

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS**

**ARTÍCULO CIENTÍFICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE**  
**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**TEMA:**

Efecto de la fermentación espontánea en las características físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales de una bebida de amaranto (*Amaranthus spp.*)

**AUTORES:**

Álava Véliz Cristina Marlleling.  
Chilan Gomez Jhenifer Michel.

**TUTOR:**

Dr. Santacruz Terán Stalin Gustavo

**MANTA – MANABI – ECUADOR**

**2024(2)**

## DECLARACIÓN EXPRESA DE AUTORÍA

Nosotras, Alava Veliz Cristina Marlleling con C.I 1316559234 y Chilan Gomez Jhenifer Michel con C.I 210323331 declaramos que el presente trabajo de titulación denominad **“Efecto de la fermentación espontanea en las características físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales de una bebida de amaranto (*Amaranthus spp*)”** es de nuestra autoría.

Asimismo, autorizamos a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí para que realice la digitalización y publicación de este proyecto en el repositorio digital de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la ley Orgánica de Educación Superior.

La responsabilidad del contenido presente en este estudio corresponde exclusivamente a nuestra autoría y el patrimonio intelectual de la investigación pertenecerá a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Manta, 7 febrero de 2025


Lo certificamos:



Alava Veliz Cristina Marlleling



Chilan Gomez Jhenifer Michel

 <b>Uleam</b> <small>UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ</small>	<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO:</b> CERTIFICADO DE TUTOR(A).	<b>CÓDIGO:</b> PAT-04-F-004
	<b>PROCEDIMIENTO:</b> TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	<b>REVISIÓN:</b> 1 Página 1 de 1

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ciencias de la vida y Tecnologías de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante Álava Véliz Cristina Marlleling, legalmente matriculada en la carrera de Agroindustrias, periodo académico 2024-2, cumpliendo el total de 400 horas, cuyo tema del proyecto es "Efecto de la fermentación espontánea en las características físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales de una bebida de amaranto (*Amaranthus* spp.)".

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.


Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 17 de diciembre de 2024.

Lo certifico,



Ing. Stalin Santacruz Ph.D.  
Docente Tutor  
Área: Agroindustrias

 <b>Uleam</b> <small>UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ</small>	<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO:</b> <b>CERTIFICADO DE TUTOR(A).</b>	<b>CÓDIGO: PAT-04-F-004</b>
	<b>PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	<b>REVISIÓN: 1</b> Página 1 de 1

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ciencias de la vida y Tecnologías de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante Chilan Gomez Jhenifer Michel, legalmente matriculada en la carrera de Agroindustrias, periodo académico 2024-2, cumpliendo el total de 400 horas, cuyo tema del proyecto es "Efecto de la fermentación espontánea en las características físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales de una bebida de amaranto (*Amaranthus spp.*)".

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 17 de diciembre de 2024.

Lo certifico,



Ing. Stalin Santacruz Ph.D.  
Docente Tutor  
Área: Agroindustrias

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS**

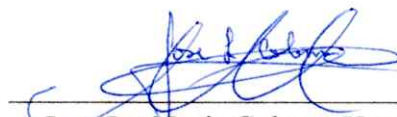
**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los honorables Miembros del Tribunal Examinador aprueban el proyecto de investigación con el tema **“Efecto de la fermentación espontanea en las características físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales de una bebida de amaranto (*Amaranthus spp*)”**, de las estudiantes de la carrera de ingeniería agroindustrial: **Alava Veliz Cristina Marlleling y Chilan Gomez Jhenifer Michel**, luego de haber sido analizado por los señores miembros del Tribunal Examinador, en cumplimiento de lo que establece la Ley se aprueba del trabajo de titulación:

Para constancia firman:

  
\_\_\_\_\_  
Lic. Dolores Muñoz Verduga, Ph.D  
**PRESIDENTA DEL TRIBUNAL**

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Yesenia García Montes, Mg.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

  
\_\_\_\_\_  
Ing. José Luis Coloma Hurel, Ph.D  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

**EFEECTO DE LA FERMENTACIÓN ESPONTÁNEA EN LAS  
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS Y  
SENSORIALES DE UNA BEBIDA DE AMARANTO (*Amaranthus* spp.)**

**EFFECT OF SPONTANEOUS FERMENTATION ON THE PHYSICAL,  
CHEMICAL, MICROBIOLOGICAL AND SENSORY CHARACTERISTICS OF  
AN AMARANTH DRINK (*Amaranthus* spp.)**

Álava Veliz Cristina Marlleling<sup>1</sup>; Chilan Gómez Jhenifer Michel<sup>2</sup>; Santacruz Terán  
Stalin Gustavo<sup>3</sup>

Universidad Laica de Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Ciencias de la Vida y  
Tecnología, vía San Mateo s/n, Manta, Ecuador

Email: [cristialava4@gmail.com](mailto:cristialava4@gmail.com) ; [jheni.chilan26@gmail.com](mailto:jheni.chilan26@gmail.com) ;  
[stalin.santacruz@uleam.edu.ec](mailto:stalin.santacruz@uleam.edu.ec)

**Resumen**

Las bebidas fermentadas se conocen como bebidas funcionales debido a la presencia de bacterias lácticas (BAL), que aportan con beneficios al sistema gastrointestinal y cardiovascular. Por lo que, el presente estudio tuvo como finalidad describir el efecto de la fermentación de amaranto en las características físicas (grados brix), químicas (pH, acidez, humedad, proteína, lípidos, cenizas y carbohidratos) y sensoriales de la bebida fermentada al día con menor y mayor crecimiento microbiano. Para ello, se realizó un conteo de las UFC de bacterias lácticas cada 24 horas, durante los tres días de fermentación. En cuanto a los análisis físicos y químicos no existió una variabilidad significativa. Por otra parte, los análisis sensoriales revelaron que la bebida tuvo un grado de aceptación del 65%, pese a su sabor amargo al final.

**Palabras claves:** amaranto, fermentación, bacterias lácticas, bebidas funcionales, caracterización.

**Abstract**

Fermented beverages are known as functional beverages due to the presence of lactic acid bacteria (LAB), which provide benefits to the gastrointestinal and cardiovascular systems. Therefore, the purpose of this study was to describe the effect of amaranth fermentation on the physical (brix), chemical (pH, acidity, moisture, protein, lipids, ashes and

carbohydrates) and sensory characteristics of the fermented beverage per day with lower and higher microbial growth. To do this, a count of the CFUs of lactic acid bacteria were conducted every 24 hours, during the three days of fermentation. There was no significant variability in the physical and chemical analyses. On the other hand, sensory analyses revealed that the drink had a degree of acceptance of 65%, despite its bitter taste at the end.

*Key words: amaranth, fermentation, lactic acid bacteria, functional beverages, characterization.*

## **Introducción**

En la actualidad, se presentan un sin número de problemáticas relacionadas con la producción de proteínas animales y sus grandes afectaciones que traen consigo al medio ambiente, por otro lado, las proteínas alternativas resultan una huella de carbono mucho menor dado que no requiere la crianza de ganado y sus emisiones asociadas al metano (Campillos, 2023).

Se conoce que el consumo mundial de carnes se encuentra en aumento, al igual que la creciente demanda de otras carnes como el pollo o cerdo, asimismo, se reconoce los efectos negativos severos al medio ambiente tras la producción ganadera (Godfray et al., 2018). Es decir, se requiere la poda de forestación para poder cultivar el pasto que sirve como alimento para el ganado, además, demanda de los recursos hídricos para poder mantener la alimentación del ganado. De acuerdo con Pimentel & Pimentel, (2003) obtener un kilogramo de carne de res fresca requiere 43 kg entre heno y grano, es decir, para producir cuarenta y tres kilogramos de comida demanda entre 100,000L a 200,00L de agua. Por otro lado, los alimentos de origen vegetal tienen un impacto ambiental menor dado que requieren menos del 50% de agua para su producción

Quesada & Gómez, (2019), afirman que una solución viable para este problema es sustituir el consumo de proteínas de origen animal por proteínas de origen vegetal, puesto que una alimentación con una mayor cantidad de alimentos de origen vegetal como frutas, semillas, cereales, vegetales, entre otros; brinda numerosos beneficios a la salud del ser humano y a su vez reduce la contaminación al medio ambiente.

Existen varios productos elaborados a partir de una proteína vegetal, destacando en el actual estudio las bebidas fermentadas de cereales. En sí, la fermentación es el resultado

del desarrollo de microorganismos con actividad probiótica (Aslam et al., 2020). En este contexto, las bebidas que presentan propiedades más allá de la función nutricional del alimento se les determina como funcionales, ya que, poseen características antimicrobiana, antioxidante, antiinflamatoria o supresión del desarrollo de bacterias patógenas (Lugo et al., 2021).

Actualmente, las bebidas fermentadas no se consideran naturales debido a las formulaciones realizadas con ingredientes funcionales para estimular los beneficios a la salud (Castillo-Escandón et al., 2019). Sin embargo, la deficiencia enzimática a la lactosa y los problemas asociados con el colesterol elevado se convierten en una desventaja para los alimentos probióticos a base de lácteos o proteínas obtenidas de origen animal (Huertas, 2012).

Los alimentos fermentados se tienden a asociar con numerosos beneficios hacia la salud, a su vez, se reconocen las mejoras organolépticas y funcionales que se presentan en la fermentación de alimentos. Según Şanlıer et al. (2019) los diferentes cambios organolépticos durante el proceso de fermentación se deben en gran medida a la presencia de bacterias ácido lácticas (BAL). Por otra parte, se conoce que los pseudocereales y los cereales son un gran medio para las fermentaciones de los microorganismos (Rollan, 2020). En este sentido, Rangel et al. (2015) menciona que el consumo de alimentos funcionales (AF) presentan beneficios preventivos y curativos en algunas patologías, gastrointestinales y cardiovasculares. De acuerdo con Pyo et al. (2024) los probióticos son microorganismos no patógenos, al ser suministrados de forma adecuada, ejercen beneficios a la salud del huésped como la mejora al sistema inmunológico, además de ser usados en el campo de la medicina como tratamiento preventivo de la hipertensión, la prevención de células cancerígenas y patologías gastrointestinales.

En Ecuador, la producción y comercialización del amaranto es relativamente desconocido al igual que sus beneficios. Se estima que el área cultivada es de 50 hectáreas, con una producción entre 22 a 66 quintales por hectárea (Jurado Escobar, 2020). El amaranto es un pseudocereal que se adecua a diversas condiciones climáticas, debido a su adaptación a climas templados. Su requerimiento de agua es menor que otros cereales, por ejemplo, requiere 40% menos agua que la quinua. Por otro lado, según el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) en el Ecuador en el año 2017, con una población de los 16,62 millones, más del tercio de los ciudadanos son intolerantes a la lactosa (Santacruz, 2020).



Siendo esta una de las razones de que exista escasa oferta de productos fermentados de origen no lácteos en el mercado ecuatoriano (OECD & Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2024).

En lo que respecta al desarrollo de alimentos fermentados a base de amaranto, Escobar (2019) realizó una bebida a base de harina de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) y salvado de arroz (*Oryza sativa*) con fermentación sólida y sumergida. Otra investigación que se ha realizado a base de este pseudocereal es la elaboración de un alimento fermentado a base de bebida de soja y amaranto fortificado con calcio (Medin et al. 2018). Ambos trabajos se enfocan en las características organolépticas, y con poca profundidad en cuanto al análisis microbiológico.

En relación con lo antes descrito, el presente artículo tuvo como finalidad estudiar el efecto del tiempo de fermentación en el desarrollo bacteriano de una bebida fermentada de amaranto. Los análisis físicos, químicos y organolépticos se realizaron en los días con menor (día 0) y mayor (día 2) crecimiento bacteriano de la bebida.

### **Materiales y métodos**

El amaranto en grano (*Amaranthus* spp) utilizado en el actual estudio pertenece a la marca Amati y fue obtenido en el Supermaxi de la ciudad de Manta, de la provincia de Manabí, Ecuador. De igual forma el maracuyá (*Passiflora edulis*) y la azúcar requerida para la elaboración de la bebida de amaranto fue adquirida en el supermercado ya mencionado.

### **Elaboración de la bebida**

Los granos de amaranto fueron sometidos a un proceso de molienda, a través de un molino pulverizador de granos (Vevor, USA) para la obtención de harina de amaranto. Para la preparación de la bebida se llevaron a cabo pruebas preliminares para evaluar el porcentaje de harina de amaranto a utilizar, usando concentraciones entre el 3% y 4%. De acuerdo con esto se elaboró la bebida con una la concentración del 4% de harina de amaranto y 96 % de agua. A su vez, para mejorar el sabor de la bebida de amaranto se añadió el 5% (en base a la masa total de la bebida) de maracuyá. Posterior a esto se procedió a cocinar la mezcla por 10 minutos a temperatura de ebullición y luego de enfriarla hasta 25°C, se agregó 5% (en base a la masa final de la bebida) de azúcar. Finalmente, la bebida se fermentó durante tres días en botellas de vidrio oscuras,

utilizando una trampa de oxígeno para impedir la entrada de aire, en un espacio con ausencia de luz y a una temperatura de alrededor 32°C.

### **Determinación de Viscosidad**

La viscosidad de la bebida se determinó a través de un viscosímetro rotacional (Brookfield, USA) con un cilindro o husillo N°1. El husillo fue sumergido en 250 mL de bebida y se realizaron medidas a velocidad de rotación de 6, 12, 30 y 60 rpm. Todas las medidas se realizaron a temperatura de  $25,0 \pm 0,1^\circ\text{C}$ . La viscosidad de la bebida se expresó en mPa.s (Barreto, 2021).

Los cálculos del índice de consistencia (K) y el índice de flujo (n) se realizaron a partir de la regresión lineal ( $\log \text{ viscosidad} = \log K + (n-1) \log (\text{razón de corte})$ ) de curvas del logaritmo de viscosidad frente a la razón de corte.

### **Análisis Microbiológico**

#### **Conteo de Unidades formadoras de colonia (UFC/mL)**

El análisis microbiológico se determinó por dilución decimal (hasta la tercera dilución  $10^{-3}$ ). La preparación de la primera dilución se tomó directamente de la muestra siendo una relación 9-1 mL entre la muestra (bebida) y su solvente (agua de pectona). Una vez disuelta la primera muestra se transfiere dicha solución a otro tubo de ensayo hasta lograr la tercera dilución, dicho procedimiento se realizó durante cuatro días consecutivos.

De acuerdo con la metodología de Monar et al. (2014a), una vez realizado este procedimiento, se colocaron 1 mL de cada dilución en placas Petri con el medio MRS (Man. Rogosa y Sharpe) siendo este un agar selectivo para *Lactobacillus* spp. Posterior a esto se llevó a cabo la incubación en una estufa a 37°C durante 48 horas. Tras transcurrir los dos días, se realizó el recuento de las Unidades Formadoras de Colonias (UFC/mL), a través de un contador de colonia digital (Pol-eko, polaco).

### **Análisis físicos**

#### **Grados °Brix**

Se determinó la presencia de sólidos en la bebida fermentada mediante un refractómetro digital (Atago, Japón) utilizando tres gotas de la bebida (Vélez & Moyano, 2023). Las mediciones se efectuaron los días 0 y 2 con una serie de tres repeticiones por día.

## **Análisis Químicos**

### **Determinación de pH**

Se analizó el pH de las muestras a los días de mayor y menor crecimiento bacteriano. Posteriormente, se tomó 20 mL de muestra y se empleó en el potenciómetro digital (Qingdao, China) según el método descrito en la norma NTE INEN 389 (1985-12) que indica el uso de potenciómetro para productos líquidos.

### **Acidez**

Se efectuó la determinación del porcentaje de acidez en los días de mayor y menor crecimiento microbiano. En un matraz Erlenmeyer se agregaron 5 mL de la muestra, 45 ml de agua destilada y luego se agregaron 3 gotas de fenolftaleína al 1%. Se tituló con hidróxido de sodio 0.1 N hasta presenciar en la muestra un tono levemente rosado (Gomez, 2021).

Para el cálculo del porcentaje de acidez, se utilizó la ecuación 1

$$\%acidez = \frac{(V NaOH * Normalidad NaOH * meq ácido)}{V muestra} * 100 \quad (1)$$

Donde:

V NaOH: Volumen en de NaOH consumido

Normalidad NaOH: 0.1 N

V muestra: Volumen de la muestra

Meq ácido láctico: 0,09 meq/L

### **Composición Química**

Los análisis detallados a continuación se realizaron a la bebida fermentada de amaranto en los días 0 y 2 de fermentación.

#### **Contenido de Proteínas**

El contenido de proteínas se analizó bajo la norma NTE INEN 465:1980.

#### **Contenido de Materia Grasa**

La determinación del contenido de materia grasa se realizó por gravimetría bajo la norma NTE INEN 466:1980.

### **Contenido de Cenizas**

Con respecto al contenido de cenizas se identificó mediante gravimetría bajo la norma NTE INEN 467:1980.

### **Carbohidratos**

La determinación de carbohidratos se calculó por diferencia, empleando la ecuación 2 (Iturbe & Sandoval, 2011).

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - \% \text{ humedad} - \% \text{ proteína} - \% \text{ lípidos} - \% \text{ cenizas} \quad (2)$$

### **Análisis sensorial**

La determinación de las características organolépticas se llevó a cabo mediante una prueba con 20 panelistas semi entrenados de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, matriz Manta. Las características organolépticas que se evaluarán fueron sabor, color, aroma y textura. La evaluación de la bebida se realizó en dos fases. La primera consistió en una prueba sensorial para establecer si existía una diferencia entre la bebida (día 0) y la bebida con mayor crecimiento de las UFC/mL (día 2). Una vez determinado si existía diferencia se realizó una prueba descriptiva con una escala hedónica adaptada de 9 puntos desde la menor valoración (1=me disgusta muchísimo) hasta la máxima puntuación (9=me gusta muchísimo) para la evaluación de las características sensoriales de la bebida (González et al., 2021).

### **Análisis estadísticos**

Se realizó un análisis estadístico Anova y una prueba de medias de t-student ( $p < 0,05$ ). Empleando el paquete estadístico Infostat 2020 versión libre.

## **Resultados y discusión**

### **Viscosidad**

El análisis de viscosidad realizado a la bebida mostro un descenso a medida que se aumentaban las revoluciones tal y como se observa en la Figura 1. Teniendo en cuenta las características de la curva y la ley de potencia se considera un fluido no newtoniano, específicamente un fluido pseudoplástico debido a que este tipo de fluido se caracterizan

por disminuir la viscosidad cuando existe un aumento de la fuerza hidrodinámica producida en el corte (Díaz, 2017). A partir de la regresión lineal obtenida (Figura 2), se realizaron los cálculos correspondientes en relación con la ecuación 3. El índice de consistencia (K) fue de 0,139 Pa · s; Suárez-Domínguez et al. (2015) afirman que es una medida de resistencia que tiene el fluido a la deformación. Este depende del tipo de muestra y la temperatura utilizada. Por otro lado, el índice de flujo (n) fue de 0,951; según Martínez, (2022) indica como responde un fluido ante la fuerza del corte. La investigación por parte de Pacheco et al. (2017) mostró que el contenido de grasa presente en la leche influye en las condiciones reológicas de una bebida láctea fermentada con leche entera y suero, donde el índice de consistencia (K) tuvo un valor de 2,88; mientras que el índice de flujo (n) fue de 0,78. Los resultados no presentan similitud con los del presente estudio y esto puede ser porque la bebida fermentada de amaranto no es una bebida láctea.

$$\log \mu = -0,0489 \log(\dot{\gamma}) - 0,8546 \quad (3)$$

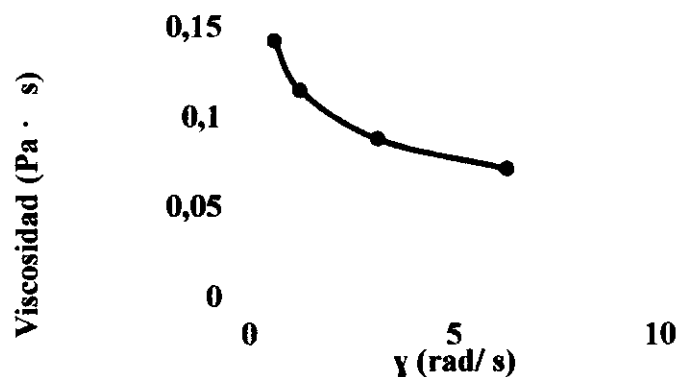
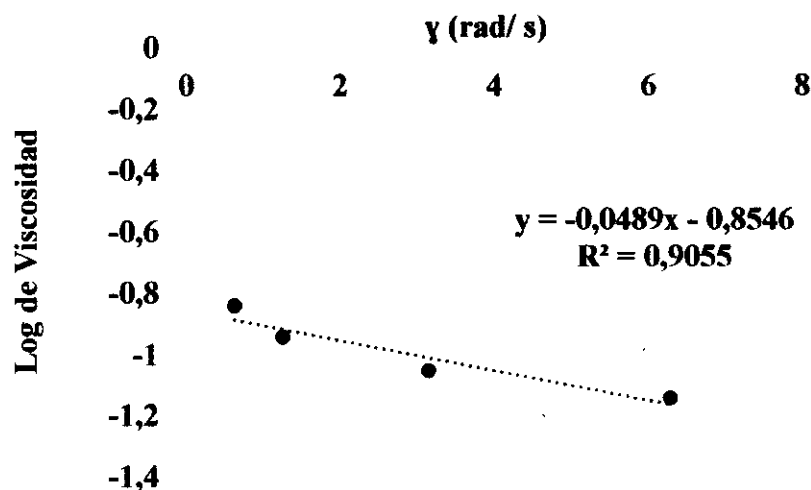


Figura 1. Resultados de análisis de viscosidad de una bebida fermentada de amaranto



**Figura 2.** Resultados reológicos y estadísticos obtenidos por el modelo de Ley de potencia en una bebida fermentada de amaranto

### **Análisis microbiológico**

El análisis microbiológico realizado en la bebida fermentada de amaranto presento un incremento microbiano de UFC/ml en el segundo día de fermentación, sin embargo, al siguiente día se identificó un descenso de UFC/ml (Tabla 1). Según Madigan et al. (2015), el ciclo del crecimiento bacteriano empieza con la fase de latencia; donde la presencia de UFC/ml es baja, por ende, depende del medio y las condiciones en que se encuentre la bebida, tal y como se logró apreciar en los datos obtenidos en el día cero.

Posteriormente, se da la fase exponencial donde las bacterias empiezan a duplicarse y se encuentra en su mejor estado de crecimiento, por lo que, se observó un crecimiento en el segundo día de la fermentación, según se muestra en la Tabla 1. Sin embargo, al transcurrir el tiempo los nutrientes que tiene la bebida reducen, logrando que el crecimiento disminuya y entre en fase estacionaria.

**Tabla 1.** Desarrollo de UFC/mL en una bebida fermentada de amaranto durante 3 días

<b>DÍAS</b>	<b>UFC/mL x 10<sup>2</sup></b>
<b>Día 0</b>	0,81 ± 0,01 A
<b>Día 1</b>	1,25 ± 0,02 A
<b>Día 2</b>	2,53 ± 0,04 A
<b>Día 3</b>	1,66 ± 0,01 A

Los valores son el promedio de 3 mediciones ± la desviación estándar. Letras iguales revelan que no existe diferencia entre los resultados en sentido horizontal ( $p < 0,05$ )

De acuerdo con Monar et al. (2014b), la concentración bacterias lácticas (BAL) en una bebida fermentada de kéfir de agua fue de  $4 \times 10^9$  UFC/mL, y Velázquez-López et al. (2018) en una bebida fermentada de maíz conocida como pozol determinaron un crecimiento de  $2 \times 10^7$  UFC/mL. Dichos resultados no presentan similitud con lo obtenido en el día 2 de fermentación de la bebida de amaranto ( $2,53 \times 10^2$  UFC/mL) puesto que la concentración de bacterias lácticas presente en la bebida fermentada de amaranto fue menor en comparación a las otras investigaciones porque las materias primas empleadas fueron distintas, como también las características y condiciones en las que las bebidas fueron fermentadas.

## **Análisis físicos y químicos**

### **Contenido de sólidos solubles**

El análisis de sólidos solubles de la bebida expresado en °Brix, obteniendo para el día 0 9,5 mientras que para el día 2 disminuyó a 7,3. Herrera et al. (2019) afirman que la disminución de los °Brix se da por la transformación de los sólidos solubles en dióxido de carbono y etanol que son sustratos para los microorganismos presentes en la fermentación.

### **pH y acidez**

Los resultados de los análisis de pH y acidez de la bebida fermentada de amaranto en los días 0 y 2, se presentan en la Tabla 2, donde se logra apreciar que el pH en el día 0 fue 3,79 y para el día 2 de 3,89. Los resultados del presente estudio están en concordancia con Guamán (2022) quien en su investigación de una bebida similar con harina de amaranto obtuvo un pH de 3,80. Por lo contrario, Analuisa (2022), tuvo un resultado de 5,38, para una bebida fermentada de amaranto, avena y maracuyá. Esta diferencia pudo deberse a que las concentraciones y condiciones de fermentación a la que fue sometida la bebida fueron diferentes a las aplicadas en el presente estudio. La acidez en la bebida no presentó una diferencia significativa durante su proceso de fermentación ( $p < 0,05$ ), obteniendo un valor de 0,22% aproximadamente. Estos resultados presentan una similitud al estudio de Lucas (2015) quien obtuvo una acidez de 0,5% para una bebida fermentada a base de extracto de arroz.

### **Contenido de humedad**

El contenido de humedad en la bebida no presentó un cambio significativo durante el tiempo de fermentación puesto que en el día 0 tuvo un 76% de humedad, mientras que el día 2 un 75,49%. Dicha información tiene relación con lo presentado por Masson & Viganó (2013), donde la humedad de una bebida fermentada de amaranto con chocolate fue de 80,39%.

**Tabla 2.** Resultados de análisis químicos en una bebida fermentada de amaranto en el día 0 y 2 de fermentación.

	<b>Día 0</b>	<b>Día 2</b>
<b>pH</b>	3,79 ± 0,01 A	3,89 ± 0,005 A

<b>Acidez %</b>	0,21 ± 0,02 A	0,23 ± 0,01 A
<b>Humedad %</b>	76 ± 0,02 A	75,49 ± 0,03 A

Los valores son el promedio de 3 mediciones ± la desviación estándar. Letras iguales revelan que no existe diferencia entre los resultados en sentido horizontal ( $p < 0,05$ )

### **Contenido proteico**

El contenido de proteína no presentó diferencia durante el tiempo de fermentación, debido a que en el día 0 se obtuvo 0,58% mientras que para el día 2 fue de 0,57% (Tabla 3), por lo que se podría decir que el tiempo de fermentación no afecta la cantidad proteica presente en la bebida. Según la investigación de Sanjinez (2018) una bebida con concentración del 17% de amaranto, 50% de quinoa y 33% de avena tiene 1,47% de contenido proteico, se debe tener en cuenta que la bebida tiene la mezcla de dos pseudocereales y un cereal, por lo que la cantidad de proteína en dicha investigación es más elevada, en comparación al resultado obtenido en el presente estudio.

### **Contenido lipídico**

Se observó una disminución del contenido lipídico en la bebida fermentada de amaranto de 0,35% (día 0) al 0,10% (día 2). Según Ziarno & Cichońska, (2021) explica que la actividad bioquímica de las bacterias lácticas pueden afectar las enzimas catalizadoras de lípidos y ácidos grasos liberados de triglicéridos (TG). Djorgbenoo et al. (2023) mostró que la composición lipídica de la avena se ve reducida durante la fermentación debido a la actividad metabólica de los microorganismos.

### **Contenido de cenizas**

El contenido de cenizas en la bebida fermentada de amaranto obtenido en el día 0 (0,08%) y día 2 (0,07%), no presentó ninguna alteración relevante, lo que significa que el tiempo de fermentación no afecta el contenido de cenizas.

### **Contenido de carbohidratos**

Los carbohidratos determinados en la bebida fermentada de amaranto mostraron un aumento entre los días de menor y mayor crecimiento microbiano (día 0 y día 2). Los valores obtenidos fueron 22,99% y 23,76% respectivamente. Trino et al. (2017) señala que el amaranto es una fuente rica de carbohidratos, lo que concuerda con los resultados



obtenidos, si bien el porcentaje de amaranto empleado en la bebida fue de apenas el 4%, la cantidad de carbohidratos presentes en ella fue relativamente alto.

**Tabla 3.** Resultados de contenido químico de una bebida fermentada de amaranto en el día 0 y 2 de fermentación

	<b>Día 0</b>	<b>Día 2</b>
<b>Proteína Total %</b>	0,58 ± 0,01 A	0,57 ± 0,02 A
<b>Materia Grasa %</b>	0,35 ± 0,03 A	0,10 ± 0,01 A
<b>Ceniza %</b>	0,08 ± 0,03 A	0,07 ± 0,04 A
<b>Carbohidratos %</b>	22,99 ± 0,01 A	23,76 ± 0,02 A

Los valores son el promedio de 3 mediciones ± la desviación estándar. Letras iguales revelan que no existe diferencia entre los resultados en sentido horizontal ( $p < 0,05$ )

### **Análisis sensoriales**

Los resultados evaluados fueron obtenidos en base al criterio de los panelistas semi entrenados donde se revelo que el 65% de panelistas gustaron del sabor de la bebida, 65% gustaron la textura, 80 % el aroma y 80 % el color. Cabe recalcar, las observaciones realizadas durante los días de evaluación fueron similares entre los panelistas resaltando que el 25% de ellos presentaron un desagrado por el sabor, 25 % la textura y 15 % el aroma.

La calificación promedio para el color fue 7,3 equivalente a me gusta moderadamente; el sabor 6,05 equivalente a me gusta poco; el aroma 6,5 correspondiente a me gusta mucho y la textura 6,25 equivalente a me gusta poco. Teniendo en cuenta que la escala de calificación iba de 1 punto (me disgusta muchísimo) hasta 9 puntos (me gusta muchísimo), se puede decir que la bebida fermentada de amaranto tuvo un grado de aceptación relativamente alto por parte de los jueces (Tabla 4).

**Tabla 4.** Resultados de análisis sensorial de una bebida fermentada de amaranto

	<b>Color</b>	<b>Aroma</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>
<b>Me gusta muchísimo</b>	18	9	0	0
<b>Me gusta mucho</b>	80	56	48	64

<b>Me gusta moderadamente</b>	28	35	35	21
<b>Me gusta un poco</b>	0	18	12	12
<b>Ni me gusta ni me disgusta</b>	20	5	10	10
<b>Me disgusta un poco</b>	0	0	12	16
<b>Me disgusta moderadamente</b>	0	3	0	0
<b>Me disgusta mucho</b>	0	4	4	2
<b>Me disgusta muchísimo</b>	0	0	0	0

### **Conclusiones**

Las observaciones realizadas durante el conteo de las UFC/mL muestran una medida creciente hasta el segundo día de fermentación de la bebida de amaranto, siendo seleccionado como el día con mayor crecimiento microbiano.

Los análisis físicos y químicos de las bebidas con menor y mayor presencia de UFC/mL mostraron que no existió una diferencia entre los días de estudio, sin embargo, se observó una disminución del contenido lipídico de la bebida debido a la actividad metabólica de los microorganismos durante el proceso de fermentación.

El estudio reveló aceptación de las características sensoriales de la bebida fermentada por parte de los jueces, no obstante, la bebida presentó una textura grumosa debido a la sedimentación que se dio durante los días de fermentación. Además, sería de interés probar mezclas entre cereales o pseudocereales para mejorar las características sensoriales de la bebida.

### **Referencias**

Analuisa, B. (2022). EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE HIERRO Y FIBRA EN UNA BEBIDA DE AMARANTO (*Amaranthus spp*), AVENA (*Avena sativa*) Y MARACUYÁ (*Passiflora edulis*) [UNIVERSIDAD AGRARIA DEL

ECUADOR].

<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ANALUISA%20RAMIREZ%20BRYAN%20RICARDO.pdf>

Aslam, H., Green, J., Jacka, F. N., Collier, F., Berk, M., Pasco, J., & Dawson, S. L. (2020).

Fermented foods, the gut and mental health: A mechanistic overview with implications for depression and anxiety. *Nutritional Neuroscience*, 23(9), 659-671. <https://doi.org/10.1080/1028415X.2018.1544332>

Barreto, A. (2021). EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE LACTOSUERO

DULCE Y PULPA LIOFILIZADA DE GUAYABA (*Psidium guajava*) EN UNA BEBIDA LÁCTEA FERMENTADA FUNCIONAL [ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ].

<https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1563/1/TTAI30D.pdf>

Campillos, C. (2023). Beneficios ambientales de las proteínas alternativas.

Castillo-Escandón, V., Fernández-Michel, S. G., Cueto-Wong, M. C., & Montfort, G. R.-

C. (2019). Criterios y estrategias tecnológicas para la incorporación y supervivencia de probióticos en frutas, cereales y sus derivados. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 22.

<https://www.redalyc.org/journal/432/43265210021/html/>

Diaz, A. (2017). CURVAS DE POTENCIA PARA FLUIDOS NO-NEWTONIANOS Y

NEWTONIANOS. UNIVERSIDAD DE LOS ANDES.

Djorgbenoo, R., Hu, J., Hu, C., & Sang, S. (2023). Fermented Oats as a Novel Functional

Food. *Nutrients*, 15(16), 3521. <https://doi.org/10.3390/nu15163521>

Escobar, A. (2019). Desarrollo de una bebida a base de harina de amaranto (*Amaranthus*

*hipochondriacus*) y salvado de arroz (*Oryza sativa*) con fermentación sólida y sumergida [Tesis, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO].

<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/29408/3/AL%20698.pdf>

Godfray, H. C. J., Aveyard, P., Garnett, T., Hall, J. W., Key, T. J., Lorimer, J., Pierrehumbert, R. T., Scarborough, P., Springmann, M., & Jebb, S. A. (2018). Meat consumption, health, and the environment. *Science* (New York, N.Y.), 361(6399), eaam5324. <https://doi.org/10.1126/science.aam5324>

Gomez, J. (2021). DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y EL CONTENIDO DE FENOLES TOTALES DE UNA BEBIDA DE ARAZÁ (*Eugenia stipitata*) EDULCORADO CON STEVIA [UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS]. <https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/2513/Gomez%20Casta%C3%B1eda%20Jose%20Constantino.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

González, J., Ginecco, G., Patiño, A., Peña, E., & Páez, M. (2021). Un Encuentro entre las Ingenierías, Telecomunicaciones y Ciencias Sociales: Vol. Vol 33, N° 1. e La Revista Tecnológica ESPOL. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/issue/download/37/3#page=7>

Guamán, M. (2022). ELABORACIÓN DE KÉFIR DE AGUA PROTEINIZADO CON AMARANTO (*Amaranthus caudatus* L.) Y SABORIZADO CON MELOCOTÓN (*Pronus persica*)". ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Herrera, J., León, L., Torres, Y., Cano, N., Herrera, A., & Cuenca, M. (2019). EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LEVADURA COMERCIAL PARA EL PROCESO DE FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA DE HIDROMIEL. *Publicaciones e Investigación*, 13(2), 23-30.

- Huertas, R. A. P. (2012). Yogur en la salud humana. *Revista Lasallista de Investigación*, 9(2), 162-177.
- Iturbe, F., & Sandoval, J. (2011). *Análisis de Alimentos Fundamentos y Técnicas*. FQ.
- Jurado Escobar, E. O. (2020). Estudio de la producción y comercialización del amaranto (*Amaranthus SP*) en la provincia de Imbabura [bachelorThesis].  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9888>
- Lucas, F. (2015). Obtención de bebida fermentada tipo yogurt a base de extracto de arroz pulido (*Oryza sativa*) [ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL].  
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/35068/1/D-CD88197.pdf>
- Lugo, L., Cruz, N., Cervantes, A., Delgado, L., Ariza, J., & Zafra, Q. (2021). (PDF) Bacterias ácido lácticas de bebidas vegetales fermentadas: Producción de metabolitos y propiedades antimicrobianas. ResearchGate.  
<https://doi.org/10.29057/icsa.v9i18.6590>
- Madigan, M., Martinko, J., Bender, K., Buckley, D., & Stahl, D. (2015). *Biología de los microorganismos BROCK* (14.<sup>a</sup> ed.). PEARSON EDUCACION S.A.  
[https://www.academia.edu/39077515/Biolog%C3%ADa\\_de\\_los\\_microorganismos\\_BROCK?auto=download](https://www.academia.edu/39077515/Biolog%C3%ADa_de_los_microorganismos_BROCK?auto=download)
- Martinez, L. (2022). Tratamiento de datos de alimentos fluidos para la determinación experimental de viscosidad. *Educación química*, 33(3), 21-32.  
<https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.3.81406>
- Masson, A. P., & Viganó, O. J. (2013). Bebida láctea com amaranto. *Revista e-TECH: Tecnologias para Competitividade Industrial - ISSN - 1983-1838*, 6(2), Article 2.  
<https://doi.org/10.18624/e-tech.v6i2.323>

- Medin, S., Mateo, J., Santillán, Y., Guelfo, M., Zwenger, V., & Medin, R. (2018).  
ELABORACION DE ALIMENTO FERMENTADO A BASE DE BEBIDA DE  
SOJA Y AMARANTO FORTIFICADO CON CALCIO.
- Monar, M., Dávalos, I., Zapata, S., Caviedes, M., & Ramírez-Cárdenas, L. (2014a).  
Caracterización química y microbiológica del kéfir de agua artesanal de origen  
ecuatoriano. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 6(1), Article 1.  
<https://doi.org/10.18272/aci.v6i1.160>
- Monar, M., Dávalos, I., Zapata, S., Caviedes, M., & Ramírez-Cárdenas, L. (2014b).  
Caracterización química y microbiológica del kéfir de agua artesanal de origen  
ecuatoriano. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 6(1), Article 1.  
<https://doi.org/10.18272/aci.v6i1.160>
- OECD & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). OCDE-FAO  
Perspectivas Agrícolas 2024-2033. OECD. <https://doi.org/10.1787/2b0c9d81-es>
- Pacheco, M., Porras, O., Velasco, E., Morales, E., & Navarro, A. (2017). Effect of the  
milk-whey relation over physicochemical and rheological properties on a  
fermented milky drink. *Ingeniería y competitividad*, 19(2), 83-91.
- Pimentel, D., & Pimentel, M. (2003). Sustainability of meat-based and plant-based diets  
and the environment. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78(3 Suppl),  
660S-663S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/78.3.660S>
- Pyo, Y., Kwon, K. H., & Jung, Y. J. (2024). Probiotic Functions in Fermented Foods: Anti-  
Viral, Immunomodulatory, and Anti-Cancer Benefits. *Foods (Basel, Switzerland)*,  
13(15), 2386. <https://doi.org/10.3390/foods13152386>
- Quesada, D., & Gómez, G. (2019). ¿Proteínas de origen vegetal o de origen animal?: Una  
mirada a su impacto sobre la salud y el medio ambiente. *Revista de Nutrición  
Clínica y Metabolismo*, 2(1), Article 1. <https://doi.org/10.35454/mcm.v2n1.063>

- Rangel, A., Flores-Martínez, N., F, V., C.I, M., Perez-Perez, C., & López-González, M. (2015). Aceites esenciales como antioxidantes y antimicrobianos naturales (pp. 50-58).
- Rollan, G. C. (2020). Fermentación láctica de cereales y granos ancestrales andinos. En *Alimentos fermentados: Microbiología, nutrición, salud y cultura*. Instituto Danone. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/127754>
- Sanjinez, A. (2018). ESTUDIO Y FORMULACIÓN DE UNA BEBIDA NO LÁCTEA A BASE DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*), AVENA (*Avena sativa*), Y AMARANTO (*Amaranthus caudatus*) [UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/18229/PG-330.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Şanlıer, N., Gökçen, B. B., & Sezgin, A. C. (2019). Health benefits of fermented foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(3), 506-527. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1383355>
- Santacruz Ramos, A. L. (2020). Elaboración de pasteles para personas intolerantes a la lactosa en la provincia de Pichincha cantón Rumiñahui parroquia Sangolquí barrio unión y progreso [Thesis, QUITO/UIDE/2020]. <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/4255>
- Suárez-Domínguez, E.-J., Rivera, M., Coronel-Santillán, A.-U., Palacio-Pérez, A., & Izquierdo-Kulich, E. (2015). Estudio de coeficientes reológicos de un crudo extrapesado mezclado con un biorreductor de viscosidad. *Ingeniería Mecánica*, 18(2), 87-92.
- Velázquez-López, A., Covatzin-Jirón, D., Toledo-Meza, M. D., Vela-Gutiérrez, G., Velázquez-López, A., Covatzin-Jirón, D., Toledo-Meza, M. D., & Vela-Gutiérrez, G. (2018). Bebida fermentada elaborada con bacterias ácido lácticas aisladas del

pozol tradicional chiapaneco. *CienciaUAT*, 13(1), 165-178.

<https://doi.org/10.29059/cienciauat.v13i1.871>

Vélez, Y. M. L., & Moyano, S. F. H. (2023). Aprovechamiento y evaluación de una bebida no alcohólica a base de mucílago y placenta de *Theobroma cacao* L, *Ananas comosus* y *Mangifera indica*. *Revista InGenio*, 6(1), Article 1.

<https://doi.org/10.18779/ingenio.v6i1.559>

Ziarno, M., & Cichońska, P. (2021). Lactic Acid Bacteria-Fermentable Cereal- and Pseudocereal-Based Beverages. *Microorganisms*, 9(12), Article 12.

<https://doi.org/10.3390/microorganisms9122532>