

# Desarrollo y caracterización de un sucedáneo de yogurt a base de proteína de chícharo e ingredientes funcionales

Cervantes-Díaz-Barriga, I.<sup>a</sup>, Villalobos-Castillejos, F.<sup>ab\*</sup>, Lara-Hidalgo, C.E.<sup>ab</sup>, Leyva-Daniel, D.E.<sup>b,c</sup>, Domínguez-Gutiérrez, G.<sup>a</sup>, Alamilla-Beltrán, L.<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Anáhuac México. Av. Universidad Anáhuac No. 46. Colonia Lomas Anáhuac, Huixquilucan, Estado de México. C.P. 52786

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

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

Fecha de recepción: 6 de diciembre de 2013 - Fecha de aceptación: 13 de mayo de 2024

## Resumen

En los últimos años ha incrementado el interés y consumo de alimentos vegetarianos, veganos y basados en plantas por ser percibidos como sustentables, éticos con el bienestar animal y saludables. En el presente trabajo se desarrolló un sucedáneo de yogurt a base de aislado de proteína de chícharo, aceite de linaza, inulina y se evaluó mediante un diseño factorial  $2^3$  el efecto de los carbohidratos fermentables añadidos: sacarosa (5% m/v), dextrosa (5% m/v), maltodextrina (11% m/v) sobre las características fisicoquímicas (pH, acidez titulable, viscosidad, estabilidad, concentración de azúcares reductores) y aceptación sensorial del producto elaborado. Se observó una relación significativa entre el carbohidrato y el % de acidez, sin embargo, no se hallaron diferencias significativas entre el tipo de carbohidrato y los valores de pH, viscosidad y estabilidad obtenidos. Se realizó una prueba hedónica de 5 puntos a las formulaciones con mejor estabilidad, pH y viscosidad, presentando la mayor aceptación la fórmula 5 (n=50) teniendo un promedio de  $4.3 \pm 0.9$  "Me gusta moderadamente". La formulación final representa una opción tecnológica viable y de agrado sensorial para el mercado de productos basados en plantas.

**Palabras claves:** Sucedióneo de yogurt, proteína de chícharo, aceite de linaza, almacenamiento, viscosidad.

## Development and characterization of a yogurt substitute based on pea protein and functional ingredients

### Abstract

In recent years, interest and consumption of vegetarian, vegan and plant-based foods have increased because they are perceived as sustainable, ethical with animal welfare and healthy. In the present work, a yogurt substitute based on pea protein isolate, linseed oil, inulin was developed and the effect of the fermentable carbohydrates: sucrose (5% m/v), dextrose (5% m/v), maltodextrin (11% m/v) on the

---

\*[cordia@usb.edu.mx](mailto:cordia@usb.edu.mx)

physicochemical characteristics (pH, titratable acidity, viscosity, stability, concentration of reducing sugars) and sensory acceptance. A significant relationship was observed between acidity and maltodextrin. However, no significant differences were found in pH, viscosity, stability. A 5-point hedonic test was carried out on the 3 formulations with the best stability, pH and viscosity, with formula 5 showing the greatest acceptance (n= 50) having an average of  $4.3 \pm 0.9$  "I like it moderately". The final formulation represents a viable technological option and sensory-pleasing choice for the plant-based products market.

**Keywords:** Yogurt substitute, pea protein, flaxseed oil, storage, viscosity.

## Introducción

En los últimos 80 años se ha observado una disminución en el consumo de leche de vaca per cápita en los Estados Unidos de 31 galones anuales a solo 17, mientras que sustitutos de leche basados en plantas han ido en aumento, siendo considerados por la población como sustituibles entre sí al cumplir las necesidades y deseos de los consumidores. Se contempla que no es cuestión del precio, sino que la razón principal se basa en el bienestar animal y cuidado del medio ambiente (Stewart et al., 2020).

El desarrollo de alimentos basados en plantas responde a una tendencia de consumo alineada a un creciente interés por la salud intestinal, la búsqueda de productos más saludables, así como la preocupación por la seguridad alimentaria, cambio climático y optimización de los recursos naturales (Montemurro et al., 2021) (Tetrapack, 2021). Por lo que es necesario desarrollar productos que cubran el consumo y demanda de productos basados en plantas (AlGarf, 2023).

Las principales fuentes de proteínas vegetal suelen ser: soya, cáñamo, semillas de lino, legumbres, algas, lentejas, habas, quinoa, amaranto, avena y chícharos (Aschemann-Witzel et al., 2021); sin embargo, las mayormente empleadas en la elaboración de sustitutos de leche suelen limitarse a almendra, soya, coco, arroz, lino y avena (Stewart et al., 2020).

El chícharo *Pisum sativum* es considerado una proteína vegetal prometedora por la industria alimentaria al ser altamente nutritivo, versátil, sostenible y asequible. Actualmente ya existen bebidas a base de chícharos; sin embargo, ningún

sucedáneo de yogurt de chícharo, por lo que se plantea su desarrollo ya que va acorde a las tendencias de consumo actuales, plasmadas en la proyección de dicho segmento del mercado de alimentos por 77,800 mdd para 2025 (Fernández, 2022).

El aislado de proteína de chícharo permite la factibilidad en la elaboración del sucedáneo de yogurt ya que confiere las ventajas tecnológicas requeridas por su alta solubilidad, absorción de agua y aceite, capacidad gelificante bajo tratamiento térmico, brinda estructura y representa un aporte completo de aminoácidos por ser considerado fuente de proteínas alta calidad (Shanthakumar et al., 2022).

El enfoque de desarrollar un sucedáneo de yogurt se basa en que el yogurt ya es un producto alimenticio de consumo masivo a diferencia de otros lácteos fermentados como el kéfir y el kumis (Chaves-López et al., 2014); además, posee el potencial de ser un producto alimenticio que beneficie activamente la salud (Tetrapack, 2021).

La finalidad del trabajo fue desarrollar un sucedáneo de yogurt funcional desde el punto de vista nutricional, al incorporar inulina como prebiótico para favorecer la salud intestinal, probióticos y los omegas 3, 6 y 9 contenidos en el aceite de linaza (Kouamé et al., 2021) y evaluar tanto físicoquímica como sensorialmente las diversas formulaciones con la finalidad de identificar y seleccionar la mejor formulación.

## Metodología

### Determinación de la concentración de inóculo.

Se realizó una cinética microbiana del cultivo

lío-filizado con el fin de determinar la concentración de inóculo evaluando la concentración preestablecida por el fabricante (0.1 g/L) contra la mitad de dicha dosis (0.05 g/L) en medio de cultivo MRS, incubando a 42°C por 7 horas (Riossa modelo: EC-33, serie: ECML). Se analizó el crecimiento bacteriano de manera indirecta midiendo la absorbancia del cultivo a 580 nm cada hora durante 7 h en un espectrofotómetro (Thermo Scientific MOD Genesys) y el comportamiento del pH utilizando un potenciómetro (Hanna Instruments modelo: HI98107).

**Desarrollo del sucedáneo de yogurt a base de proteína de chícharo.** Se empleó un diseño factorial  $2^3$  (Cuadro 1), considerando como

variable independiente el carbohidrato empleado: sacarosa (5% m/v) (Meyer), dextrosa (5% m/v) (Meyer) y maltodextrina (11 % m/v) (Química LEFE S.A. de C.V.). Se mantuvo constante el aceite de linaza (5% m/v) (Enature), aislado de proteína de chícharo (3% m/v) (Meli Natura, S.A. de C.V.) y fructooligosacáridos (3% m/v) (Hacienda Oro de agave). La concentración de los materiales previamente descritos se tomó de acuerdo con trabajos previos del grupo de trabajo (Leyva-Daniel et al., 2022). La bebida elaborada fue inoculada con 0.05 g/L de co-cultivo lío-filizado de *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, con un tiempo de fermentación de 18 h. Se evaluó como variables de respuesta la estabilidad, pH y aceptación sensorial.

**Cuadro 1.** Diseño factorial  $2^3$  para la formulación del sucedáneo de yogurt a partir de diferentes fuentes de carbohidratos disponibles.

Corrida	Sacarosa	Dextrosa	Maltodextrina
1	-	-	-
2	+	-	-
3	-	+	+
4	+	+	+
5	+	+	-
6	+	-	+
7	-	-	+
8	-	+	-

\* El signo “+” indica adición del carbohidrato y “-” la ausencia de este en la formulación.

### Caracterización del sucedáneo.

- pH.** Se determinó empleando el método descrito por Grasso et al. (2020) con un potenciómetro calibrado con soluciones amortiguadoras de pH 4.0 y 7.0. La medición se realizó a la mezcla después de la fermentación (18 h).
- Acidez titulable.** Se evaluó empleando el método descrito por Grasso et al. (2020), con 10 g de muestra. Los resultados se

expresaron como % de ácido láctico/100 g de producto.

- Determinación de azúcares reductores.** Se realizó mediante el método descrito en la norma mexicana NMX-F-312-NORMEX-2016 para determinar azúcares reductores directos y totales presentes en alimentos en general y bebidas no alcohólicas.
- Viscosidad.** Se empleó un reómetro (RST CC, Brookfield, EUA) con una geometría

de cilindros concéntricos (CCT-25). La evaluación se realizó a 25 °C. 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> (Leyva-Daniel, 2022).

- e) **Índice de estabilidad.** La estabilidad de las formulaciones se evaluó a través del índice de estabilidad (IDE), valor obtenido del promedio de los cambios en la retrodispersión de la luz (infrarroja pulsada λ=850 nm) producido por los fenómenos de inestabilidad como incremento en tamaño de micela, cremado, etc. (Formulation SA., 2021). El IDE considera todos los procesos que se llevan a cabo en la muestra y el valor se obtiene a partir de su promedio, expresado bajo la siguiente ecuación.

$$IDE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{BS})^2}{n - 1}}$$

Donde X<sub>i</sub> es la retrodispersión promedio para cada minuto de la medición, X<sub>BS</sub> es la media de X<sub>i</sub> y n es el número de exploraciones.

- f) **Aceptación sensorial.** Se empleó una prueba sensorial hedónica de 5 puntos (Me gusta mucho, me gusta moderadamente, ni me gusta ni me disgusta, me disgusta poco, me disgusta mucho) a 50 jueces no

entrenados consumidores de yogurt. Las muestras se presentaron de forma aleatoria (Granato et al., 2010).

- g) **Análisis estadísticos.** Se empleó el programa Design-Expert Versión 5.0 (Stat Ease Co), a través de un diseño factorial 2<sup>3</sup> sin puntos centrales. Para la prueba de aceptación sensorial, los resultados fueron promediados y se calculó la desviación estándar.

## Resultados

### Determinación de la concentración de inóculo.

Las dos concentraciones diferentes de inóculo inicial (0.1 y 0.05 g/L) empleadas mostraron un comportamiento similar a las 5 horas de incubación con respecto a la biomasa y pH incluso en las horas posteriores (Figuras 1a y 1b). A partir de este resultado se decidió utilizar la concentración de 0.05 g/L de inóculo para la elaboración del producto.

### Caracterización del sucedáneo de yogurt a base de proteína de chícharo

Las propiedades fisicoquímicas, así como la estabilidad de las distintas formulaciones del sucedáneo de yogurt se observan en el Cuadro 2.

En la Figura 2 se puede observar la estabilidad de las formulaciones propuestas del sucedáneo durante 21 días.

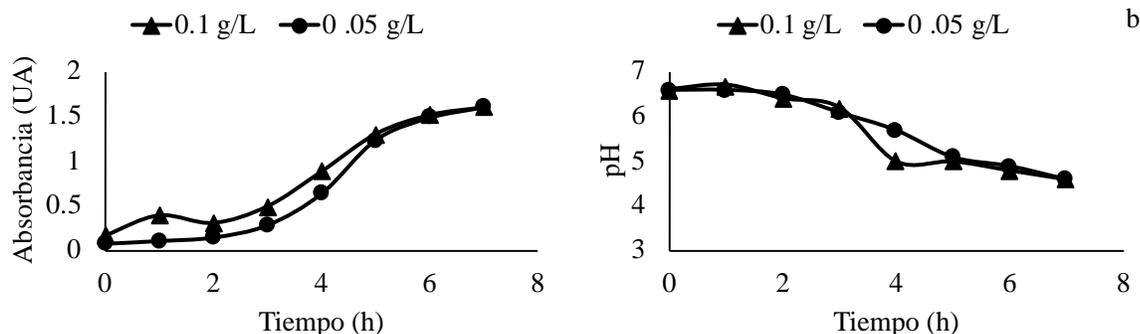


Figura 1. Cinética de biomasa (a) y pH (b).

**Cuadro 2.** pH, acidez titulable, azúcares reductores y viscosidad de las formulaciones elaboradas

Corrida	pH	Acidez titulable (% ácido láctico)	Azúcares reductores (mg/mL)	Viscosidad (mPa·s)	Prueba sensorial
1	4.7 ± 0.4	2.5 ± 0.3	NA	17	NA
2	4.6 ± 0.2	3.1 ± 0.3	88.5 ± 7.2	25	3.2 ± 1.1
3	4.6 ± 0.3	2.1 ± 0.3	NA	26	NA
4	4.6 ± 0.2	2.1 ± 0.3	NA	26	NA
5	4.6 ± 0.2	2.8 ± 0.2	127.2 ± 9.9	23	4.3 ± 0.9
6	4.7 ± 0.3	2.2 ± 0.3	NA	27	NA
7	4.8 ± 0.2	2.2 ± 0.1	NA	20	NA
8	4.5 ± 0.2	2.8 ± 0.3	124 ± 32	28	2.2 ± 1.0

NA: No Aplica

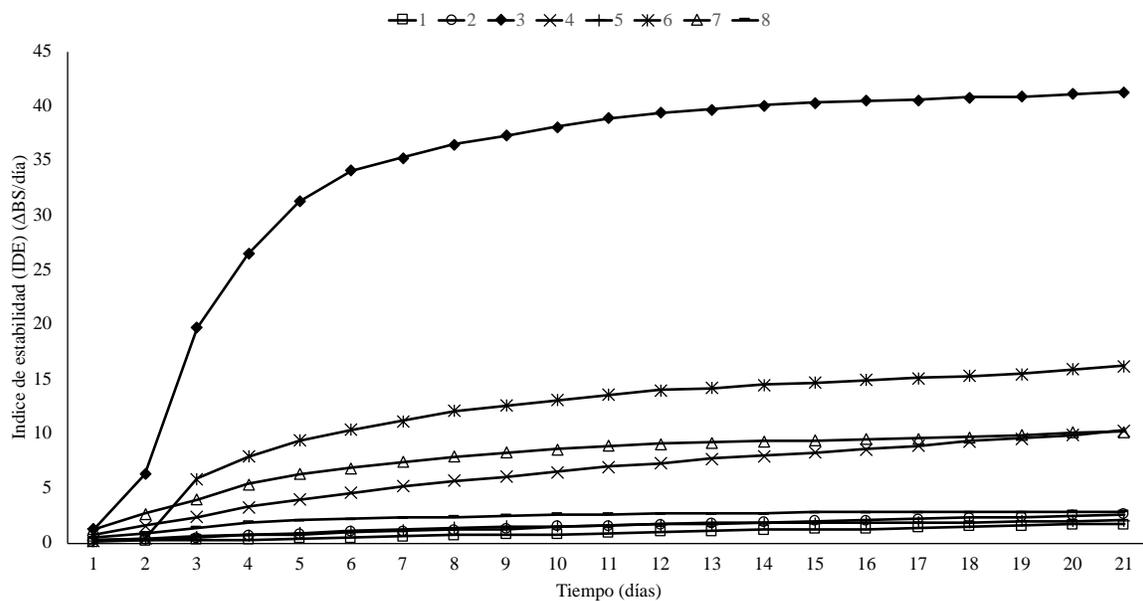


Figura 2. Evaluación del índice de estabilidad de las formulaciones del sucedáneo durante 21 días.

## Discusión

Los valores de pH de las 8 corridas diferentes se encontraron dentro de lo reportado para yogurt a base de leche (4.0 - 4.6) (Hernández, 2004) y sucedáneos a base de soya (Leyva-Daniel., 2022). En análisis estadístico no fue significativo, sin embargo, se observa un efecto en aquellas formulaciones con dextrosa, reportando los

valores más bajos de pH (4.6). Al igual que el pH, no se hallaron diferencias significativas entre la influencia de las fuentes de carbono sobre la viscosidad tras la fermentación del sucedáneo de yogurt (Cuadro 2), lo que podría indicar la versatilidad del carbohidrato para la fermentación.

Los valores de acidez titulable muestran un efecto significativo en la fuente de carbohidrato

utilizado, siendo la maltodextrina el de mayor impacto, obteniéndose los valores de acidez más bajos (2.1 - 2.2 %). Lo anterior debido a su estructura, a diferencia de la dextrosa (monosacárido), sacarosa (disacárido), la maltodextrina es un polisacárido, por lo que el proceso de ruptura del enlace glucosídico incrementa la cantidad de sustrato (glucosa), lo que podría provocar una disminución en este parámetro. Cabe mencionar que la acidez juega un papel importante en las características finales del sucedáneo, específicamente en la firmeza y en la disminución de la sinéresis.

El índice de estabilidad no mostró diferencia significativa con respecto al carbohidrato utilizado, sin embargo, se observa (Figura 1) que aquellas formulaciones con sacarosa y dextrosa mostraron mayor estabilidad con respecto a aquellas con maltodextrina. Morales et al. (2022) reportaron el mismo comportamiento en sucedáneos elaborados a partir de soya. Es después de las primeras 3 horas que las formulaciones empiezan a presentar fenómenos de inestabilidad tales como la sinéresis.

La viscosidad del sucedáneo de yogurt se encuentra en un intervalo de 17 a 28 mPa•s. De acuerdo con el análisis estadístico, no se encontró diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) con respecto a la fuente de carbohidrato empleado para la fermentación del producto. Lo anterior indica, que el gel que se formó tuvo una consistencia similar en todos los casos.

A partir de los resultados obtenidos de pH, acidez y estabilidad, se decidió realizar el análisis de azúcares reductores y evaluación sensorial a las muestras más estables (corridas 2, 5 y 8). Estas formulaciones se caracterizan por no contener maltodextrina como fuente de carbono para la fermentación.

Para los azúcares reductores, se observaron valores superiores en aquellas corridas con glucosa en su composición (5 y 8). Se esperaría

que los valores obtenidos correspondan a la presencia de glucosa y posible hidrólisis del disacárido de sacarosa en monómeros de fructosa y glucosa mediante la presencia de la enzima invertasa, aunque de manera general las bacterias ácido-lácticas carecen de la enzima invertasa, se han reportado cepas de *S. thermophilus* capaces de metabolizarla por la pérdida o ganancia de alelos específicos (Robinson et al., 2002). Así mismo, un posible factor del incremento en la concentración de azúcares reductores pueda deberse a la hidrólisis de los fructooligosacáridos presentes en la inulina mediante las enzimas fructosidasas de *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* en monómeros de fructosa, con la finalidad de ser fermentado para la obtención de energía (Kaplan et al., 2000).

La evaluación sensorial mostró una aceptación media para las corridas 2 y 5 (con sacarosa y dextrosa) y baja para la corrida 8 (dextrosa). Entre las características a mejorar según los resultados obtenidos está la textura y el olor. Este producto se formula como base, que puede adicionarse con azúcares, saborizantes y colorantes para aumentar la aceptación sensorial.

## Conclusiones

La reducción de la concentración del inóculo inicial no mostró cambios en el crecimiento bacteriano y la disminución de pH. Las formulaciones utilizadas permitieron obtener un sucedáneo de yogurt a base de proteína de chícharo con características similares a las reportadas en un yogurt comercial. Se observó que los carbohidratos incorporados en la matriz influyeron en las características analizadas, sin embargo, las formulaciones conteniendo sacarosa y/o dextrosa fueron las que mostraron mayor estabilidad y preferencia en el análisis sensorial. Nuestros resultados demuestran que el sucedáneo de yogurt obtenido en este estudio puede ser una alternativa en el consumo habitual de productos veganos.

## Referencias

- AlGarf, D. (2023). *Plant-based food takeover*. <https://infomineo.com/agriculture/plant-based-food-takeover/#:~:text=According%20to%20a%202022%20report,Z%20have%20given%20up%20meat>.
- Aschemann-Witzel, J., Gantriis, R. F., Fraga, P., & Perez-Cueto, F. J. (2021). Plant-based food and protein trend from a business perspective: Markets, consumers, and the challenges and opportunities in the future. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(18), 3119-3128.
- Chaves-López, C., Serio, A., Grande-Tovar, C. D., Cuervo-Mulet, R., Delgado-Ospina, J., & Paparella, A. (2014). Traditional fermented foods and beverages from a microbiological and nutritional perspective: The colombian heritage. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(5), 1031-1048.
- Fernandez, R. (2022). *Valor del mercado de productos vegetales alternativos a los de origen animal entre 2020 y 2030*. Statista.com. Retrieved February 10, 2023, from <https://es.statista.com/estadisticas/1269900/veggies-y-veganismo-valor-de-mercado-de-los-productos-veganos/>
- 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.
- Kaplan, H., & Hutkins, R. W. (2000). Fermentation of fructooligosaccharides by lactic acid bacteria and bifidobacteria. *Applied and environmental microbiology*, 66(6), 2682–2684. <https://doi.org/10.1128/AEM.66.6.2682-2684.2000>
- Kouamé, K. J. E., Bora, A. F. M., Li, X., Sun, Y., & Liu, L. (2021). Novel trends and opportunities for microencapsulation of flaxseed oil in foods: A review. *Journal of Functional Foods*, 87, 104812.
- Leyva-Daniel, D.E., Morales-Alonso, M.J, Hernández-Botello, M.T., Villalobos-Castillejos, F., Alamilla-Beltrán, L. (2022). Desarrollo de un sucedáneo de yogurt, propiedades fisicoquímicas, y evaluación de estabilidad. *Revista Académica de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán*, Vol.26-3, 52-63.
- Montemurro, M., Pontonio, E., Coda, R., & Rizzello, C. G. (2021). Plant-based alternatives to yogurt: State-of-the-art and perspectives of new biotechnological challenges. *Foods*, 10(2), 316.
- Robinson RK, Tamime AY, Wszolek M. Microbiology of fermented milks. *Dairy microbiology handbook: the microbiology of milk and milk products* 2002:468.
- Shanthakumar, P., Klepacka, J., Bains, A., Chawla, P., Dhull, S. B., & Najda, A. (2022). The current situation of pea protein and its application in the food industry. *Molecules*, 27(16), 5354.
- Stewart, H., Kuchler, F., Cessna, J., & Hahn, W. (2020). Are plant-based analogues replacing cow's milk in the american diet? *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 52(4), 562-579.
- Tetrapack. (2021). *Tendencias de consumo de yogurt y lo que significan para los productores*. <https://www.tetrapak.com/es-mx/insights/cases-articulos/consumer-yoghurt-trends>