

Desarrollo de un producto formulado con quínoa, cebada y *Lactobacillus casei* ATCC 396 con propiedades funcionales

Nube Pacurucu^{1*}; Kattyna Parra²; Patricia Peñoro³; Yasmina Barboza⁴

(Recibido: febrero 12, 2025; Aceptado: mayo 28, 2025)

<https://doi.org/10.29076/issn.2602-8360vol9iss17.2025pp21-31p>

Resumen

Para satisfacer las necesidades de los consumidores, la industria alimentaria está tomando un gran interés en la fabricación de productos alimenticios con beneficios para la salud. Es por ello que, el propósito de esta investigación fue desarrollar un producto gelificado elaborado con quínoa (*Chenopodium quinoa Willd*) y cebada (*Hordeum vulgare*) y determinar la viabilidad de *Lactobacillus casei* ATCC 396. Para esto, el producto formulado fue analizado para establecer el pH, acidez titulable y número de células viables de *L. casei* después de los 0, 7, 14, 21, y 28 días de almacenamiento refrigerado. El nivel de agrado, fue evaluado por un panel de consumidores no entrenados quienes calificaron los atributos, color, olor, sabor y consistencia de sus características organolépticas. Los resultados mostraron que la concentración inicial de 7,5 log ufc/g para el día 0 fue afectada significativamente ($P < 0,05$). después del día 7 aumentando la población inicial en más de 2 log en el producto. Al final del periodo de almacenamiento (día 28) se registró un valor de 8,7 log/g. El pH inicial del producto (6,2) disminuyó significativamente a lo largo del periodo de almacenamiento alcanzando un valor de 3,9 para el día 28. El score para el nivel de agrado evidenció una valoración favorable del producto para las características de color, consistencia, sabor y olor. En conclusión, la adición de *L. casei* al producto gelificado con quínoa y cebada dio como resultado un producto con un gran potencial como alimento funcional con excelentes características sensoriales.

Palabras Claves: cebada; *Lactobacillus casei*; producto gelificado; quínoa.

Development of a product formulated with quinoa, barley and *Lactobacillus casei* ATCC 396 with functional properties

Abstract

To meet the needs of consumers, the food industry is taking a keen interest in producing healthy food products with health benefits. Therefore, the purpose of this research was to formulate a gelled product made with quinoa, (*Chenopodium quinoa Willd*) and barley (*Hordeum vulgare*) and to determine the viability of *Lactobacillus casei* ATCC 396 in the product. The formulated product was analyzed to establish the pH, titratable acidity, and number of viable cells of *L. casei* after 0, 7, 14, 21, and 28 days of refrigerated storage. In addition to this, to establish the level of liking, it was evaluated by a panel of untrained consumers who rated the attributes, color, smell, flavor and consistency of its organoleptic characteristics. The results showed that the initial concentration of 7.5 log cfu/g for day 0 was significantly affected ($P < 0.05$) after day 7 increasing the initial population by more than 2 log in the product, At the end of the storage period (day 28) a value of 8.7 log/g was recorded. The initial pH of the product (6.2) decreased significantly throughout the storage period, reaching a value of 3.9 by day 28. The score for the level of liking evidenced a favorable evaluation of the product for the characteristics of color, consistency, flavor, and odor. In conclusion, the addition of *L. casei* to the gelled product with quinoa and barley resulted in a product with great potential as a functional food with excellent sensory characteristics.

Keywords: barley; *Lactobacillus casei*; Gelled product; quinoa.

¹ Docente de la Universidad de Cuenca, Ecuador. Email: nube.pacurucu@ucuenca.edu.ec. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4181-0099>. *Autor de correspondencia

² Docente de la Universidad del Zulia, Venezuela. Email: kcparrag@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6812-8518>

³ Docente de la Universidad del Zulia, Venezuela. Email: mppinero@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9817-1871>

⁴ Universidad del Zulia, Facultad de Medicina, Escuela de Nutrición y Dietética, Venezuela email: barbozayasmina@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4258-5495>

INTRODUCCIÓN

Las tendencias modernas en el área de tecnología de alimentos se enfocan en el desarrollo de productos de consumo masivo con características que promueven un óptimo estado de salud, con el aporte de nutrientes necesarios para satisfacer las necesidades básicas del consumidor. En efecto, la creciente búsqueda de una dieta saludable ha impulsado el desarrollo de nuevos alimentos con propiedades funcionales, particularmente fuente de compuestos bioactivos (1).

Los cereales y pseudocereales son alimentos básicos primarios y también sirven como materias primas valiosas para la producción de productos de consumo humano. La calidad y las propiedades sensoriales de los productos alimenticios terminados están directamente influenciadas por las propiedades fisicoquímicas, así como por los compuestos aromáticos de las materias primas utilizadas (2).

En relación a esto, es importante mencionar que actualmente existe un considerable interés en el uso de pseudocereales para desarrollar productos alimenticios nutritivos y sostenibles. El amaranto, el trigo sarraceno y la quinua son los tres principales en términos de producción mundial. Resulta oportuno mencionar, que el interés por los pseudo cereales ha crecido considerablemente debido a su excelente perfil nutricional, contenido de compuestos fenólicos, fitoquímicos, perfil de aminoácidos y su uso en el desarrollo de productos sin gluten (3).

En particular, la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) es una planta productora de semillas, con gran potencial agronómico, debido a su excepcional tolerancia a ambientes hostiles. La quinua es un pseudocereal sin gluten, que pertenece botánicamente a la familia Chenopodiaceae con origen en la región andina de América del Sur, y se cultiva principalmente en Bolivia, Chile, Ecuador, Perú y Argentina. (4). Ha ganado popularidad a nivel mundial debido a su alto valor

nutricional y su contenido equilibrado de nutrientes. El contenido de proteínas de alto valor biológico oscila entre 16,5-19 %, fibra bruta de 1,92 a 3,38 %, cenizas 2,21 a 2,43 %, carbohidratos de 68,8 a 75,82 % y energía 331-381 kcal/g (5).

Además, contiene más proteínas y fibra que los cereales convencionales, incluyendo trigo, maíz, mijo y arroz. Puede ser utilizado como ingrediente destacado en la creación de alimentos altamente nutritivos, debido a sus abundantes vitaminas (B1, B2, B6, C y E), minerales (calcio, fósforo, hierro y zinc), aminoácidos esenciales especialmente lisina y arginina y fitoquímicos responsables de reducir enfermedades cardiovasculares, cáncer y alergias. Debido a esto lo convierten en una excelente opción como alimento funcional (6,7)

Paralelamente, un buen número de estudios señala que la cebada es uno de los cultivos de cereales más antiguos del mundo, y se considera un componente importante de muchas dietas tradicionales. Es rica en una variedad de fitoquímicos bioactivos con efectos potencialmente beneficiosos para la salud. Sin embargo, sus atributos nutricionales beneficiosos no se están aprovechando por completo debido al número limitado de alimentos en los que se utiliza actualmente. Por lo tanto, es crucial que la industria alimentaria produzca nuevos alimentos a base de cebada que sean saludables y satisfagan los gustos del consumidor (8).

En este sentido, las matrices vegetales son elegibles para albergar y entregar poblaciones microbianas y, en particular, cepas probióticas que también pueden aumentar sus propiedades intrínsecas funcionales y promotoras de la salud. De hecho, los atributos funcionales de las matrices de origen vegetal, su estructura y su idoneidad para la fermentación las hacen apropiadas para transportar cepas probióticas que aprovecharán las características de las matrices de origen vegetal y, explotar

las moléculas prebióticas y bioactivas, se beneficiarían de su supervivencia durante el procesamiento del producto y la vida útil, así como en el proceso digestivo y la colonización intestinal. Las propiedades funcionales de las matrices de origen vegetal dependen de su riqueza en nutrientes, fibras, vitaminas, minerales y fitoquímicos bioactivos de la dieta, y algunos de esos diversos componentes también tienen un papel importante en las interacciones con los microorganismos intestinales (9).

Dentro de este contexto, ciertas bacterias ácido lácticas se han clasificado como bacterias probióticas. Los probióticos son microorganismos vivos que, cuando se administran en cantidades adecuadas, generalmente en una dosis de 10⁶ a 10⁹ UFC/mL (g) por día, pueden proporcionar beneficios para la salud del huésped, como protección contra microorganismos infecciosos y una mayor biodisponibilidad de vitaminas y minerales (10).

Lactobacillus casei, es un miembro destacado de la familia de los probióticos, ha atraído una amplia atención debido a sus capacidades únicas de promover la salud intestinal y mejorar la función inmunológica. Este microorganismo no solo ejerce una influencia positiva en la composición de la microbiota intestinal, sino que también interactúa con las células inmunitarias, contribuyendo así a la mejora de las capacidades inmunitarias del huésped (11).

En consecuencia, *Lactobacillus casei* se ha convertido en uno de los suplementos alimenticios más consumidos a nivel mundial, con aplicaciones que abarcan diversos productos como yogurt, queso, helados, aperitivos, barritas nutricionales, cereales para el desayuno y fórmulas infantiles. (12). *Lactobacillus casei* presenta un rendimiento excelente en fermentación y puede crecer en fuentes vegetales, como cereales y legumbres. Algunos estudios han informado

que *Lactobacillus spp* puede crecer en varias matrices de origen vegetal, lo que da como resultado alimentos funcionales y una mejor hidrólisis de proteínas. (13).

En tal sentido, la quínoa, cebada y *Lactobacillus casei*, pueden ser utilizados para formular un producto gelificado tipo colado con características definidas y consistentes, y posibles propiedades beneficiosas para la salud. En virtud de las ideas expuestas, el propósito de esta investigación fue desarrollar un producto gelificado elaborado con quínoa, (*Chenopodium quinoa Willd*) y cebada (*Hordeum vulgare*) y determinar la viabilidad de *Lactobacillus casei* ATCC 396 en el producto.

METODOLOGÍA

Materia prima

Los granos de Quínoa (*Chenopodium Blanca*) y Cebada (*Hordeum vulgare*), fueron adquiridos en un mercado de la provincia de Cañar, Ecuador. Luego, se llevaron al laboratorio en bolsas de polietileno herméticas, se limpiaron y se mantuvieron en un lugar fresco y seco antes de su uso. La cepa de *Lactobacillus casei* ATCC 393 fue obtenida de Microbiologics® 217 Osseo Ave. North ST. Cloud, MN 56303 USA.

Diseño experimental y formulaciones

El diseño fue un experimento completamente al azar con 3 tratamientos por duplicado. Para efecto de los análisis contemplados en el estudio, se ensayaron varias fórmulas (A, B, C) (Tabla 1) para seleccionar aquella que permitió agregar la cantidad de ingredientes necesarios, sin afectar el manejo tecnológico de la mezcla y obtener el producto final de acuerdo a criterios sensoriales y tecnológicos. Posteriormente, la formula seleccionada (A) fue inoculada con *Lactobacillus casei* para ser evaluada en cuatro periodos de almacenamiento refrigerado a 4°C (7, 14, 21 y 28 días), con 6 repeticiones.

Tabla 1. Ingredientes utilizados (g/100g) para la elaboración del producto gelificado

Ingredientes	Formulación A	Formulación B	Formulación C
Gel de harina de quinua	40	40	40
Gel harina de cebada	20	20	20
Concentrado de banana	10	0	0
Concentrado de fresa	0	10	0
Concentrado de mango	0	0	10
Leche en polvo	15	15	15
Stevia	4	4	4
Agua	8	8	8
Vainilla	2	2	2
<i>L. casei</i>	1	1	1

Procesamiento de los ingredientes

Para la preparación de la harina los granos de quínoa y cebada se sometieron a un procedimiento de limpieza, utilizando hipoclorito de sodio a una concentración de 0,03 mol/L a pH 5.0 para un mejor rendimiento de la proteína del grano. Luego se remojan durante 24 horas, cambiando el agua cada 8 horas, para luego escurrir. Los granos se secaron en estufa a 65°C durante 48h, para luego ser molidos hasta 0.5mm en un procesador de alimentos (Osterizer, modelo 450-21-V 115-V-Cromo). Luego, las harinas de quínoa y cebada se mezclaron con agua al 40% y se sometieron a cocción a una temperatura de 80°C, hasta obtener un gel. La elaboración del concentrado de cada fruta consistió en un proceso de limpieza y manipulación según cada fruta, para el caso del cambur (*Musa x paradisíaca*) fue pelado; el mango (*Mangifera indica*) fue pelado y retirada la semilla; la fresa (*Fragaria*) limpiada y retirada de hojitas. Posteriormente la pulpa de c/u de las diferentes frutas se picó por separado banana, fresa y mango y fueron sometidos a cocción a 100°C adicionándole agua al 10% y 4% de stevia, con agitación por 10 minutos hasta lograr alcanzar su gelatinización.

Elaboración del producto gelificado tipo colado.

Los geles de harina de quinua (40%), cebada (20%), concentrado de banana, (10%) y leche en polvo (15%) se mezclaron en un

procesador de alimentos (Cutter, Marca Oster, Modelo 3200) durante 5 min., hasta obtener una mezcla homogénea. La mezcla se distribuyó en varios envases de vidrio, que correspondían a cada uno de los tiempos de almacenamiento (0, 7, 14, 21 y 28 días). Todos los envases se esterilizaron en autoclave a 90° C por 15 min. A continuación, se dejaron enfriar hasta 35 °C antes de inocularse con un 1% de la cepa de *L. casei*. Los envases con el producto se colocaron en estufa (Thelco GCA/Precisión Scientific.) a 42°C durante un tiempo de 12 horas correspondiente al día 0. Durante este tiempo se inició el proceso de fermentación. El resto de los envases, continuaron con la fermentación a 4 °C hasta cumplir el tiempo de almacenamiento descrito.

Cepa bacteriana y condiciones del cultivo

La cepa de *Lactobacillus casei* ATCC 393 se mantuvo en placas de Petri con agar MRS (Oxoid, Basingstoke y Hampshire, Reino Unido) a 48°C. Antes de su uso, la cepa se activó tomando una colonia bacteriana e inoculando esta colonia en tubos de cultivo con caldo MRS. Estos se incubaron a 37°C durante 18 h bajo el uso de campana de Gas Pack (BBL Microbiology Systems Sparks, MD, USA), para luego comprobar su pureza. Las colonias aisladas en placas de agar MRS se pre cultivaron dos veces en caldo MRS durante aproximadamente 24 h a 37 °C. Las células se recolectaron por centrifugación a 5000 g, durante 10 min, se lavaron dos veces

con solución salina estéril. A continuación, se utilizaron suspensiones bacterianas para inocular el producto al 1% (v/v). En todos los casos, la concentración microbiana inicial fue de aproximadamente 7 log ufc.

La viabilidad de *L. casei* se determinó durante el período de almacenamiento (0, 7, 14, 21 y 28 días) en la fórmula A elaborada con el concentrado de banana que fue seleccionada. Para ello, se pesaron asépticamente 11 g de la muestra en frascos estériles. La muestra se mezcló durante 2 min a alta velocidad después de la adición de 99 mL de agua peptonada estéril al 0,1% (Oxoid) y se sometieron a diluciones seriadas con el mismo diluyente. Cada dilución se extendió por duplicado en placas con agar MRS. Se incubaron a 37 °C durante 48 h utilizando campana de gas Pack). Se contaron las unidades formadoras de colonias (ufc/g) y los resultados se expresaron como sus valores log₁₀.

Determinación de pH y acidez titulable

Los valores de pH fueron determinados utilizando un potenciómetro (ORION modelo 410a, EUA), calibrado con soluciones buffer suministradas por el mismo proveedor comercial. La acidez titulable se determinó mezclando 5 g del producto con 20 mL de agua destilada caliente (hervida durante 15 min y utilizada después de enfriarse) y valorando con NaOH 0.1 N utilizando un indicador de fenolftaleína al 0,5%. La acidez titulable se calculó en base al ácido láctico predominante y se expresó como g de ácido láctico/100 g.

Evaluación sensorial

El producto gelificado a base de quinua, cebada, banana y *L. casei* fue evaluado sensorialmente a través de un panel no entrenado de cuarenta personas de ambos sexos pertenecientes al centro geriátrico público de la ciudad de Maracaibo, estado Zulia. Para esta prueba se utilizó una escala hedónica no estructurada de 5 puntos para evaluar los siguientes atributos: sabor, color,

olor y textura, en los cuales se puntualiza la característica si agrada o no agrada. Cada panelista eligió entre las siguientes opciones: 5=Me gusta mucho, 4=Me gusta moderadamente, 3=Me es indiferente, 2=Me disgusta moderadamente, 1=Me disgusta mucho.

Adicionalmente, en el instrumento se realizó una pregunta de respuesta dicotómica (sí/no), para medir la aceptación general del producto. A cada panelista se le suministró una muestra de 30 g del producto gelificado tipo colado y los respectivos utensilios para degustación (servilletas, cucharas y vaso con agua. El recinto donde se efectuó la prueba, se acondicionó para que los panelistas se ubicaran de forma separada en un ambiente cerrado y temperatura agradable. Previo a la evaluación de la muestra, los participantes fueron instruidos sobre el tipo de prueba y la forma de llenar los formularios.

Análisis microbiológico

Se pesaron asépticamente 11g del producto gelificado, y se colocó en un frasco homogeneizador estéril, la muestra fue homogeneizada por 2 minutos a alta velocidad después de la adición de 99 ml de agua peptonada al 0.1% (Oxoid, Basingstoke, UK). Alícuotas de 1ml de la muestra fueron serialmente diluidas en 9 ml de agua peptonada al 0.1%. Siete diluciones seriadas fueron efectuadas, para su respectiva siembra. Placas Petrifilm 3M™ St Paul, Minn fueron utilizadas para determinar por duplicado, coliformes, *E. coli*, mohos y levaduras, estas placas fueron utilizadas siguiendo las instrucciones del fabricante. Los resultados de los recuentos bacterianos fueron expresados en log.

Análisis estadísticos

Para los datos correspondientes a la viabilidad de la cepa, se utilizó análisis de varianza (ANOVA). Cuando los efectos resultaron significativos, se utilizó la prueba de Tukey para la comparación de medias entre tratamientos. Los resultados de la

evaluación sensorial se presentan como el promedio aritmético y la desviación estándar. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 20.0 y Excel para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Viabilidad de *L. casei* ATCC 393 durante su almacenamiento refrigerado.

El resultado del crecimiento de *L. casei* ATCC 393, pH y acidez titulable observado en el producto gelificado se presentan en la Tabla 2. La concentración inicial de 7,5 log ufc/g para el día 0 fue afectada significativamente ($P < 0,05$) después del día 7 aumentando la población inicial en más de 2 log en el producto. Al final del periodo de almacenamiento (día 28) se registró un valor de 8,7 log/g.

Tabla 2. Medias aritméticas \pm desviaciones estándar de la viabilidad de *L. casei* pH y acidez titulable (%) del producto gelificado tipo colado a base de quínoa y cebada y banana

Indicador	Días de almacenamiento				
	0	7	14	21	28
Viabilidad <i>L. casei</i> *	7,5 ^a \pm 0.1	9,4 ^b \pm 0.2	9,0 ^b \pm 0.18	8,8 ^b \pm 0.4	8,7 ^b \pm 0.2
pH	6,2 ^a \pm 0.2	4,1 ^b \pm 0.4	4,0 ^b \pm 0.5	3,9 ^b \pm 0.6	3,9 ^b \pm 0.5
Acidez titulable	0,3 ^a \pm 0.3	0,9 ^b \pm 0.4	1,0 ^b \pm 0.12	1,0 ^b \pm 0.15	1,0 ^b \pm 0.8

*Valores expresados en logaritmo ufc/g ** a, b medias con diferentes superíndices difieren significativamente ($P < 0,05$).

Estos resultados concuerdan con estudios previos, los cuales han mostrado la habilidad de medios de cereales para soportar el crecimiento de cepas de Lactobacilos en concentraciones que van entre 7 a 10 log UFC·g⁻¹. (14). Cepas de *L. reuteri*, *L. casei* y *L. acidophilus* fueron cultivadas en extracto de malta, cebada y trigo. En este estudio, se observó que el extracto de cebada fue el que mejor soportó el crecimiento de los lactobacilos comparado con otros cereales (15) De igual forma Barboza y col., 2024(16) en su estudio sobre el efecto de diferentes formulaciones preparadas con cereales y leguminosas reportaron que el medio de cebada (8,87 log UFC·g⁻¹) soportó significativamente ($P < 0,05$) un mejor crecimiento de *L. reuteri* en comparación con los medios de avena, soja y quinchoncho.

En otro estudio, Kailing y col., 2023 (17) obtuvieron valores de $9,3 \times 10^7$ UFC/ml después de 21 días de almacenamiento a 4°C en el recuento de bacterias viables en un yogurt a base de cebada y soja. Sin embargo, Li Zhao y col., 2025 (18) consiguieron valores superiores en bebidas de quínoa fermentadas con bacterias ácido lácticas. Al

inicio del almacenamiento, el recuento de bacterias viables en la bebida fermentada de quínoa fue de 8,38 log UFC/mL. Con el paso del tiempo de almacenamiento, las bacterias viables aumentaron significativamente alcanzando valores de 10,9 log/ml para el día 14. El aumento en el recuento de células viables de bacterias ácido lácticas durante el almacenamiento de bebidas o productos fermentados con quínoa es principalmente atribuido a varios factores interconectados. La quínoa es rica en oligosacáridos y polisacáridos que actúan como prebióticos, proporcionando una adecuada fuente de carbono para estas bacterias (19).

La administración de un número adecuado de bacterias probióticas viables es fundamental para determinar las propiedades de un alimento en mejorar la salud. La viabilidad de los probióticos, puede verse afectada por los componentes de los alimentos (por ejemplo, azúcares, proteínas, grasas, vitaminas, minerales, agentes aromatizantes, antioxidantes y aminoácidos), factores relacionados con el procesamiento (por ejemplo, tratamientos térmicos, homogeneización y temperatura

de fermentación) y también factores microbiológicos (por ejemplo, tipo de cepas y nivel de inóculo). Por lo tanto, la adaptabilidad del probiótico en el sustrato es un criterio muy importante en el procedimiento de selección de una cepa adecuada (20).

Es evidente entonces, que la combinación de quínoa y cebada resultó ser eficiente para mantener la viabilidad de *L. casei*, con un aumento significativo al final del período de almacenamiento. Esta consideración concuerda con la conclusión sobre una cuidadosa selección de una matriz alimentaria adecuada para desarrollar productos probióticos (21).

Posiblemente, la presencia de altos niveles de factores de crecimiento esenciales como aminoácidos, carbohidratos, vitaminas y minerales en el producto gelificado con quínoa, cebada y banana pueden haber promovido el crecimiento de *L. casei*, lo que demuestra que este microorganismo puede sobrevivir en el producto a niveles suficientes durante 28 días.

El impacto de la adición de cultivos probióticos en la acidez (pH) de los productos puede verse influenciado por el tipo de alimento y la cepa probiótica. La Tabla 2 muestra los valores promedios de pH obtenidos en el producto gelificado. Se observa que el pH inicial (6,2) disminuye significativamente a lo largo del periodo de almacenamiento alcanzando un valor de 3,9 al final del periodo (28 días). Esto posiblemente se debe a la estimulación del crecimiento y metabolismo de *L. casei* que produce ácido láctico durante la fermentación (22). El pH ácido ayuda a inhibir el crecimiento de microorganismos no deseados y contribuye a la conservación del producto.

Estos resultados concuerdan con los observados por Canaviri y col., 2025 (23), en su estudio con una bebida de quínoa fermentada con *Lactiplantibacillus plantarum*. En este estudio, el pH fue medido a los 0, 2, 14 y 28 días. La bebida inoculada inicialmente mostró valores de pH

ligeramente ácidos, con un promedio de 6,4. Después de la fermentación, se observó una disminución estadísticamente significativa del pH ($p = 0,002$) disminuyendo hasta aproximadamente 4. La quínoa y cebada contienen nutrientes como proteínas, carbohidratos, ácidos grasos esenciales, vitaminas y minerales (24). Estos nutrientes y fitoquímicos pueden estimular el crecimiento del probiótico, lo que resulta en el progreso de la acidificación en el producto gelificado. La acidez titulable inicial fue de 0.3%. Se observa un aumento significativo para el día 7, alcanzando un valor de 0.9% la cual continúa aumentando ligeramente y se estabiliza alrededor del 1.0% durante los días 14, 21 y 28. Este aumento en la acidez titulable es consistente con la disminución del pH, ya que refleja la acumulación de ácidos orgánicos, principalmente ácido láctico, producido por *L. casei*. La disminución del pH y el aumento de la acidez titulable son indicadores de la actividad fermentativa de *L. casei* y contribuyen a la conservación y seguridad microbiológica del producto gelificado tipo colado.

La Tabla 3 muestra los resultados de la evaluación microbiológica del producto en las condiciones evaluadas durante su almacenamiento. Se observa que los niveles de coliformes totales se mantienen por debajo del límite de detección ($<2 \log \text{UFC/g}$) durante todo el periodo de almacenamiento, esto nos indica una adecuada higiene y control en el proceso de producción. La ausencia de *E. coli*, como indicador específico de contaminación fecal, es un resultado muy favorable y sugiere que el producto es microbiológicamente seguro con respecto a este patógeno.

Los recuentos de mohos y levaduras también se mantienen por debajo del límite de detección ($<1 \log \text{UFC/g}$) durante los 28 días de almacenamiento. Esto es altamente deseable, ya que la presencia de mohos puede deteriorar la calidad del producto y algunos pueden producir toxinas. Las levaduras,

aunque a veces presentes en fermentados, en niveles altos pueden causar alteraciones en el sabor, olor y apariencia. Su ausencia indica una buena estabilidad del producto en cuanto a estos microorganismos.

Los resultados de los análisis microbiológicos sugieren que la bebida fermentada a base de quínoa y cebada con *L. casei* presenta una buena calidad microbiológica durante los 28 días de almacenamiento evaluados. Se destaca el crecimiento de *L. casei*, junto con la ausencia de indicadores de deterioro y contaminación microbiológica.

Tabla 3. Valores promedios (log ufc/g), coliformes totales (CT), *E. coli* (EC) hongos (H) y levaduras (L) en el producto gelificado con quínoa, cebada, banana y *L. casei*.

Días de almacenamiento	CT	E.C	H	L
0	<2	<1	<1	<1
7	<2	<1	<1	<1
14	<2	<1	<1	<1
21	<2	<1	<1	<1
28	<2	<1	<1	<1

Evaluación sensorial

Los resultados de la evaluación sensorial para el producto gelificado con quínoa, cebada, banana y *L. casei* se resumen en la Tabla 4. El score para el nivel de agrado evidenció una valoración favorable del producto para las características de color, consistencia, sabor, olor. En general, los resultados demostraron un buen nivel de agrado variando entre “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho” según la escala hedónica de 5 puntos. Las características sensoriales con mayor calificación fueron el color y olor con una puntuación de 4,65 cada una; se puede argumentar que dichas características fueron atractivas para los consumidores por la utilización de los ingredientes utilizados en la formulación del producto originando una tonalidad beige y aroma a vainilla lo cual favoreció el nivel de agrado general.

La consistencia de la bebida tuvo una puntuación promedio de 4,5, lo cual evidencia su nivel de agrado en relación a esta

característica sensorial; el producto tiene una consistencia espesa libre de grumos por la utilización de harinas de quínoa y cebada adecuadamente pulverizadas. El producto desarrollado presentó una puntuación de 4,45 en relación al sabor. El uso de la vainilla y banana contrarrestaron el sabor levemente astringente de la quínoa aunado a la utilización de Stevia como edulcorante. Sharma y col., 2024 (25) señalan que la adición de frutas en un producto fermentado tiene una influencia positiva en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales mejorando el aroma y el sabor de los productos. Otro estudio donde se desarrolló una mezcla instantánea utilizando 5% de harina de quínoa fermentada agregando saborizantes de piña y naranja mostró una buena aceptabilidad durante la evaluación sensorial. Por lo tanto, la fermentación es una forma efectiva de mejorar las propiedades nutricionales y sensoriales de la quínoa (26)

Tabla 4. Evaluación sensorial del producto gelificado elaborado con quínoa, cebada, banana y *L. casei*.

Atributo	Puntuación*
Color	4,65 ± 1,03
Consistencia	4,50 ± 0,63
Sabor	4,45 ± 0,89
Olor	4,65 ± 0,83

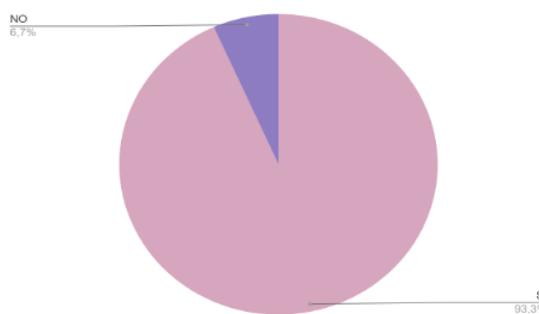


Figura 1. Aceptabilidad general del producto gelificado a base de quínoa, cebada, banana y *L. casei*

CONCLUSIONES

El presente trabajo muestra que el producto gelificado formulado con quínoa, cebada y banana es adecuado y puede soportar un elevado nivel de células viables de *L. casei* durante su almacenamiento refrigerado por

28 días. La viabilidad del microorganismo siempre estuvo por encima de los niveles recomendados. El producto tuvo un alto grado de aceptabilidad para todos los atributos evaluados. Por lo tanto, la adición de *L. casei* dio como resultado un producto con un gran potencial como alimento funcional con excelentes características sensoriales.

REFERENCIAS

- Banwo K, Olojede A, Dahunsi A, Verma D, Thakur M, Tripathy S, Singh S, Patel A, Gupta A, Aquilar C, Utama G. Functional importance of bioactive compounds of foods with potential health benefits: A review on recent trends. *Food Bioscience*. 2021; 43:101320. <https://doi.org/k43c>
- Ren G, Teng C, Fan X, Guo S, Zhao G, Zhang L, Liang Z, Qin P. Nutrient composition, functional activity and industrial applications of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). In *Food Chemistry*. 2023; 410. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135290>.
- Angeli V, Silva P, Crispim D, Muhammad K, Hamar A, Khajehei F. (2020). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An Overview of the Potentials of the “Golden Grain” and Socio-Economic and Environmental Aspects of Its Cultivation and Marketization. *Foods*. 2020; 9: 216-220.
- Chandra S, Dwivedi M, Baig V, Shinde L. Importance of quinoa and amaranth in food security. *J. Agric. Ecol. Res. Int*. 2018; 5: 26–37, <https://doi.org/10.53911/JAE>.
- Contreras-Jiménez B, Torres-Vargas O, Rodríguez-García M. Physicochemical characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour and isolated starch. *Food Chem*. 2019; 298: 124982, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.124982>.
- Pathan S, Ndunguru A, Ayele A. Comparison of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) inflorescences, Green Leaves, and Grains. *Crop*. 2024; 4: 72–81, <https://doi.org/10.3390/crops4010006>.
- Agarwal A R, A.D. Tripathi, T. Kumar, K.P. Sharma, S.K.S. Patel, Nutritional and functional new perspectives and potential health benefits of quinoa and chia seeds, *Antioxidant*. 2023; 12- 1413, <https://doi.org/10.3390/antiox12071413>
- Zhang J, Deng H, Bai J, Zhou X, Zhao Y, Zhu Y, Sun Q. Health-promoting properties of barley: a review of nutrient and nutraceutical composition, functionality, bioprocessing, and health benefits. *Crit. Rev. Food Sci*. 2021;1–15.
- Flach J, van der Waal M, van den Nieuwboer M, Claassen E, Larsen, O. F. A. (2018). The underexposed role of food matrices in probiotic products: Reviewing the relationship between carrier matrices and product parameters. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2018; 58, 2570–2584. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1334624>.
- Torres-Miranda A, Melis-Arcos F, Garrido D. Characterization and identification of probiotic features in *Lactobacillus Paracasei* using a comparative genomic analysis approach. *Probiotics Antimicrob Proteins*. 2022; 14:1211–1224. doi: 10.1007/s12602-022-09999-1.
- Li Q, Lin H, Li J, Liu L, Huang J, Cao Y, Zhou M. Improving probiotic (*Lactobacillus casei*) viability by encapsulation in alginate-based microgels: Impact of polymeric and colloidal fillers. *Food Hydrocolloids*, 2023; 134:108028. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108028>.
- Hill D, Sugrue I, Tobin C, Hill C, Stanton C, Ross R. P. The *Lactobacillus casei* group: History and health related applications. *Frontiers in Microbiology*. 2018; 2107.
- Szutowska J. (2020). Functional properties of lactic acid bacteria in fermented fruit and vegetable juices: A systematic literature review. *European Food Research and Technology*. 2020; 246(3): 357-372. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03425-7>.
- Charalampopoulos D, Pandiella S, Webb C. Evaluation of the effect of malt, wheat and barley extracts on the viability of

- potentially probiotic lactic acid bacteria under acidic conditions. *Intern. J. Food Microbiol.* 2003; 82(2):133–141. doi:https://doi.org/d9ndkf
15. Charalampopoulos D, Pandiella S. Survival of human derived *Lactobacillus plantarum* in fermented cereal extracts during refrigerated storage. *Lebensmittel Wissenschaft und – Technologie– Food Sci. Technol.* 2010; 43(3):431–435. doi:https://doi.org/c7q335.
 16. Barboza Y, Novillo N, Zambrano D. Efecto de diferentes formulaciones preparadas con cereales y leguminosas sobre el crecimiento de *Lactobacillus reuteri* DSM 17938. *Revista Científica, FCV-LUZ.* 2025; XXXIV: rcfcv-e34297. https://doi.org/10.52973/rcfcv-e34297.
 17. Kailing Li, Zhi Duan, Jingyan Zhang, Hongchang Cui. Growth kinetics, metabolomics changes, and antioxidant activity of probiotics in fermented highland barley-based yogurt. *LWT - Food Science and Technology.* 2023; 173 114239. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114239
 18. Li Zhao, Juan Liao, Tingyu Wang, Haijiao Zhao. Enhancement of nutritional value and sensory characteristics of quinoa fermented milk via fermentation with specific lactic acid bacteria. *Foods.* 2025; 14, 1406. https://doi.org/10.3390/foods14081406.
 19. Abdelshafy A.M, Rashwan A.K, Osman A.I. Potential food applications and biological activities of fermented quinoa: A review. *Trends Food Sci. Technol.* 2024; 144, 104339.
 20. Kollmannsberger H, Martina Gastl, Thomas B. Influence of the malting conditions on the modification and variation in the physicochemical properties and volatile composition of barley (*Hordeum vulgare* L.), rye (*Secale cereale* L.), and quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) malts. *Food Research International.* 2024; 196 114965. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114965.
 21. Ranadheera R, Baines S, Adams M. Importance of food in probiotic efficacy. *Food Res. Intern.* 2010; 43:1–7. doi:https://doi.org/cwcsx8
 22. Muniandy P, Shori A, Baba A. Comparison of the effect of green, white and black tea on *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus* spp. in yogurt during refrigerated storage. *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences,* 2017; 22, 26–30.
 23. Canaviri P, Sithole J, Freedom T, Gondo O, Sandahl M, Kjellstrom A. Influence of autochthonous *Lactiplantibacillus plantarum* strains on microbial safety and bioactive compounds in a fermented quinoa-based beverage as a non-dairy alternative. *Food Chemistry.* 2025; 26 102294. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.102294Canaviri
 24. Zhang J, Li M, Cheng J, Zhang X, Li K, Li B, Wang C, Liu, X. Viscozyme L hydrolysis and *Lactobacillus* fermentation increase the phenolic compound content and antioxidant properties of aqueous solutions of quinoa pretreated by steaming with α -amylase. *Journal of Food Science.* 2021; 86(5), 1726–1736. https://doi.org/10.1111/1750-3841.15680
 25. Sharma H, Singh A, Rao P, Deshwal G, Singh R, Kumar M. (2024). A study on incorporation of giloy (*Tinospora cordifolia*) for the development of shelf stable goat milk based functional beverage. *Journal of Food Science and Technology.* 2024; 61(3): 503–515. https://doi.org/10.1007/s13197-023-05858-1
 26. Mahnoor Ayub, Vanesa Castro-Alba, Claudia E. Development of an instant-mix probiotic beverage based on fermented quinoa with reduced phytate content. *J. Funct Foods.* 2021; 81 104831. https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104831
 27. Banwo K., Olojede A., Dahunsi A., Verma D., Thakur M., Tripathy S., Singh S., Patel A., Gupta A., Aquilar C., Utama G. Functional importance of bioactive compounds of foods with potential health benefits: A review on recent trends. *Food*

- Bioscience*. 2021; 43:101320. <https://doi.org/k43c>
28. Angeli, V.; Silva, P.; Crispim, D.; Muhammad, K.; Hamar, A.; Khajehei, F. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An Overview of the Potentials of the “Golden Grain” and Socio-Economic and Environmental Aspects of Its Cultivation and Marketization. *Foods*. 2020;9: 216.