


Influencia del contenido de arazá y alga *Chlorella* en la calidad proteica del yogur


Influence of araza content and chlorella algae on the protein quality of yogurt

Calderón Ganchozo¹, Melany Cristina^{1}
Peñarrieta Loo², Flor Marena²
Vergara Vélez³, Guilber Enrique³*

^{1 2 3} Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta, Ecuador

¹Melanycristinacalderon@gmail.com  <https://orcid.org/0009-0006-0899-8831>

²Florpel@hotmai.com  <https://orcid.org/0009-0002-4993-6339>

³guilber.vergara@espam.edu.ec  <https://orcid.org/0009-0009-7361-7718>

Recibido/received: 10/03/2025 Corregido/revised: 29/05/2025 Aceptado/accepted: 23/06/2025

Resumen: El objetivo de la presente investigación fue evaluar la influencia del contenido de arazá y alga *Chlorella* en la calidad proteica del yogur. La elaboración del yogur se realizó con las directrices establecidas por la norma NTE INEN 2395. Para su medición se aplicó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial AxB, con seis tratamientos y tres réplicas, obteniendo un total de 18 unidades experimentales. Los tratamientos fueron analizados bromatológicamente aplicando la NTE INEN 2593:2011, mediante el método de ensayo NTE INEN 12, que consiste en el método Kjeldahl, el cual se ejecuta en tres etapas: digestión, destilación y titulación, requisito estipulado por la NTE INEN 2395:2011. Para esto, se utilizaron 15 ml de muestra por cada tratamiento a una temperatura de 20 °C. Se pudo evidenciar que el T1 (5% de jalea + 0.1% de alga) se posicionó como el tratamiento con la menor media de proteína, mientras que el T6 (9% de jalea + 0.2% de alga) presentó la mayor media para esta variable dependiente. Como tendencia, se identificó que el nivel b2 (0.2% de alga *Chlorella*) fue el factor determinante en la diferencia entre tratamientos, aportando las mayores concentraciones de proteína al yogur.

Palabras clave: Yogurt; proteínas; incubación; arazá; alga *chlorella*

Abstract: The objective of this research was to evaluate the influence of different content of araza and *Chlorella* algae on the protein quality of yogurt. The yogurt was prepared following the guidelines established by the NTE INEN 2395 standard. To measure its quality, a Completely Randomized

* Autor de correspondencia

Correo: guilber.vergara@espam.edu.ec



Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-SinDerivar 4.0

Design (CRD) was applied with a factorial AxB arrangement, consisting of six treatments and three replicates, totaling 18 experimental units. The treatments were analyzed bromatologically according to NTE INEN 2593:2011, using the NTE INEN 12 testing method, which follows the Kjeldahl method through three stages: digestion, distillation, and titration, as required by NTE INEN 2395:2011. For this process, 15 mL of sample was used for each treatment at a temperature of 20 °C. Results showed that T1 (5% jelly + 0.1% algae) had the lowest mean protein content, while T6 (9% jelly + 0.2% algae) had the highest. The results indicated a trend where b2 level (0.2% Chlorella algae) was the determining factor in the differences between treatments, contributing the highest protein concentration to the yogurt.

Keywords: Yogurt; proteins; incubation; araza; chlorella algae

Introducción

El sector alimentario en Ecuador ofrece una amplia variedad de productos; sin embargo, muchos de ellos no cumplen con parámetros nutricionales adecuados, ya que contienen aditivos como colorantes y conservantes en cantidades elevadas, lo que puede generar efectos adversos en la salud humana (Quintana et al., 2023). Esta situación resalta la necesidad de desarrollar alimentos funcionales que no solo sean seguros y nutritivos, sino también beneficiosos para el bienestar general. En este contexto, el yogur ha sido sugerido como un marcador de calidad dietética, ya que su consumo frecuente se asocia con una mejor composición corporal, control del peso, y una reducción del riesgo de síndrome metabólico, incluyendo mejoras en la presión arterial, lípidos e insulina (Khorraminezhad et al., 2021). Además, es reconocido por su naturaleza probiótica, debido a la presencia de microorganismos benéficos que impactan positivamente la salud intestinal. Gracias a su alta palatabilidad y valor nutricional, el yogur se consume en diversas culturas como postre o como ingrediente en preparaciones culinarias (Koichiro et al., 2023).

Tradicionalmente, al yogur se le han incorporado jaleas de frutas como mora, frutilla y durazno (Quinzo, 2019), lo cual permite aprovechar las propiedades específicas de cada fruta (Muentes y Soriano, 2019), además de fomentar la industrialización de frutas subutilizadas. Tal es el caso del arazá (*Eugenia stipitata*), una fruta tropical con muy limitado uso agroindustrial en Ecuador, a pesar de su alto contenido en compuestos bioactivos (fenoles, carotenoides, vitamina C), lo que subraya su gran potencial como ingrediente funcional en alimentos (Acosta et al., 2024). El yogur es un producto lácteo fermentado a partir de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, caracterizado por contener al menos 2,5 % de grasa, 2,6 % de proteínas lácteas, una acidez titulable $\geq 0,6$ % y negativo a la actividad fosfatasa. Según el consenso de ISAPP (Marco et al., 2021), los productos lácteos que incluyen cepas de bacterias lácticas definidas como las mencionadas y compuestos bioactivos son considerados funcionales, pues proporcionan beneficios fisiológicos comprobados. Otras investigaciones han demostrado que el consumo de yogur puede favorecer la salud intestinal, mejorar el estado nutricional y contribuir a la prevención y tratamiento de la diarrea aguda, así como a la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares (Donovan et al., 2014, citado por Andrade et al., 2021). Por otra parte, diversos estudios han enfatizado la importancia de encontrar fuentes proteicas accesibles, sostenibles y de alto rendimiento, lo cual ha motivado el desarrollo de suplementos alimenticios a base de microorganismos como el alga

Chlorella (Eilam et al., 2023). Esta microalga destaca por su elevado contenido proteico, que puede alcanzar hasta el 60 % de su peso seco, y por ofrecer un perfil completo de aminoácidos esenciales, lo que la convierte en un ingrediente altamente prometedor para aplicaciones alimentarias funcionales (Zheng et al., 2024).

Además, se ha documentado que *Chlorella* contribuye al bienestar nutricional general gracias a la presencia de compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes e inmunomoduladoras (Karabulut et al., 2024). (Alcívar y Bazurto 2022) señalan que su aplicación en la industria alimentaria aún es limitada por el desconocimiento generalizado sobre sus beneficios. A pesar del avance en la formulación de alimentos funcionales, aún se observa un bajo aprovechamiento de ingredientes de origen local y sostenible en matrices fermentadas como el yogur. Esta investigación se orienta a incorporar *Chlorella* y arazá como componentes funcionales, respondiendo a la necesidad de innovar con fuentes nutritivas y ambientalmente sostenibles. Las microalgas, en particular, han sido reconocidas por su alto valor nutricional y potencial como ingredientes alimentarios versátiles (Diaz et al., 2023). El yogur aporta proteínas de alta biodisponibilidad, minerales como calcio, magnesio y zinc, y vitaminas del complejo B y D. Además, contiene cultivos vivos como *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, que pueden ser complementados con otros probióticos para mantener una microbiota intestinal saludable (Janoušek Honesová et al., 2024).

Sus características fisicoquímicas permiten la adición de compuestos bioactivos y fitoquímicos provenientes de diferentes fuentes, lo que puede modificar propiedades físicas como la textura, la viscosidad y la sinéresis, así como aspectos químicos como la acidez y los sólidos solubles totales medidos en °Brix (Bourdichon et al., 2012, citado por Camargo et al., 2022). Bajo este contexto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar los porcentajes de arazá (*Eugenia stipitata*) y alga *Chlorella* en la calidad proteica de un yogur natural, proponiendo un producto con alto valor nutricional, funcional y sensorial.

Material y métodos

El desarrollo de esta investigación se efectuó en el Taller de Procesos Lácteos y laboratorio de Bromatología del área agroindustrial de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López (ESPAM MFL).

La unidad experimental estuvo constituida por 2000 g (2 kg) de leche fermentada donde se incluyen los niveles de los factores en estudio por cada tratamiento.

Se realizó la elaboración de jalea de arazá iniciando con la recepción de la materia prima, verificando que se encuentre en buen estado y con un estado de maduración, La relación entre sólidos solubles y acidez titulable (SSC/TA) es un indicador fiable de madurez y sabor en frutos. En arazá, este índice ha sido documentado dentro del rango 1,27–1,86, con un promedio de 1,48, lo cual refleja su uso como métrica objetiva para evaluar la evolución de madurez en formulaciones fermentadas como el

yogur funcional que incorpora esta fruta (Chagas et al., 2024). El arazá contiene una alta concentración de compuestos naturales con capacidad antioxidante, presentes en su pulpa, semillas y cáscara como fenoles, carotenoides y ácido ascórbico que no solo son seguros para el consumo, sino que además brindan beneficios funcionales para la salud (Pérez et al., 2025)

Los productos lácteos, gracias a su elevada concentración de proteínas, representan una alternativa nutritiva y beneficiosa para quienes buscan mantener una alimentación equilibrada y controlar su peso y con ello mejorar la salud (Ablin, 2021, citado por Viquez-Barrantes et al., 2024)

Una vez retirada las impurezas y la cáscara de cada fruto se realizó la extracción de las semillas del fruto y se pesó aproximadamente 4.5 kg de pulpa de arazá. Al mismo tiempo se realizó el escaldado de la pulpa, adicionando la misma cantidad de agua en peso de la pulpa. Este procedimiento se efectuó a una temperatura de 70 – 72°C por 30 min. Después de realizar el escaldado se licuó a 3500 rpm por 2 min y se filtró con la intención de obtener el extracto; seguidamente se colocó en un cedazo y por presión mecánica, se obtuvo el jugo de la pulpa de arazá sobrante. En la estandarización se incorporó 1.5% de pectina y 0.6% de ácido cítrico partiendo del pH inicial del extracto de arazá. y se calculó un 40% de azúcar en relación del total de extracto, la cual estuvo dividida en tres partes para ser añadido cada 20 min. Por último, se realizó la cocción que permitió concentrar los sólidos solubles hasta lograr una concentración $\geq 65^\circ$ brix y se envasó la jalea en frascos de vidrio para el posterior almacenamiento a una temperatura entre 10 – 15°C hasta su utilización.

Por otra parte, el proceso de la elaboración de yogur se realizó con las directrices establecidas por la norma técnica ecuatoriana de servicio ecuatoriano de normalización (NTE INEN 2395), empezando con la recepción de la materia prima (leche) que ha sido estudiada bajo la norma NTE INEN 0009 por Párraga & Piloso (2020); posteriormente se filtró la leche para pasteurizarla en una pasteurizadora marca CARPIGANI, a 85°C por 15 minutos. Cuando se alcanzó una temperatura de 55 °C se añadió el azúcar (8%) junto con el estabilizante (CMC: Carboximetilcelulosa) (0.5%). Luego se realizó un enfriamiento rápido con la técnica baño maría utilizando hielo hasta alcanzar una temperatura de 42°C y se añadió el cultivo iniciador DVS-50 YF-L811 al 0,03%. Utilizando ollas de acero inoxidable, la pasta base de la leche fermentada se mantuvo a 42°C durante 3 horas. Una vez culminado el proceso de incubación, se refrigeró la leche fermentada en una cámara de refrigeración a 4°C. En cuanto al batido, se adicionaron el contenido de jalea de arazá y alga chlorella, que mostro un color verde opaco obtenidos mediante el método experimental, dando como resultado seis tratamientos con tres réplicas cada uno: T1 (5% de arazá y 0.1% de alga), T2 (5% de arazá y 0.2% de alga), T3 (7% de arazá y 0.1% de alga), T4 (7% de arazá y 0.2% de alga), T5 (9% de arazá y 0.1% de alga) y T6 (9% de arazá y 0.2% de alga) por (Barreto, 2021). Culminado el batido, el yogur se envasó en recipientes plásticos asépticos de 250 mL estando a una temperatura de entre 4 – 7°C y se conservó el producto final a una temperatura de 4°C en las cámaras de refrigeración de los talleres de lácteos del área de agroindustrial de la ESPAM MFL

Los tratamientos fueron analizados bromatológicamente a través del método de ensayo NTE INEN 12, que consiste en el método Kjeldahl donde se ejecutan tres etapas: digestión, destilación y titulación, requisito estipulado por la NTE INEN 2395:2011. Para ello se utilizaron muestras de 15 mL de yogur para cada tratamiento que fueron extraída mediante pipeta graduada con succionador de pera a una temperatura de 20 °C. Adicionalmente los datos de la variable dependiente fueron

analizados a través de un arreglo factorial AxB, analizado por la vía de un Diseño Completamente al Azar (DCA).

Análisis Estadístico

- Se efectuó los supuestos del ANOVA para las variables en estudio, normalidad con el test estadístico de Shapiro Wilk y homogeneidad con el de Levene.
- Análisis de varianza (ANOVA) para las variables que superaron los supuestos de normalidad y homogeneidad con una significancia mayor a 0.0
- Pruebas no paramétricas de Kruskal Wallis para los variables que no superaron los supuestos del ANOVA (sig. ≤ 0.05)
- Subconjuntos homogéneos no paramétricos para establecer las diferencias entre los niveles de los factores y las medias de los tratamientos.
- Prueba no paramétrica para establecer las diferencias en cuanto a la aceptabilidad sensorial de los tratamientos.

Resultados y discusión

Considerando las directrices de esta investigación se presenta la tabla 1 que representa el esquema del ANOVA para los tratamientos.

Tabla 1. Esquema del ANOVA del arreglo factorial AxB

Fuente de variación	Grado de libertad
Total	17
Factor A (Porcentaje de pulpa de arazá)	2
Factor B (Porcentaje de alga Chlorella)	1
Interacción A*B	2
Error Experimental	12

Adicionalmente se presenta la tabla 2, en donde se establecen las diferencias entre los tratamientos y el testigo se aplicó el esquema del ANOVA detallado

Tabla 2. Esquema del ANOVA para los tratamientos en estudio

Fuente de variación	Grado de libertad
Total	20
Tratamientos	6
Error Experimental	14

En el tabla 3 presenta la prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para la variable proteína, donde se demostró diferencias estadísticas significativas entre las medias de esta variable (*p-valor*. ≤ 0.05), indicando que la combinación de los niveles de los factores en estudio, influyó sobre el porcentaje de

proteína al no haber una distribución normal, pasando a analizar estos datos mediante la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis y la U de U de Mann-Whitney para los contrastes de los niveles del factor B, debido a que solo presenta dos categorías.

Tabla 3. Prueba de normalidad para los datos de proteína

Variable dependiente	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Proteína (%)	0.891	18	0.041

La prueba de hipótesis de Kruskal-Wallis para la variable proteína (tabla 4) en contraste con los niveles del Factor A (Porcentaje de jalea de arazá), indicó que no existen diferencias estadísticas significativas (*p-valor*. > 0.05.) entre las medias de proteína otorgadas por los diferentes porcentajes de jalea de arazá, reteniendo la hipótesis nula que sugiere igualdad, es decir, los distintos porcentajes de jalea de arazá utilizados en el yogur, estadísticamente no influyeron sobre esta variable dependiente.

Tabla 4. Prueba de hipótesis de Kruskal Wallis para la variable proteína en contraste con los niveles del factor A

Resumen de prueba de hipótesis			
Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de Proteína es la misma entre las categorías de Factor A (Porcentaje de jalea de arazá)	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.149	Retener la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05.			

La jalea de arazá, en sus diferentes porcentajes (5 %, 7 % y 9 %), aportó las mismas medias de proteína. Estas afirmaciones se sustentan en estudios previos sobre la conservación de frutas amazónicas, entre ellas el arazá (*Eugenia stipitata*), en productos como mermeladas, donde se reporta una media de 0.7 g de proteína por cada 25 g de producto terminado. Tales valores bajos explican por qué, en esta investigación, los diferentes porcentajes de jalea no influyeron significativamente sobre esta variable dependiente. Esto concuerda además con los datos de (Sakurai et al. 2024), quienes encontraron que la pulpa fresca de arazá contiene aproximadamente 0.20 g de proteína por cada 100 g, lo que respalda aún más la limitada contribución proteica del fruto en productos elaborados. (Velazco

2020), quien elaboró una mermelada hipocalórica de arazá y babaco, menciona que la el porcentaje de proteína del arazá como pulpa fresca, es bajo, teniendo una media de 0.66 g por cada 100 g de producto, así también lo expresa Olivares y Carvajal (2015), mismos que elaboraron un yogur de arazá bajo en calorías endulzado con stevia y sucralosa, reportando medias de proteína de 0.6 g por cada 100 g de pulpa. Lo antes expuesto tiene relación con los resultados obtenidos en esta investigación, donde la jalea de arazá no influyó en las medias generales de proteína del yogur.

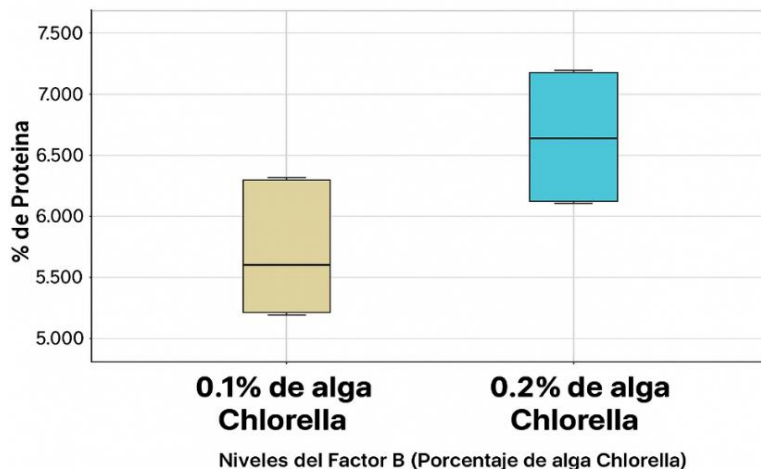
Tabla 5. Prueba de hipótesis de Kruskal Wallis para la variable proteína en contraste con los niveles del factor B.

Resumen de prueba de hipótesis			
Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1 La distribución de Proteína es la misma entre las categorías de Factor B (Porcentaje de alga <i>Chlorella</i>)	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	0.000 ¹	Rechazar la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05.			

Para establecer las diferencias ejercidas por los niveles del factor B, se aplicó un diagrama de cajas y bigotes, donde se aprecia que el nivel b₂ (0.2% de alga *Chlorella*), aportó una mayor media de proteína al yogur (7.22%), mientras que el nivel b₁ (0.1% de alga *Chlorella*), a más de presentar una mayor dispersión de datos, concedió una menor media de proteína al producto (6.15%), tal y como se lo presentan en la figura 1.

Figura 1.

Medias de proteína aportadas al yogur por los niveles del factor B.



Lo antes manifestado tiene sentido, puesto que el alga *Chlorella*, por cada 100 g en base seca, aporta aproximadamente 59 g de proteína, lo que representa más del 50 % de su peso total. Este elevado contenido proteico explica que, a pesar de los porcentajes mínimos utilizados en esta investigación para la elaboración del yogur (0.1 % y 0.2 %), se hayan observado diferencias significativas entre los tratamientos. Cabe destacar, además, que este insumo no fue sometido a procesos térmicos, por lo cual su aporte proteico se mantuvo íntegro (Bito et al., 2020). Así también lo confirma, Ardilla (2021), quien manifiesta que el alga *Chlorella*, a más de los polisacáridos (23%), lípidos (9%), oligoelementos (5%), vitaminas y aminoácidos esenciales, se destaca por su gran aporte de proteína con una media de 53%. En este sentido, los niveles del factor B, fueron determinantes en el porcentaje proteico de los tratamientos.

En cuanto a los tratamientos, la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, indicó diferencias estadísticas significativas (*p-valor*. > 0.05.), rechazando la hipótesis nula y aceptando la alternativa, es decir, los niveles de los factores en estudio, en interacción, influyeron sobre las medias de contenido de proteína (tabla 6.)

Tabla 6. Prueba de hipótesis de Kruskal Wallis para los tratamientos en estudio

Resumen de prueba de hipótesis			
Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de Proteína es la misma entre las categorías de los Tratamientos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.005	Rechazar la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05.			

Para identificar las diferencias, se aplicó la prueba de subconjuntos homogéneos, la cual categorizó a los tratamientos en diferentes casillas de acuerdo a sus medias, dejando en la casilla uno al T1 (5% de jalea + 0.1% de alga), con la menor media de proteína y al T6 (9% de jalea + 0.2% de alga) con la mayor (7.49%), tal y como se lo presenta en la tabla 7.

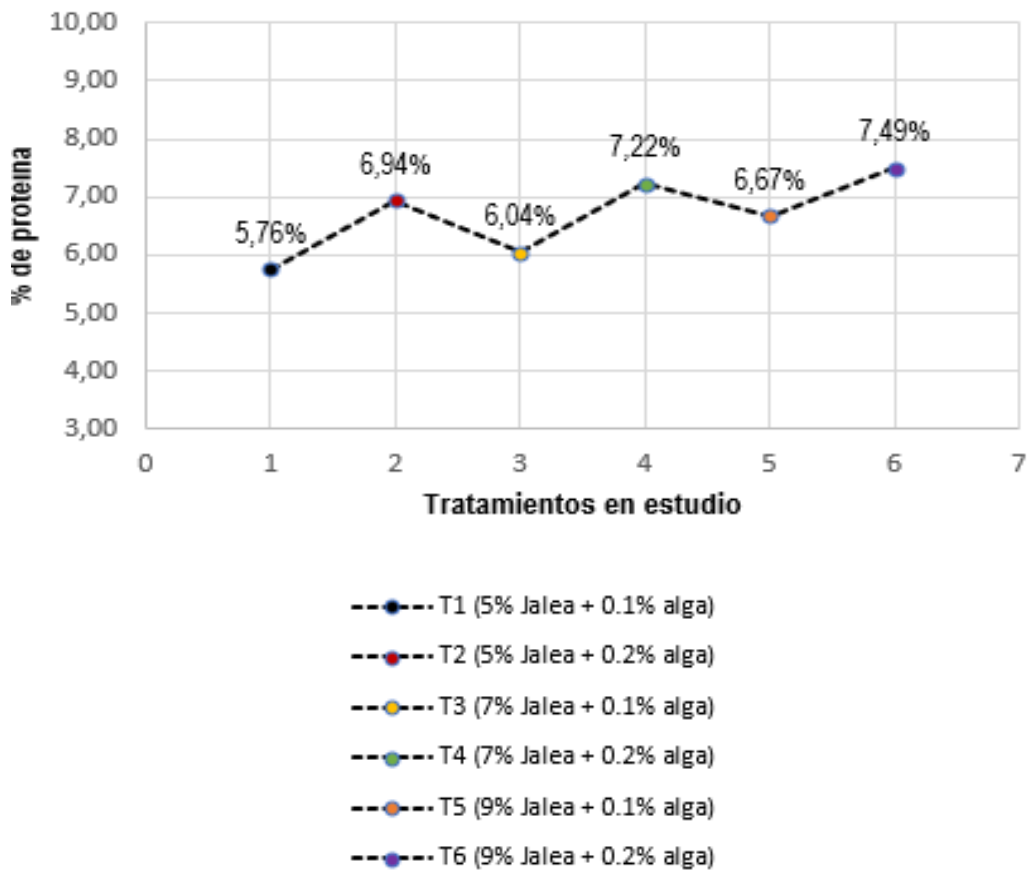
Tabla 7. Subconjuntos homogéneos basados en las medias de proteína de los tratamientos.

Tratamientos en estudio	Subconjunto					
	1	2	3	4	5	6
T1 (5% de jalea + 0.1% de alga)	5.76 %					
T3 (7% de jalea + 0.1% de alga)		6.04 %				
T5 (9% de jalea + 0.1% de alga)			6.67 %			
Muestra ¹ T2 (5% de jalea + 0.2% de alga)				6.94 %		
T4 (7% de jalea + 0.2% de alga)					7.22 %	
T6 (9% de jalea + 0.2% de alga)						7.49 %

Nota. Cada casilla muestra el rango promedio de muestras de Proteína.

Para ejemplificar de mejor manera las diferencias, en la figura 2, se presentan las medias de la variable proteína de los tratamientos, donde se observa que aquellos que en su formulación tuvieron 0.2% de alga *Chlorella*, presentaron mayor valor promedio de proteína, ratificando que los niveles del factor B, fueron determinantes.

Figura.2.
Medias de proteína para los tratamientos en estudio



Los rangos de proteína reportados entre los tratamientos fueron entre 5.76% y 7.49%, los cuales estuvieron dentro de lo establecido por la norma técnica ecuatoriana de servicio ecuatoriano de normalización NTE INEN 2395: 2011 para leches fermentadas (yogur), misma que establece como mínimo un porcentaje de 2.7% para yogures enteros. Considerando que en investigaciones como la de Olivares y Carvajal (2015) quienes desarrollaron un yogur de arazá reportando rangos de proteína entre 4.37% y 4.44%, se ratifica que las diferencias de proteína en el producto de la presente investigación, fue ejercido por el contenido de *Chlorella* y con ellos el mejor tratamiento fue T6 corroborando que el alga *Chlorella* realizó un mayor aporte de proteínas al yogur con respecto al arazá. (Infoproteico, 2024) Indican que las algas no solo representan una fuente significativa de proteínas, sino que también aportan aminoácidos esenciales comparables a los presentes en fuentes

de origen animal, como los huevos. Investigaciones previas han resaltado que ciertas especies, como *Arthrospira* y *Chlorella vulgaris*, pueden contener hasta un 60% de su peso seco en proteínas. Asimismo, se ha demostrado que la incorporación de biomasa de algas en alimentos tradicionales como el pan y el queso aumenta considerablemente su contenido proteico, sin afectar sus propiedades físico-químicas ni sensoriales

Por otra parte, Pinargote y Rosado (2021) investigaron la influencia del porcentaje de alga *Chlorella* y la temperatura en la calidad proteica de un caramelo. Concluyeron que la incorporación de esta microalga incrementó significativamente el contenido proteico del producto, evidenciando su potencial como fuente funcional de proteína de alta calidad. Estudios recientes refuerzan esta afirmación, indicando que *Chlorella vulgaris* puede aportar entre un 50 % y 70 % de proteína en peso seco y contiene un perfil completo de aminoácidos esenciales, lo que la convierte en una macromolécula nutricionalmente valiosa (García-Encinas et al., 2025)

Conclusiones

Los resultados obtenidos evidencian que la combinación de jalea de arazá y alga *Chlorella* tiene un efecto significativo sobre el contenido proteico del yogur natural. Específicamente, el tratamiento T1 (5% de jalea + 0.1% de alga) presentó la menor media de proteína, mientras que el tratamiento T6 (9% de jalea + 0.2% de alga) alcanzó la mayor media, estableciendo una tendencia clara de que el nivel b2 (0.2% de alga *Chlorella*) fue el principal factor diferenciador en el enriquecimiento proteico del producto.

Esta evidencia sugiere que la *Chlorella*, aun en bajas concentraciones, actúa como un potenciador proteico eficaz, sin alterar negativamente la matriz del yogur. Además, su combinación con jalea de arazá no solo mejora el perfil nutricional, sino que aporta características sensoriales agradables gracias a los compuestos bioactivos y volátiles presentes en el fruto, mejorando el sabor y aroma del producto final.

Desde el punto de vista tecnológico, la incorporación simultánea de jalea y microalga fue compatible con el proceso fermentativo, sin afectar la estabilidad ni la textura del yogur. Este aspecto es fundamental para la escalabilidad industrial y para garantizar la aceptación del consumidor. Asimismo, los tratamientos con mayor concentración de alga mostraron mayor potencial como alimentos funcionales, considerando los beneficios atribuidos a la *Chlorella* en términos de aporte proteico, perfil de aminoácidos y capacidad antioxidante.

El uso combinado de jalea de arazá y alga *Chlorella* permite formular yogures con valor agregado, adecuados para consumidores que buscan alimentos más saludables, con ingredientes naturales y propiedades funcionales. Este estudio abre nuevas posibilidades para la innovación en productos lácteos fermentados tropicales y representa una alternativa viable para fortalecer la seguridad alimentaria mediante el aprovechamiento de insumos locales con alto valor nutricional.

Declaración de Autoría CRediT

En el presente estudio, la conceptualización fue llevada a cabo por Guilber Enrique Vergara Vélez, quien propuso la idea del estudio y definió los objetivos de la investigación. La metodología fue diseñada por Guilber Enrique Vergara Vélez y Flor Marena Peñarrieta Loor, quienes estructuraron el proceso experimental y la recolección de datos. La validación de resultados fue realizada por Guilber Enrique Vergara Vélez, garantizando la confiabilidad del análisis. El análisis formal fue ejecutado por Flor Marena Peñarrieta Loor, aplicando herramientas estadísticas para la interpretación de los datos.

La fase de investigación experimental fue desarrollada por Melany Cristina Calderón Ganchozo y Flor Marena Peñarrieta Loor, incluyendo la elaboración del yogur y los tratamientos respectivos. Los recursos e insumos para el desarrollo de la investigación fueron gestionados por Melany Cristina Calderón Ganchozo. La curación de datos y organización de resultados fue realizada por Flor Marena Peñarrieta Loor, mientras que la redacción del borrador original del manuscrito estuvo a cargo de Melany Cristina Calderón Ganchozo. La revisión y edición final del documento fue llevada a cabo por los tres autores de forma colaborativa. La supervisión académica y dirección del proyecto estuvo a cargo de Guilber Enrique Vergara Vélez, quien también coordinó el cumplimiento de los requisitos técnicos y científicos del estudio. No fue necesaria la adquisición de fondos externos para esta investigación.

Declaración de intereses contrapuestos

Los autores declaran que no tienen intereses financieros en conflicto ni relaciones personales conocidas que pudieran haber influido en el trabajo presentado en este artículo.

Disponibilidad de datos

Los conjuntos de datos generados y/o analizados durante el estudio actual están disponibles del autor correspondiente a solicitud razonable.

Agradecimientos y financiamiento

Este estudio no recibió ninguna subvención específica de ninguna agencia de financiación del sector público, comercial o sin fines de lucro.

Referencias

Acosta-Vega, L., Moreno, D. A., & Cuéllar Álvarez, L. N. (2024). Arazá: *Eugenia stipitata* Mc Vaught as a Potential Functional Food. *Foods (Basel, Switzerland)*, 13(15), 2310. <https://doi.org/10.3390/foods13152310>

- Alcívar, J., & Bazurto, Y. 2022. Evaluación fisicoquímica, bromatológica, microbiológica y sensorial de una bebida energizante a partir de alga chlorellay pulpa de Borojó. Tesis, Ingeniería Agroindustrial, ESPAM MFL. Calceta-Manabí. EC.
- Ardilla, C. 2021. Desarrollo de una pasta con salsa de queso incorporando la microalga espirulina máxima (*Chlorella vulgaris*) como posible fuente de proteína y ácidos grasos. Tesis de pregrado. Facultad de Ciencias sociales humanidades y artes. UNAB. Bucaramanga. Colombia.
- Ana Alice Andrade Oliveira, A. C., Sabrina Carvalho Bastos, J. P., & Arlindo Curzi Júnior, A. C. (2021). Uso de sabores naturales de fresa y vainilla para la reducción de azúcar: Un estudio sensorial dinámico con yogur. *Elsevier*(139). doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109972>
- Ángel Camargo, C. B., & Carolina Gutiérrez-Cortés, C. N. (2022). Bioyogur con inclusión de fitoquímicos de zanahoria (*Daucus carota*): una estrategia en el diseño de una bebida láctea funcional con probióticos. *Revista de Ciencia y Tecnología de los Alimentos -Mysore*, 60(9). doi:DOI: 10.1007/s13197-022-05510-4
- Barreto Arteaga, A. J. (2021). Evaluación de diferentes dosis de lactosuero dulce y pulpa liofilizada de guayaba (*Psidium guajava*) en una bebida láctea fermentada funcional. *agris.fao.org*.
- Claudia Cristina Pérez Jaramillo, J. J., & ceth N. Cuéllar Álvarez, W. M. (2025). Bioactive Potential of Arazá (*Eugenia stipitata*) Seeds: Hypoglycemic, Antiradical, and Nutritional Properties. *Plants*, 14(11), 1662. doi:<https://doi.org/10.3390/plants14111662>
- Crisandra J. Diaz, K. D., Kang K, K. K., Kolarik AL, M. R., Torres-Tiji Y, M. J., & Badary A, M. S. (2023). Developing algae as a sustainable food source. *Frontiers in nutrition*, 9. doi:10.3389/fnut.2022.1029841
- Diana Viquez-Barrantes, D. C.-G., & Ana Isabel Incer-González, M. C.-M. (2024). Ingredientes funcionales y productos lácteos innovadores: Revisión científica. *Agronomía Mesoamericana*, 35. doi:<http://dx.doi.org/10.15517/am.2024.60627>
- Eilam Y, K. H., & Pintel N, A. D. (2023). Microalgae—Sustainable Source for Alternative Proteins and Functional Ingredients Promoting Gut and Liver Health. *Global Challenges*, 7(5). doi:10.1002/gch2.202200177
- Infoproteico. (26 de abril de 2024). *Algas como Superalimento Proteico: Potencial Sostenible en la Industria de la Panadería y los Lácteos*. Obtenido de <https://infoproteico.com/estudios/algas-como-superalimento-proteico-potencial-sostenible-en-la-industria-de-la-panaderia-y-los-lacteos/>
- Juan Pablo García-Encinas, S. R.-C., Jousé Juárez, J. d.-P., & Carmen Lizette Del Toro-Sánchez, E. M.-R. (2025). Proteins from Microalgae: Nutritional, Functional and Bioactive Properties. *Foods*, 14(6), 921. doi:<https://doi.org/10.3390/foods14060921>

- Karabulut Gulsah, A. P., & Gökşen, G. (2024). Recent developments and challenges in algal protein and peptide extraction strategies, functional and technological properties, bioaccessibility, and commercial applications. *Compr Rev Food Sci Food Saf E13372.*, 23(3). doi:10.1111/1541-4337.13372
- Koichiro Sumi, R. T., Kae Yamazaki, K. N., Takefumi Ichimura, C. S., & Nakazato, a. K. (2023). Nutritional Value of Yogurt as a Protein Source:. *nutrients*, 15(20). doi:4366; https://doi.org/10.3390/nu15204366
- Khorraminezhad L, Rudkowska I (2021). Effect of Yogurt Consumption on Metabolic Syndrome Risk Factors: a Narrative Review. *Current nutrition reports*, 10(1), 83–92. https://doi.org/10.1007/s13668-020-00344-y
- Marco ML, S. M., Gänzle M, A. M., Hill C, H. W., Lebeer S, M. D., Reid G, W. B., & R., H. (2021). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on fermented foods. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 18(3), 196-208. doi:10.1038/s41575-020-00390-5
- Pollyana Cardoso Chagas, E. A., & Ariel, E. (2024). Genetic diversity of *Eugenia stipitate* based on the physical and physicochemical characteristics of the fruits in tropical conditions. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 46(2). doi:10.1590/0100-29452024276
- Quinzo, K. (2019). Desarrollo de una fórmula para elaborar yogur artesanal de dos sabores: aguacate (*Persea americana* Mill) y ciruela (*Spondias purpurea* L.). Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/12537/1/T-UCSG-PRE-TEC-CIA-48.pdf>
- Simona Janoušek Honesová, E. S., Eva Dadáková, L. H., Markéta Jarošová, K. R., & Bárta, a. J. (2024). Effect of Skimmed Milk Powder and Fruit Jams Addition on the. *Fermentation*, 10(9). doi:https://doi.org/10.3390/fermentation10090462
- Muentes, M., & Soriano, A. 2019. Producción, comercialización y exportación de una conserva de mango con líquido de cobertura de maracuyá sin azúcar añadido, elaborada con recursos obtenidos de la comuna “Las Balsas”. Tesis. Agronegocios Sostenibles. ESPOL. Guayaquil. Ecuador.
- NTE INEN 2395.2011. Leches fermentadas. Requisitos.
- Olivares, M., & Carvajal, M. 2015. Desarrollo de un Yogur de Arazá Bajo en Calorías Endulzado con Stevia y Sucralosa”. Tesis. Ingeniería en Alimentos. ESPOL. Guayaquil. Ecuador.
- Párraga, R., & Piloso, K. 2020. Evaluación fisicoquímica del lactosuero obtenido del queso fresco pasteurizado producido en el taller de procesos lácteos en la Espam “MFL”. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, 10(01). DOI: <https://doi.org/10.5377/elhigo.v10i1.9921>
- Pinargote, J., & Rosado, R. 2021. Influencia del porcentaje de alga *chlorella* y temperatura en la calidad proteica y sensorial de un caramelo. ESPAM. Calceta-Manabí. Ecuador.
- Quintana, L., Caicedo, P., & Álvarez, D. A. A. (2023). Aditivos alimentarios: aspectos de regulación y seguridad de los colorantes un enfoque desde la legislación ecuatoriana. *Reciena*, 3(1), 26-34.
- Quinzo, K. 2019. Desarrollo de una fórmula para elaborar yogur artesanal de dos sabores: aguacate

- (Persea americana Mill) y ciruela (Spondias purpurea L.). Tesis. UCSG. Guayaquil. Ecuador.
- Tomohiro Bito, E. O., & Masaki Fujishima, F. W. (2020). Potential of Chlorella as a Dietary Supplement to Promote Human Health. *Nutrients*, 12(9), 2524. doi:10.3390/nu12092524
- Velazco, A. 2020. Elaboración de mermelada hipocalórica de arazá y babaco utilizando diferentes niveles de Stevia (Stevia rebaudiana). Tesis. Ingeniería en Industrias Pecuarias. ESPOCH. Riobamba. Ecuador.
- Xuechao Zheng, L. C., Lei Yin, H. R., Haowang Zheng, C. X., & Hao, J. (2024). Application and prospect of microbial food Chlorella. *Heliyon*, 10(18). doi:https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37025
- Yasmin Caroline Nóvoa Sakurai, I. V., Nelson Rosa Ferreira, S. G., & Luiza Helena Meller da Silva, A. M. (2024). Preparation and Characterization of Natural Deep Eutectic Solvents (NADESs): Application in the Extraction of Phenolic Compounds from Araza Pulp (Eugenia stipitata). *Foods*, 13(13), 1983. doi: https://doi.org/10.3390/foods13131983

Semblanza autores

Cristina Calderón Ganchozo: Ingeniera Agroindustrial, graduada en la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López" con experiencia; en procesos lácteos, cárnicos, laboratorio de microbiología y manejo en postcosecha y perfiles de cacao fino de aroma en la Cooperación Fortaleza del Valle – Manabí- Ecuador.

Flor Marena Peñarrieta Loor: Ingeniera Agroindustrial, graduada en la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López" con experiencia; en procesos lácteos, cárnicos, talleres y laboratorio de bromatología y química de la ESPAM MFL– Manabí- Ecuador.

Guilber Enrique Vergara Vélez: Ingeniero Agroindustrial, Master universitario en zootecnia y gestión sostenible: ganadería ecología integrada -Universidad de Córdoba – Córdoba- España, Magister en matemática - Universidad Técnica de Manabí - Portoviejo – Ecuador. Docente Investigador en la Carrera de Agroindustrias de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López". Línea de investigación: estudio de las actividades de las enzimas, procesamientos de alimentos, desarrollos de teorías en matemáticas y aplicaciones.