2021) Plant-Based Alternatives to Yogurt: State-of-the-Art and Perspectives of New Biotechnological Challenges. *Foods MDPI*. 10(2): 316.
- O'Flynn, T.M., Hogan, S.A., Daly, D.F.M., O'Mahony, J.A., McCarthy, N.A. (2021) Rheological and Solubility Properties of Soy Protein Isolate. *MDPI Molecules*. 26, 3015. <https://doi.org/10.3390/molecules26103015>.
- Silva, K., Machacado, A., Cardoso, C., Silva, F., Freitas, F. (2019). Rheological behavior of plant-based beverages
- Shin, J-S, Kim B-H, Baik M-Y. (2021). Applicable Plant Proteins and Dietary Fibers for Simulate Plant-Based Yogurts. *Foods*; 10(10):2305. <https://doi.org/10.3390/foods10102305>.
- Tipvarakarnkoon, T., Einhorn-Stoll, U., & Senge, B. (2010). Effect of modified Acacia gum (SUPER GUMTM) on the stabilization of coconut o/w emulsions. *Food Hydrocolloids*, 24(6-7), 595-601. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.03.002>.
- Ukwo, S. P. (2015). Physicochemical profile and sensory attributes of plain yogurt from cow and soy milk blends. *Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment*. 11(2): 20-23.