

Artículo Original

# Efecto de la pulpa de Carao (*Cassia grandis* L.) en las propiedades sensoriales y nutricionales del yogur de leche caprina

*Effect of carao pulp (cassia grandis L.) On the sensory and nutritional properties of goat milk yogurt*

Josefa Tejeda Romero

Facultad de Ciencias Tecnológicas, Universidad Nacional de Agricultura,  
Catacamas, Olancho, Honduras

 ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7296-6662>

Keisy Peralta Matute

Facultad de Ciencias Tecnológicas, Universidad Nacional de Agricultura,  
Catacamas, Olancho, Honduras

 ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3520-3859>

José Moncada Giron

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Agricultura,  
Catacamas, Olancho, Honduras

 ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2071-0041>

Alejandro Barahona Herrera

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Agricultura,  
Catacamas, Olancho, Honduras

 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4014-6808>

Brandy Nathaly Turcios Matute

Facultad de Ciencias Tecnológicas, Universidad Nacional de Agricultura,  
Catacamas, Olancho, Honduras

 ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1948-4418>

Jhunion Marcía Fuentes\*

Facultad de Ciencias Tecnológicas, Universidad Nacional de Agricultura,  
Catacamas, Olancho, Honduras

 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8169-4523>

\*Autor correspondiente: [jmarcia@unag.edu.hn](mailto:jmarcia@unag.edu.hn)

**Recepción:** abril de 2026. **Aceptación:** mayo de 2026. **Publicación:** junio de 2026.

**Como citar:** Tejeda Romero, J., Peralta Matute, K., Moncada Girón, J., Barahona Herrera, A., Turcios Matute, B. N., & Marcía Fuentes, J. (2026). Efecto de la pulpa de Carao (*Cassia grandis* L.) en las propiedades sensoriales y nutricionales del yogur de leche caprina. *TATASCÁN*, 34 (1), 49–56. <https://doi.org/10.5377/tatascn.v34i1.22938>

**Resumen:** fisicoquímicos, microbiológicos, sensoriales y nutricionales. Se diseñaron tratamientos con distintas concentraciones de carao (0%, 1.5%, 3% y 4.5%) y se midieron parámetros como pH, acidez, sólidos solubles, seguridad microbiológica, aceptación sensorial e índice de aceptabilidad. Los resultados indicaron que el tratamiento con 4.5% de carao (T3) presentó valores óptimos de pH (4.59), acidez (0.91%) y sólidos solubles (13.9°Brix), dentro de los estándares establecidos por el RTCA (2025) y Codex Alimentarius. El análisis microbiológico confirmó la ausencia de *E. coli* y coliformes totales por debajo de los límites permitidos, garantizando la inocuidad del producto. La evaluación sensorial reveló mayor preferencia por los yogures con adición de carao, especialmente T3, destacando en aroma, color, textura y sabor. El índice de aceptabilidad de T3 superó el 70% en todos los atributos sensoriales. Finalmente, el análisis bromatológico del tratamiento más aceptado mostró un perfil nutricional balanceado, con buena proporción de energía, carbohidratos, fibra y compuestos funcionales. Por lo anterior, se concluye que el carao representa una alternativa viable para el desarrollo de yogures funcionales con propiedades nutricionales mejoradas y alta aceptabilidad.

**Palabras clave:** yogur funcional, carao, leche caprina, análisis sensorial, calidad nutricional.

**Abstract:** The present study evaluated the effect of incorporating carao (*Cassia grandis*) in yogurts made with goat's milk, through physicochemical, microbiological, sensory and nutritional analysis. Treatments were designed with different concentrations of

carao (0%, 1.5%, 3% and 4.5%) and parameters such as pH, acidity, soluble solids, microbiological safety, sensory acceptance and acceptability index were measured. The results indicated that the treatment with 4.5% carao (T3) presented optimal values of pH (4.59), acidity (0.91%) and soluble solids (13.9°Brix), within the standards established by the RTCA (2025) and Codex Alimentarius. The microbiological analysis confirmed the absence of *E. coli* and total coliforms below the permitted limits, guaranteeing the safety of the product. The sensory evaluation revealed a greater preference for yogurts with carao addition, especially T3, highlighting in aroma, color, texture and flavor. The acceptability index of T3 exceeded 70% in all sensory attributes. Finally, the bromatological analysis of the most accepted treatment showed a balanced nutritional profile with good ratio of energy, carbohydrates, fiber and functional compounds. Therefore, it is concluded that carao represents a viable alternative for the development of functional yogurts with improved nutritional properties and high acceptability.

**Keywords:** functional yogurt, carao, goat milk, sensory analysis, nutritional quality.

## INTRODUCCIÓN

La inseguridad alimentaria representa uno de los desafíos más apremiantes a nivel global (Agudelo Ibáñez, 2023). De acuerdo con estimaciones recientes, aproximadamente una de cada tres personas sufre algún tipo de malnutrición, ya sea por deficiencia de micronutrientes, desnutrición calórica o, en el otro extremo, por enfermedades vinculadas al sobrepeso y la obesidad (Ramírez, Vargas, & Cárdenas, 2020). En el caso de Honduras, esta problemática adquiere dimensiones preocupantes y configura un escenario de crisis humanitaria sostenida, que afecta de manera particular a grupos vulnerables como la niñez, las mujeres embarazadas y las comunidades rurales (Nazar-Herrera, 2022). Ante esta realidad, la búsqueda de alternativas nutricionales accesibles y funcionales cobra especial relevancia, una estrategia viable consiste en la fortificación de alimentos a través de la incorporación de ingredientes con propiedades bioactivas que mejoren tanto el valor nutricional como las características sensoriales de los productos (Marcía Fuentes, y otros, 2025). En este contexto, la *Cassia grandis*, es una planta de uso tradicional en la medicina natural, ha sido objeto de creciente interés científico por su contenido de compuestos antioxidantes, proteínas, minerales y fibra dietética (Marcía Fuentes, y otros, 2023a). Diversas investigaciones resaltan su potencial nutracéutico, con efectos preventivos frente a enfermedades como la anemia, la diabetes y ciertos tipos de cáncer (Marcía Fuentes, y otros, 2023b).

Por otra parte, la leche de cabra se ha posicionado como una alternativa nutricional de alto valor, especialmente cuando es transformada en productos fermentados como el yogur (Gaspata & Naula, 2024). Su perfil composicional la hace más digestible que la leche de vaca, debido a la menor presencia de aglutinina, lo que facilita la absorción de lípidos y la hace adecuada para personas con sensibilidad digestiva (Correa Rodríguez, 2023). La fermentación con bacterias lácticas no solo mejora su digestibilidad, sino que también incrementa su valor probiótico, lo cual puede favorecer el equilibrio del microbiota intestinal y reforzar el sistema inmunológico (Marcía Fuentes, y otros, 2024).

En el caso específico de Honduras, la malnutrición continúa siendo una amenaza persistente para el desarrollo humano, con una proporción significativa de niños menores de cinco años con retraso en el crecimiento como consecuencia de deficiencias nutricionales crónicas (Guacho, y otros, 2023). Esta situación refleja no solo un problema de acceso a alimentos, sino también la falta de diversidad en la dieta y la limitada disponibilidad de productos funcionales adaptados al contexto local (San Martín, 2023).

La *Cassia grandis*, conocida comúnmente como carao, destaca por su alto contenido de hierro, calcio y compuestos fenólicos con actividad antioxidante (Alemán, y otros, 2023a). Su uso tradicional como tónico nutritivo se complementa hoy con evidencia científica que respalda su incorporación en matrices alimenticias como harinas, jugos o productos lácteos fermentados (Marcía, y otros, 2023a). Su sabor dulce natural permite su inclusión sin necesidad de aditivos artificiales, lo cual la convierte en una opción viable para el desarrollo de alimentos funcionales a nivel comunitario y comercial (Montero-Fernández, y otros, 2025).

Asimismo, la leche de cabra representa una fuente proteica y mineral altamente aprovechable, con particular utilidad en dietas infantiles, geriátricas o terapéuticas (Álvarez-Figueroa, y otros, 2022). Su combinación con ingredientes locales como la *Cassia grandis* abre nuevas posibilidades en el diseño de productos innovadores, nutricionalmente balanceados y culturalmente aceptables, que pueden contribuir significativamente a la mejora del estado nutricional de la población hondureña (Marcía, y otros, 2023c).

Para su alcance, el objetivo fue evaluar la adición del polvo de carao sobre las características sensoriales y nutricionales del yogur elaborado a partir de leche de cabra.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Obtención del material bioactivo

Para el desarrollo de la investigación, se empleó como ingrediente bioactivo pulpa de carao de la variedad *Cassia grandis*, la cual fue recolectada en el Municipio de Catacamas, Departamento de Olancho, Honduras. El fruto se separó de forma manual en pulpa, corteza y semilla, posteriormente la pulpa se deshidrató en un horno (Labconco tipo flujo convectivo, Barcelona, España) a 50°C durante 72 h, siguiendo la metodología propuesta por Marcía y otros., (2020) con ligeras modificaciones.

### Metodología de la investigación

Para su alcance se realizó cuatro fases experimentales, descritas a continuación;

#### Etapas I. Formulación y desarrollo de yogur fortificado con carao

En esta fase de elaboración de yogur fortificado, se utilizó la metodología propuesta por Medina, y otros (2023); para el aprovechamiento como fortificante del polvo de carao en distintas concentraciones; 0% (T1) que representa el control, 1.5% (T2), 3% (T3) y 4.5% (T4). El desarrollo del yogur fortificado con carao (*Cassia grandis*) se llevó a cabo, mediante métodos convencionales de preparación con un enfoque innovador que realza las propiedades funcionales de este fruto. El proceso comenzó con la selección de carao maduro y en óptimas condiciones, sin daños mecánicos, seguidamente de su limpieza y posteriormente su extracción de la pulpa mediante deshidratación como método de conservación, maceración, triturado y tamizado. La leche de cabra se pasteurizó, y posteriormente se incorporó con el cultivo láctico mixto YC-X11 (ASEAL, Honduras) que es un cultivo compuesto por; *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. Culminado el proceso, se procedió a mezclar cuidadosamente el polvo de carao en un homogenizador de paleta (Akralab, Bagmixer 400cc, Alicante, España) para preservar su sabor y textura característica. El proceso incluyó etapas fundamentales, como la pasteurización de leche de cabra para garantizar su inocuidad, posteriormente se adicionó el cultivo láctico que permitió una fermentación controlada a 40°C, donde se alcanzó un pH óptimo del

proceso (i.e. 4 a 5) logrando de esta manera la acidez característica del yogur. Posteriormente se llevó a refrigeración durante un periodo de 12 horas, finalmente se le incorporo el polvo de carao en concentración de 1.5%, 3%, 4.5% más el control, garantizando las condiciones asépticas y evitando defectos sensoriales, cada tratamiento fue homogenizado durante 30 min, se envaso en envases de vidrio, finalmente se almaceno a temperatura de refrigeración entre 5 a 8° C (Parra, 2017).

**Etapa II.** Características fisicoquímicas y microbiológicas de las formulaciones

Se evaluaron parámetros de pH, acidez titulable, y solidos solubles (°Brix) para cada uno de los tratamientos de prueba (Ferreira, y otros, 2019). El pH fue medido utilizando un potenciometro con escala de 0 a 14 (Eutech Instruments, Frankfurt, Alemania). La acidez titulable se realizó utilizando la técnica descrita por Meza Taipe (2020); a partir de una muestra de 5 mL de yogur en un matraz de 250 mL, y se le agregó agua destilada para diluir la muestra, posteriormente, se agito y se añadió 3 gotas de fenolftaleína al 1%, y finalmente se procedió a titular con NaOH (Hidroxido de Sodio) al 0.1 N hasta la aparición de la coloración rosado tenue en la muestra, el resultado de la acidez se expresó en porcentaje de ácido láctico con la siguiente ecuación:

**Ecuación 1**

$$\% \text{ Acides} = \frac{(\text{mL de NaOH}) * (\text{Normalidad del NaOH}) * 9 * 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

**Fuente:** % Acides (Meza & Taipe, 2020).

Los sólidos solubles (°Brix) se determinarán mediante un refractómetro digital (Milwaukee, MA887, California, USA) con escala de 0 a 90°Bx, a traves de la metodología propuesta por Yanez, y otros, (2020); a partir de 5 mL de yogur en un vaso de precipitados de 150 mL a temperatura ambiente, se extrajo una gota de la muestra con un gotero y se colocó la gota en el lente del refractómetro digital se esperó unos minutos y se tomó lectura. Para el análisis microbiológicos se empleo un conteo de Unidades Formadoras de Colonia (UFC) y realizo un recuento de coliformes totales. Para los dos tipos de análisis, se utiliza la técnica Pour Plate o vertido en placa decrita por Dos Ramos, y otros (2020).

**Etapa III.** Evaluación sensorial de yogur con carao

El análisis sensorial puede definirse como el conjunto de técnicas de medida y evaluación de determinadas propiedades de los alimentos por uno o más de los sentidos humanos, esto es con el fin de predecir la aceptabilidad del consumidor (Lawless & Heymann, 2010). En esta etapa se llevó a cabo la evaluación de las diferentes muestras de de yogur con carao que se describían en el desarrollo en la primera etapa. Se realizo un diseño completamente aleatorizado (DCA) donde el factor de estudio fue la concentración de carao en polvo en porcentajes de 0%, 1.5%, 3%, 4.5% y una muestra control. Las variables que se evaluaron en consumidores son color, olor, sabor, textura y aceptabilidad general, a partir de 75 jucios (Aleman, y otros, 2023b; Mendoza, y otros, 2023).

**Etapa IV:** Análisis químico de la formula optimizada

Se empleo un análisis químico a la formula optimizada para determinar la composición nutricional, utilizando el método descrito por la AOAC International (2019), para determinar los principales componentes nutricionales como; grasa total, carbohidratos, fibra dietetica, proteína, humedad, cenizas, energía y minerales como el sodio (Riveiro, y otros, 2020; Saravia y otros, 2020).

**Análisis estadístico**

Para la optimización de los resultados, se empleo el programa estadístico SPSS versión 27 a partir de pruebas descriptivas, estadigrafos con una confianza del 95% y pruebas de comparaciones multiples de Tukey con p-valor de 0.05, siguiendo la metodología propuesta por Marcía, y otros (2020) con ligeras modificaciones.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis fisicoquímico y microbiológico del yogur fortificado con carao

A traves de pruebas fisicoquímicas a las muestras de yogur fortificado con diferentes concentraciones de carao, se le determino el potencial de hidrogeno, acidez y solidos solubles.

**Tabla 1.**  
 Análisis fisicoquímicos

Tratamiento	Propiedades Fisicoquímicas		
	PH	Acidez	Grados Brix
T	4.16±0.01b	0.99±0.01a	12.6±0.09b
T1	4.51±0.01b	0.82±0.01c	12.7±0.09b
T2	4.53±0.01b	0.83±0.01b	13.5±0.09a
T3	4.59±0.01a	0.91±0.01a	13.9±0.09a

**Nota:** \*Media ± Desviación. \*\*Letras diferentes en la misma columna, indican diferencias significativas a partir de pruebas de Tukey (p >0.05). \*\*\*(T1) Muestra control, 0 g de carao. (T2) yogur con 1.5 g de carao, (T3) yogur con 3 g de carao, (T4) yogur con 4.5 g de carao.

En la Tabla 1, se dan a conocer los parámetros fisicoquímicos de los tratamientos de prueba. Entre estos resultados se encuentra la acidez, que se mostro dentro de los rangos del Reglamento Técnico Centro Americano (2025) bajo la normativa RTCA 67.04.79:23 ICS 67.100.10, con una acidez que oscila mayor a 0.6 y menor a 1.5 y respecto al pH este debe mantenerse en el rango igual o



menor a 4.6. En cuanto al contenido de sólidos solubles, se resalta que los tratamientos están dentro de la normativa Codex (17°-18°Bx) (Pineda y otros, 2024). Estos resultados coinciden con lo reportado por Medina y otros (2023); quienes afirman que la incorporación de carao en la elaboración de un yogur modifica las características fisicoquímicas del producto final, obteniendo valores entre 4 y 5 pH, acidez por debajo de 1 y sólidos solubles entre 12 y 13° Bx. Sin embargo, es necesario considerar la optimización del proceso fermentativo donde se estandarizan el binomio de temperatura y tiempo, para favorecer a sus atributos funcionales y sensoriales (Coronel, 2018; Mendoza, Guerrero, Herrera, 2021).

### Análisis microbiológicos del yogur

La tabla 2 y tabla 3, muestra el análisis microbiológico determinado que el contenido de *E. coli* y coliformes totales en las muestras de yogur, están dentro del rango permitido del Codex a partir de principios y directrices para el establecimiento y la aplicación de criterios microbiológicos relativos a los alimentos (Codex, 1997).

**Tabla 2.**

*Resultados del recuento de unidades formadoras de colonias por gramo de E. coli y coliformes totales*

<i>E. coli</i>	Coliformes totales
Ausente	< 10 UFC/g

Nota: Elaboración propia

**Tabla 3.**

*Referencia del RTCA para criterios microbiológicos del límite permitido de UFC/g para E. coli y coliformes totales*

1.10 Subgrupo del alimento:

Parámetro	Categoría	Tipo de Riesgo	Límite Máximo permitido
<i>Escherichia coli</i>	6	A	< 3 NMP/g
Coliformes totales	5	A	10 UFC/g

Nota: Elaboración propia

Según datos del Reglamento Técnico Centro Americano, (2025) (RTCA 67.04.79:23 ICS 67.100.10), presenta en la **Tabla 3.** los límites microbiológicos para *E. coli* y coliformes totales en alimentos son estrictos: para *E. coli*, el máximo permitido es <3 NMP/g, mientras que para los coliformes totales es de <10 UFC/g. Estos límites garantizan que los productos alimenticios no presenten riesgos microbiológicos graves, ya que la presencia de *E. coli* indica contaminación fecal, y los coliformes totales son un indicador general de condiciones de higiene deficientes. En los resultados de la Tabla 2, donde *E. coli* está ausente y los coliformes totales se encuentran por debajo del umbral permitido, el producto cumple con los estándares de seguridad, asegurando su inocuidad para el consumo.

### Evaluaciones sensoriales del yogur

Mediante la aplicación de pruebas sensoriales se recopilaron los datos necesarios para evaluar el nivel de agrado de las diferentes muestras de yogur. Utilizando el programa estadístico SPSS versión 27, se determinó la existencia o ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados.

La **Tabla 4.** muestra los resultados de la comparación de medias para los atributos sensoriales evaluados, incluyendo color, olor, textura, sabor y aceptación general.

**Tabla 4.**

*Comparación de medias para atributos sensoriales de los tratamientos de yogur con adición de carao*

Tratamientos	Aroma	Color	Textura	Sabor	Aceptación General
T	4.49±2.31b	4.75±2.73b	4.27±2.16b	4.28±2.44b	4.6±2.39b
T1	6.40±1.80a	6.44±1.96a	5.95±1.85a	5.88±2.22a	6.37±1.8a
T2	6.25±1.81a	6.55±1.94a	6.13±1.81a	5.99±2.08a	6.45±1.76a
T3	6.65±1.89a	6.67±1.99a	6.43±1.88a	6.28±1.81a	6.65±1.73a

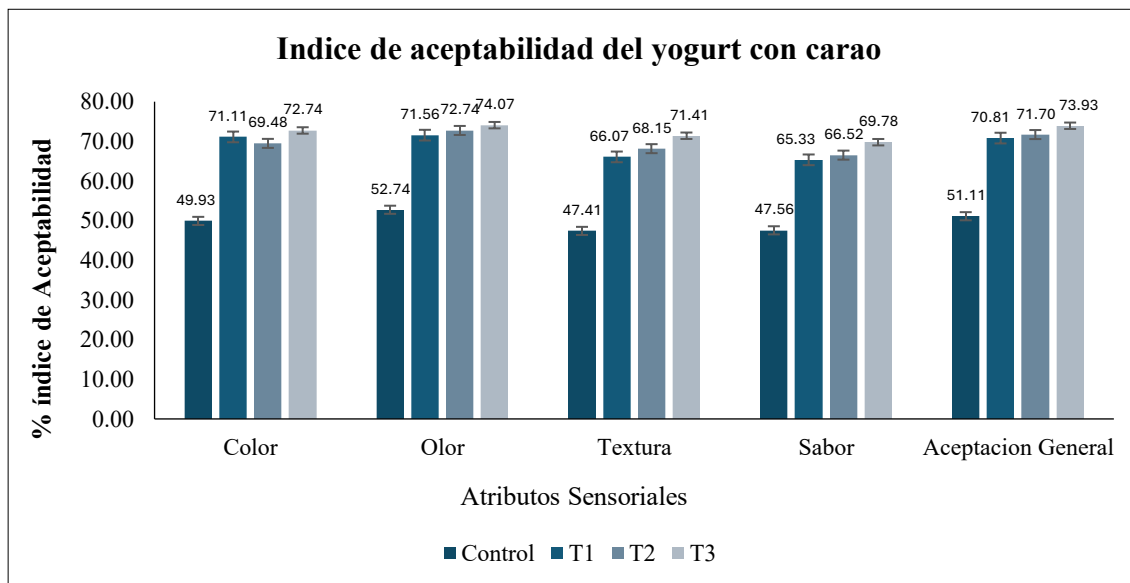
Nota: \*Media ± Desviación. \*\*Letras diferentes en la misma columna, indican diferencias significativas a partir de pruebas de Tukey (p > 0.05). \*\*\*(T1) Muestra control, 0 g de carao. (T2) yogur con 1.5 g de carao, (T3) yogur con 3 g de carao, (T4) yogur con 4.5 g de carao.

La Tabla 4, muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial, evidenciando que no hubo diferencias estadísticas entre las muestras con adición de carao, no obstante, estas superaron los valores obtenidos del control. Por esta razón, con relación a su calidad e impacto sensorial, es posible su incorporación en el desarrollo de una bebida funcional tipo yogur, ya que el carao es el responsable de mejorar el color y el sabor en esta bebida, de igual manera por su contenido de biomoléculas aporta efectos benéficos en la salud del consumidor (Marcía, y otros, 2023c; Marcía, y otros, 2023d).

### Índice de aceptabilidad

El índice de aceptabilidad es una medida cuantitativa para determinar el nivel de aprobación o aceptación de un producto alimenticio. Este índice se calcula en base a la proporción de respuestas positivas o de conformidad con el total de respuestas realizadas. Este es basado en la puntuación hedónica para determinar una calificación y se utiliza para categorizar los alimentos o productos alimenticios como aceptables y no aceptables (Huey, y otros, 2024).

**Figura 1.**  
 Índice de aceptabilidad del yogurt con adición de carao



\*Aceptabilidad entre los tratamientos a partir de variables sensoriales  
 Nota: Elaboración propia

En la figura 1, se presentan los valores del índice de aceptabilidad (IA), los resultados obtenidos muestran que los tratamientos (T1, T2, T3) presentaron una mayor aceptabilidad en todos los atributos en comparación con el control. Destacándose principalmente el T3 con 4.5% de carao, con los cuatro parámetros (72.74%) color, (74.07%) olor, (71.41%) textura, (69.78%) sabor, y su aceptación general (73.93%). Esto sugiere que la adición de carao mejora significativamente la percepción sensorial del yogur de leche caprina.

### Análisis bromatológico Proximal de etiquetado nutricional.

La Tabla 5, muestra el análisis nutricional de la fórmula con mayor aceptabilidad que consiste en el T3 con 4.5% de carao incorporado en un yogur elaborado a partir de leche caprina, los resultados obtenidos resaltan que este tratamiento muestra un perfil equilibrado en cuanto sus componentes principales, energía con 126.50 kcal/100g, grasa total (4.55 g/100g), sodio (193.98mg/100g), carbohidratos totales (14.14g/100g), fibra total (1.36g/100g), azúcar (17.48g/100g), proteína (2.01g/100g), humedad (76.86%/100g) y cenizas (1.09g/100g). Estos resultados son consistentes con otros estudios donde la incorporación de ingredientes funcionales como el carao en matrices lácteas mejora el valor nutricional y la aceptabilidad sensorial del producto (Barros, y otros, 2020; Andrade, y otros, 2022; Marcía, y otros, 2023c).

**Tabla 5.**  
*Resultados de Análisis Nutricional de yogur*

Resultados de Análisis Nutricional			
Análisis	Unidad	Resultados	Método de Análisis
Energía	kcal/100g	126.50	21CRF101.9, Bomba calorimétrica XRY-1 <sup>a</sup>
Grasa Total	g/100g	4.55	Butirómetro nata, helado % grasa: 0 – 80
Sodio	g/100g	193.98	AOAC 968.08, Conductímetro METER 950
Carbohidratos Totales	g/100g	14.14	Calculado
Fibra Total	g/100g	1.36	AOAC 985.29, Digestor CXC-06
Azúcar	g/100g	17.48	AOAC 960.52, Polarímetro BK-P1
Proteína	g/100g	2.01	AOAC 970.22, Digestor KDN-04C
Humedad	%/100g	76.86	AOAC 930.15, Horno convectivo
Cenizas	g/100g	1.09	AOAC 925.51, Mufla

## CONCLUSIONES

La incorporación de carao (*Cassia grandis*) en yogures elaborados con leche caprina no solo contribuyó a mejorar el perfil nutricional del producto, sino que también elevó significativamente su calidad sensorial. El tratamiento con 4.5% de carao (T3) mostró ventajas claras en términos de equilibrio entre acidez, dulzura natural, textura y color, sin comprometer la inocuidad microbiológica del alimento.

Todos los tratamientos, incluido el T3, cumplieron con los criterios microbiológicos establecidos por las normativas vigentes (RTCA y Codex Alimentarius), al no detectarse presencia de *E. coli* ni coliformes totales en niveles superiores a los permitidos. Esto indica que la formulación y el procesamiento aplicados son adecuados para el desarrollo de un producto seguro y apto para el consumo humano.

El yogur con 4.5% de carao alcanzó niveles de aceptación superiores al 70% en todos los atributos evaluados (color, aroma, textura, sabor), lo que lo posiciona como un producto con potencial de aceptación en el mercado, especialmente entre consumidores interesados en alimentos tradicionales con beneficios funcionales.

El perfil bromatológico del T3 mostró un contenido adecuado de energía (126.5 kcal/100 g), fibra (1.36 g/100 g), y compuestos minerales (cenizas: 1.09 g/100 g; sodio: 193.98 mg/100 g), lo cual refuerza el valor funcional del producto. La incorporación de carao puede contribuir positivamente a la dieta por su contenido de fibra y antioxidantes naturales.

Este estudio demuestra el potencial del carao, un recurso subutilizado de la biodiversidad centroamericana, como ingrediente funcional en productos lácteos fermentados. Su inclusión permite no solo diversificar la oferta de alimentos saludables, sino también revalorizar especies tradicionales con bajo nivel de aprovechamiento actual.

El aprovechamiento del carao en yogures caprinos podría fomentar cadenas de valor locales sostenibles, impulsando la economía de pequeños productores, especialmente en regiones donde se cultiva esta especie y se cría ganado caprino. Su uso se alinea con enfoques de innovación social, economía circular y soberanía alimentaria.

## Contribución de los autores

Todos los autores participaron en los análisis, revisión, preparación del manuscrito y aprobación de la versión final.

## Conflicto de interés

Los autores declaran que no existe conflicto de interés de ningún tipo.

## Financiamiento

Fondos propios

## Uso de inteligencia artificial (IA)

No se realizó uso de IA en el artículo.

## REFERENCIAS

- AOAC International. (2019). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (21ª edición ed.). Rockville: AOAC International. <https://www.aoac.org>
- Agudelo Ibáñez, D. R. (2023). Triple desafío global: Una revisión documental sobre seguridad alimentaria, doble carga nutricional y cambio climático. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 25(2), 205-212. <https://doi.org/10.17533/udea.penh.v25n2a05>
- Aleman, R. S., Marcia, J., Page, R., Kazemzadeh Pournaki, S., Martín-Vertedor, D., Manrique-Fernández, V., ... & Aryana, K. (2023a). Effects of Yogurt with Carao (*Cassia grandis*) on Intestinal Barrier Dysfunction,  $\alpha$ -glycosidase Activity, Lipase Activity, Hypoglycemic Effect, and Antioxidant Activity. *Fermentation*, 9(6), 566. <https://doi.org/10.3390/fermentation9060566>
- Aleman, R. S., Marcía, J. A., Montero-Fernández, I., King, J., Pournaki, S. K., Hoskin, R. T., & Moncada, M. (2023b). Novel liquor-based hot sauce: Physicochemical attributes, volatile compounds, sensory evaluation, consumer perception, emotions, and purchase intent. *Foods*, 12(2), 369. <https://doi.org/10.3390/foods12020369>
- Álvarez-Figueroa, M., Pineda-Castro, M., Chacón-Villalobos, A., & Cubero-Castillo, E. (2022). Álvarez-Figueroa, M.L. Características físico-químicas y sensoriales de leches caprina y bovina enteras, descremadas y deslactosadas. *Agronomía Mesoamericana*, 47039-47039. <https://doi.org/10.15517/am.v33i2.47039>
- Barros, R. G. C., Pereira, U. C., Andrade, J. K. S., de Oliveira, C. S., Vasconcelos, S. V., & Narain, N. (2020). In vitro gastrointestinal digestion and probiotics fermentation impact on bioaccessibility of phenolics compounds and antioxidant capacity of some native and exotic fruit residues with potential antidiabetic effects. *Food Research International*, 136, 109614. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109614>
- Codex Alimentarius. (1997). Principios y Directrices para el Establecimiento y la Aplicación de Criterios Microbiológicos Relativos a los Alimentos. CAC/GL, 21, 1-7. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>
- Coronel Mendiguri, J. J. (2018). Diseño, implementación y optimización de un Sistema de Control de Temperatura para el Proceso de Fermentación en la Elaboración de Yogur.
- Correa Rodríguez, M. (2023). Productos lácteos a base de leche de cabra. Universidad Externado de Colombia, Bogotá. <https://bdigital.uexternado.edu.co>
- Dos Ramos, W., Freitas, M., Gonçalves, M., Luigi, T., Molina, N., & Rojas, L. (2020). Comparación de tres métodos para la determinación de coliformes totales en canales de pollos provenientes de una planta beneficiadora en el estado Carabobo, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 38, 1-8. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4295674>
- Ferreira, M. D. C. C., Neto, M. F. D. C., De Melo, A. C. G. R., Montero, I. F., Chagas, E. A., Ferraz, V. P., ... & De Melo Filho, A. A. (2019). Physical-chemical properties and chemical composition of Brazil nut oil, *Bertholletia excelsa*, from state of Roraima, Brazilian Amazon. *Chemical Engineering Transactions*, 75, 391-396. <https://doi.org/10.3303/CET1975066>
- Gaspata, G. E., & Naula, J. M. (2024). Propiedades, cualidades y beneficios de la leche de cabra en la salud humana: Revisión bibliográfica. *Polo del Conocimiento*, 9(7), 2206-2224. <https://doi.org/10.23857/pc.v9i7.7487>
- Guacho, L. N., Atehortua, M. K., Roque, E. S., Hernández, A., Ricaurte, L., Méndez, G. N., ... Igeler, W. (2023). Retos para la transición a la sostenibilidad del sistema alimentario en Honduras. *Ceiba*, 56(2), 105-120. <https://doi.org/10.5377/ceiba.v56i2.17403>
- Huey, S. L., Bhargava, A., Friesen, V. M., Konieczynski, E. M., Krisher, J. T., Mbuya, M. N., ... Mehta, S. (2024). Sensory acceptability of biofortified foods and food products: a systematic review. *Nutrition reviews*, 82(7), 892–912. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuad126>
- Lawless, H., & Heymann, H. (2010). *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices* (2nd ed ed.). Springer Science & Business Media. doi:10.1007/978-1-4419-6488-5. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
- Marcía Fuentes, J. A., Barahona Herrera, A. V., Paz Valladares, C. d., Lozano Banegas, A. A., & Ruiz Cardona, J. M. (2024). Aprovechamiento Tecnológico del *Streptococcus Thermophilus* en el Desarrollo de Alimentos Funcionales y Nutraceuticos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(6), 4846-4855. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i6.15091](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15091)
- Marcía Fuentes, J., Barahona Herrera, A., Sarmiento, J. J., Cardona, J. R., Baca García, Y., & Escobar Fúnez, L. (2023a). Alimentos Autóctonos; Contribución de los Pueblos Ancestrales y Afrodescendientes a la Gastronomía de Honduras. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 4389-4409. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i5.8147](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.8147)
- Marcía Fuentes, J., Ruiz Cardona, J., Barahona Herrera, A., Jair Lagos, G., & Peralta Matute, K. (2025). Aplicabilidad del Análisis Multivariado en Alimentos. *Estudios Y Perspectivas Revista Científica Y Académica*, 5(1), 503–511. <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v5i1.353>
- Marcía Fuentes, J., Ruiz, J., Herrera, A., Sarmiento, J., & Montero Fernández, I. (2023b). El carao (*Cassia grandis*), un novedoso ingrediente funcional para la industria alimentaria y farmacéutica. *INNOVARE. Revista de Ciencia y Tecnología*, 12(3, Suplemento 1), S43. <https://doi.org/10.5377/innovare.v12i3.17022>
- Marcia, J.A.; Aleman, R.S.; Kazemzadeh, S.; Manrique Fernández, V.; Martín Vertedor, D.; Kayanush, A.; Montero Fernández, I. (2023c) Isolated Fraction of Gastric-Digested Camel Milk Yogurt with Carao (*Cassia grandis*) Pulp Fortification Enhances the Anti-Inflammatory Properties of HT-29 Human Intestinal Epithelial Cells. *Pharmaceuticals*, 16(7), 1032. <https://doi.org/10.3390/ph16071032>
- Marcia, J., Alemán, R., Montero-Fernández, I., Martín-Vertedor, D., Manrique-Fernández, V., Moncada, M., & Kayanush, A. (2023d). Attributes of *Lactobacillus acidophilus* as Effected by Carao (*Cassia grandis*) Pulp Powder. *Fermentación*, 9(5), 408.
- Marcia Fuentes, J. A., Montero Fernández, I., Zumbado Fernández, H. M., Lozano Sánchez, J., Santos Aleman, R., Navarro Alarcón, M., ... & Saravia Maldonado, S. A. (2020). Quantification of bioactive molecules, minerals and bromatological analysis in carao (*Cassia grandis*). <https://doi.org/10.3390/fermentation9050408>
- Medina, L., Aleman, R., Cedillos, R., Aryana, K., Olson, D., Marcia, J., & Boeneke, C. (2023). Effects of carao (*Cassia grandis* L.) on physico-chemical, microbiological and rheological characteristics of yogurt. *LWT*, 183, 114891. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114891>
- Mendoza, E., Marcía, J., Chuquillín-Goicochea, R., López, J., & Areche, F. (2016). Obtención de un colorante natural a partir *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón para su aplicación en yogurt. *Revis Bionatura* 2023; 8 (2) 38. *Curr Opin Food Sci*.

- Meza Taipe, L. (2020). tesis de grado. Evaluación del efecto de la adición de jalea de sábila (*Aloe vera barbadensis*) sobre las características Físicoquímicas, microbiológicas y sensoriales en el yogur. Universidad de San Martín de Porres, LIMA. <https://repositorio.usmp.edu.pe>
- Montero-Fernández, I., Fernández, V., Pérez-Navado, F., Saravia-Maldonado, S., Fuentes, J., & Martín-Vertedor, D. (2025). Enhancing Nutrient Profile and Reducing Acrylamide in California-Style Table Olives with *Cassia grandis* Fortification. *Foods*, 14(8), 1426. <https://doi.org/10.3390/foods14081426>
- Nazar-Herrera, B. M. (2022). Ley de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Honduras (LEY-SAN). *Revista chilena de nutrición*(49), 29-33. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182022000100029>
- Parra, R. A. (2017). Características físicoquímicas, sensoriales, proximales y microbiológicas de un yogur con chocolate en refrigeración.
- Pineda, M. L., Valladares, P. D., Jaramillo, M. B., & Toapanta, E. A. (2024). Elaboración de yogur con sabor a chocolate y café, saludable y sostenible con materias primas de La Maná. *RECIMUNDO*, 8 (Especial), 172-177. [https://doi.org/10.26820/recimundo/8.\(esp\).junio.2024.172-177](https://doi.org/10.26820/recimundo/8.(esp).junio.2024.172-177)
- Ribeiro, P. R. M. E., Maldonado, S. A. S., Ferraz, V. P., Alemã, R. S., Fuentes, J. A. M., & Beltrã, L. A. (2020). Chemical composition of essential oil of *Melissa officinalis* L. and antioxidant activity from Boa Vista-RR, Brazil. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 14(3), 41-45. <https://doi.org/10.5897/AJPP2019.5147>
- Ramírez, R., Vargas, P. L., & Cárdenas, O. (2020). La seguridad alimentaria: una revisión sistemática con análisis no convencional. *Espacios*, 41(45), 319-328. <https://www.revistaespacios.com/a20v41n45/a20v41n45p25.pdf>
- Reglamento Técnico Centro Americano. (2025). Productos lácteos. Yogur (yogur, yogurh, yoghurt, yogourt). Especificaciones. FAO/OMS, Codex Alimentarius. La Gaceta, Diario Oficial N°. 8 del 16 de enero de 2025. Obtenido de <https://sde.gob.hn/wp-content/uploads/2023/07/RTCA-Yogur-vf-CPI.pdf>
- San Martín, L. G. (2023). La problemática del acceso al alimento en la contemporaneidad: algunas notas para desfeminizar la alimentación. *Trabajo y sociedad*, 24(40), 359-374. <https://doi.org/10.35305/ty.s.v24i40.786>
- Saravia, S. A. M., Montero, I. F., Linhares, B. M., Santos, R. A., & Marcia, J. A. F. (2020). Mineralogical Composition and Bioactive Molecules in the Pulp and Seed of Patauá (*Oenocarpus bataua* Mart.): A Palm from the Amazon. *Int. J. Plant Soil Sci*, 31, 1-7. <https://doi.org/10.9734/IJPSS/2020/v31i730307>