



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANBI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGIA**

**ARTICULO CIENTÍFICO PREVIO A LA OBTENCION DE TITULO DE
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

TEMA:

Uso de *Rhizopus* spp en la elaboración de un alimento fermentado a base de amaranto
(*Amaranthus* spp)

AUTOR:

Romero Balda Nayely Marileysis

TUTOR:

Dr. Santacruz Terán Stalin Gustavo

MANTA - MANABÍ - ECUADOR

2025(1)

DECLARACIÓN EXPRESA DE AUTORÍA

Yo Romero Balda Nayely Marileysis con CI. 0107086951, declaro que el presente trabajo de titulación denominado "Uso de *rhizopus* spp en la elaboración de un alimento fermentado a base de amaranto (*amaranthus* spp"., es de mi 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.

Lo certifico.

Romero Balda Nayely Marileysis

Manta, 16 de septiembre de 2025.

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1
		Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ciencia 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 Romero Balda Nayely Marileysis, legalmente matriculado/a en la carrera de Agroindustria, período académico 2025-1, cumpliendo el total de 400 horas, cuyo tema del proyecto es "Uso de *rhizopus* spp en la elaboración de un alimento fermentado a base 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, 04 de agosto de 2025.

Lo certifico,



Ing. Stalin Santacruz, Ph.D.
Docente Tutor(a)
Área: Agroindustria

Agradecimientos

A Dios y a mi amada familia, gracias por ser mi refugio y mi mayor fortaleza. Cada uno de ustedes ha sido inspiración en este camino, llenándome de amor, paciencia y palabras de aliento en los momentos más difíciles. Gracias por creer en mí incluso cuando dudé, por tenderme la mano en cada tropiezo y por celebrar conmigo cada pequeño logro. Este triunfo no es solo mío, sino también de ustedes, porque con su apoyo incondicional y su amor infinito me han demostrado que la unión familiar es la base de todo sueño cumplido.

Agradezco a mis docentes, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro.

Sencillo no ha sido el proceso, pero gracias a las ganas de trasmitirme sus conocimientos y dedicación que lo he adquirido, he logrado importante objetivo como culminar el desarrollo de mi artículo científico con éxito y obtener una afable titulación profesional.

A mis amigos, gracias por ser una parte fundamental de este camino. Por cada palabra de aliento, por cada sonrisa compartida y por estar presentes en los momentos de cansancio y también en los de alegría. Su compañía y apoyo sincero hicieron que este proceso fuese más llevadero y especial.

Dedicatoria

Dedico este logro a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza, llenándome de sabiduría, fe y perseverancia necesaria para alcanzar esta meta. Con mucho amor y cariño a mis padres, María Celeste Balda y Simón Romero, por su apoyo incondicional, este logro es el resultado de su amor inmenso y de su fe inquebrantable. A mis hermanas por sus palabras de aliento que me motivaron a seguir adelante, han sido mi respaldo en cada etapa de este proceso, las admiro y estoy muy orgullosa de ustedes. A mi tita por su amor en todo el transcurso de mi carrera. Mi Alain gracias porque estuviste desde el inicio brindándome tu apoyo incondicional y tu motivación para seguir adelante, gracias por tu dedicación, paciencia y por estar siempre para mí. Y por último y no menos importante me dedico este logro a mí misma, por la disciplina, el esfuerzo y la perseverancia que me permitieron llegar hasta aquí. Por no rendirme ante las dificultades y mantener la fe en mis sueños. Este triunfo es también un recordatorio de que con constancia y amor propio todo objetivo es posible.

**USO DE RHIZOPUS SPP EN LA ELABORACION DE UN ALIMENTO
FERMENTADO A BASE DE AMARANTO (*AMARANTHUS SPP*)**

**USE RHIZOPUS SPP IN THE PREPARATION OF FERMENTED FOOD
BASED ON AMARANTH (*AMARANTHUS SPP*)**

Romero Balda Nayely Marileysis¹; Santacruz Terán Stalin Gustavo²

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

Resumen

El hongo *Rhizopus* spp. En la fermentación del estado sólido del amaranto (*Amaranthus* spp.), tiene la intención de mejorar la aproximación de composición, a pesar de ello, se utilizó el diseño unifactorial con dos temperaturas de incubación (30 °C y 35 °C), definiendo continuamente el pH y la humedad. En cuanto a los resultados se mostraron que a 35 °C se obtuvo un crecimiento micelial más veloz de (5,738 cm² en 24 h), demostrando una mayor velocidad enzimática del hongo. La composición proximal se dio que las muestras fermentadas revelaron un aumento en el contenido de proteína hasta el (20,17%) y en lípidos el (27,86%), en comparación a las muestras de control. Se observó un ligero decrecimiento en el contenido de ceniza (1,69 % a 1,50 %), posiblemente por absorción mineral o dilución. El contenido de carbohidrato mostró variaciones atribuibles a la actividad enzimática del hongo. Estos hallazgos confirman el potencial de *Rhizopus* spp, para mejorar el valor nutricional del amaranto.

Palabra claves: amaranto, fermentación, hongo *Rhizopus* spp, biomasa.

Abstract

The fungus *Rhizopus* spp. in the solid-state fermentation of amaranth (*Amaranthus* spp.) aims to improve the composition approximation. However, a single-factor design with two incubation temperatures (30°C and 35°C) was used, continuously defining the pH and humidity. The results showed that at 35 °C, faster mycelial growth was obtained (5.738 cm² in 24 h), demonstrating a higher enzymatic speed of the fungus. The proximal composition showed that the fermented samples revealed an increase in protein content to 20.17% and in lipids to 27.86%, compared to the control samples. A slight decrease in ash content (1.69% to 1.50%) was observed, possibly due to mineral absorption or dilution. The carbohydrate content showed variations attributable to the enzymatic activity of the fungus. These findings confirm the potential of *Rhizopus* spp. to improve the nutritional value of amaranth.

Key words: amaranth, fermentation, *Rhizopus* spp fungus, biomass.

Introducción

Los objetivos de desarrollo sustentable investigan erradicar el hambre y por lo tanto también garantiza la vida en nuestro planeta. Sin embargo dentro de este contexto, la producción de proteínas vegetales consigue jugar un papel decisivo, ya que logra ofrecer una fuente más accesible y sostenible de alimentos Naciones Unidas, (2017). Las proteínas vegetales descendientes de legumbres, cereales y frutos secos brindan una producción proteica eficaz, con contenidos entre 19% y 36%, superando en algunos casos a la carne, que contribuye entre 20% y 25% (Varela, 2012).

La huella hídrica es un indicador medioambiental que especifica el volumen total de agua dulce, empleando a lo largo de toda la cadena de producción de un bien de consumo o servicio. Poseemos que la huella hídrica menor dentro de los alimentos es la de las frutas y verduras y la mayor huella hídrica se muestra en los productos animales (Figura 1). Como ejemplo para la producción de un kilogramo de carne de res o carne vacuna, se requiere hasta 15400 litros de agua sin embargo para las frutas y las hortalizas se ubican del lado opuesto de la balanza, ya que requieren entre 320 y 960 litros de agua para producir un kilogramo (Management et al., 2013)

LA HUELLA HÍDRICA DE LOS ALIMENTOS

Cantidad de agua requerida para la producción de un kilogramo de alimentos seleccionados (en litros)



Figure 1 Huella hídrica de los alimentos

En la figura 2 se logra analizar que el ganado vacuno produce 70,6 kg de emisiones de gases de efecto invernadero por cada 100g de carne producida. Sin embargo la carne de res tiene el mayor impacto ambiental en términos de emisiones, siendo responsable de la mayor cantidad de gases de efecto invernadero por cada 100g de producto. En similitud con los alimentos de origen vegetal, las legumbres originan 2 kg de emisiones, un valor mucho menor al de ganado vacuno (ONU, 2022).

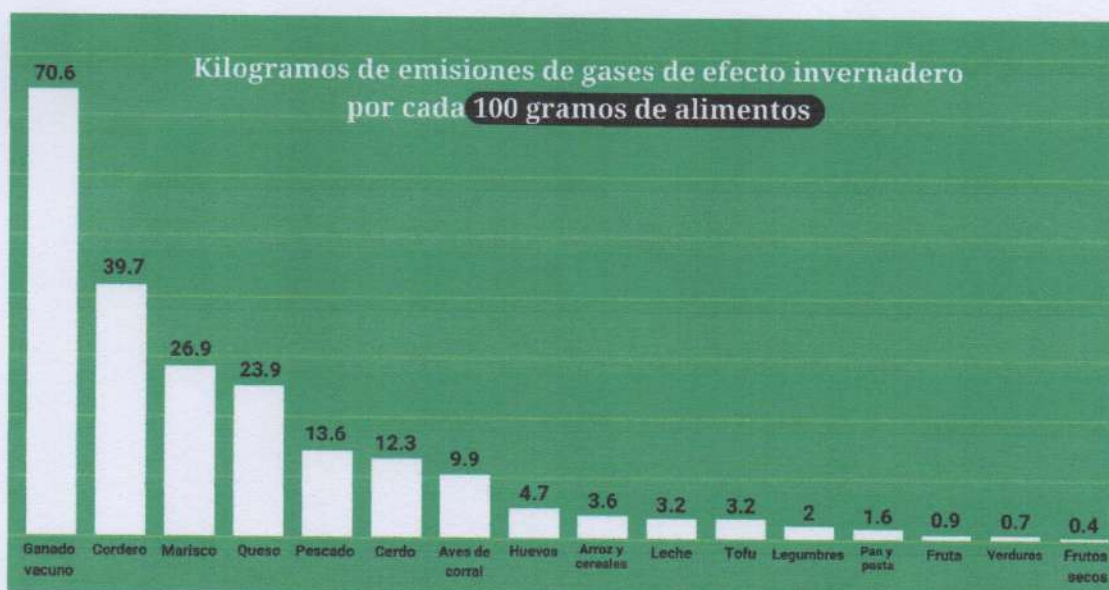


Figure 2 Gases de efecto invernadero

En las fuentes de proteína vegetal se encuentran los pseudocereales como el amaranto. El amaranto (*Amaranthus* spp) es cultivado desde hace más de 8 000 años en América Central y del Sur, por lo tanto, era un alimento sagrado para los aztecas y otros pueblos precolombinos. Estas plantas no pertenecen a la familia de los cereales, en cierto modo,

tienen usos similares. El amaranto tiene entre un 12 a 19% de proteína y muestra un excelente balance de aminoácidos (Garay et al., 2014).

Los productos fermentados son alimentos que contribuyen a la salud del consumidor, ayudan a equilibrar la microbiota intestinal, mejora la salud digestiva y reduce los problemas como el estreñimiento, la diarrea y en síndrome del intestino irritable, efectos antiinflamatorios y también para la salud mental (Puntillo & Gabriel, 2023). En Ecuador existe poca oferta de este tipo de alimentos, en específico hechos a base de proteína vegetales. La fermentación en estado sólido demanda el control preciso de variables críticas como temperatura, humedad, pH y tiempo de incubación, ya que estas inciden directamente en el crecimiento fúngico y la biotransformación del sustrato. Es esencial estandarizar las condiciones óptimas para cada leguminosa mediante ensayos experimentales y análisis técnicos.

El hongo *Rhizopus* spp conocido principalmente por ser un patógeno en plantas, también tiene beneficios significativos en procesos de fermentación como la producción de enzimas como amilasa, proteasa y lipasa, que son útiles para descomponer almidones, proteínas y grasas, respectivamente (Pachon S., Villano D., Troncoso A., 2006). El uso del *Rhizopus* spp, tiene varios usos importantes en diferentes ámbitos, principalmente en la producción de alimentos fermentados. Facilitan la descomposición de almidones y proteínas complejas, lo que mejora la digestibilidad del alimento. El tempeh es un alimento producto de la fermentación en medio sólido de la soya con diferentes cepas del hongo *Rhizopus* spp. Aunque el tempeh se asocia comúnmente con la soya, también se puede preparar utilizando amaranto (Angulo López et al., 2023). La fermentación del amaranto con *Rhizopus* spp está plenamente justificada por sus múltiples beneficios (Mor Llombart, 2021), dado que mejora significativamente el valor nutricional. Además, es una opción razonable y viable que favorece a la seguridad alimentaria (Coutado, 2022).

Entre el 20% y el 40% de las manifestaciones totales de gases de efecto invernadero, son provenientes del sector alimenticio (Bautista, 2020).

Una disminución de 50% en el consumo de productos de origen animal y su sustitución por los de origen vegetal, reducirá un 31% de los gases de efecto invernadero. Cerca del 50% del agua dulce se utiliza en la producción de alimentos, logrando un 80% en varios países por causa al mejorar el riego agrícola. Sin embargo, los métodos agrícolas vegetales expresan

mayor validez hídrica y una menor magnitud de emisiones por unidad de producto, dado que la asimilación con rebaño. Por lo tanto, las dietas establecidas en vegetales son más razonables, tanto en métodos de usos de recursos como impacto climático (Lizana, 2018).

El presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto del hongo *Rhizopus* spp, en la fermentación en estado sólido del amaranto (*Amaranthus* spp.), con el fin de mejorar su composición proximal. La elección de pseudocereales se demuestra por su valor nutricional, la calidad de su potencial contribuye a la sostenibilidad alimentaria, sin embargo, la fermentación intervenida se proyecta como un planteamiento biotecnológico para perfeccionar la calidad nutricional del amaranto, puesto que a su vez se desarrollan productos eficaces con valor agregado. La presente investigación busca formar una alternativa innovadora de manera general de los desafíos en materia de nutrición, medio ambiente y economía, sobre todo en el argumento de seguridad alimentaria.

La presente investigación tiene como intención elaborar un alimento fermentado a base del amaranto (*Amaranthus* spp) evaluando el efecto de la temperatura en la fermentación de amaranto y los cambios en el contenido de proteína, lípidos, ceniza y carbohidratos como resultados de la fermentación.

Materiales y método

La investigación se lleva a cabo en los laboratorios de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, ubicada de la ciudad de Manta, Ecuador. Se utilizó amaranto en grano (*Amaranthus* spp) de la marca Amati que fue obtenida en el Supermaxi de la ciudad de Manta, de la provincia de Manabí, Ecuador. El hongo fue adquirido a través de Amazon como cepa utilizada en la elaboración de tempeh.

Proceso de fermentación

En un recipiente se coloca 350 mL de agua y se lleva a ebullición. Al hervir, se añade 1 taza de amaranto (*Amaranthus* spp) se cocina durante 40 minutos a fuego alto. Seguidamente, se incorporan 5 mL de vinagre blanco para reducir el pH a valores cercanos a 5. Una vez cocido, se deja enfriar durante 10 minutos y se colocan 24 g (b.s) de amaranto en una caja Petri plástica esterilizada, se adicionan 0,1 g de *Rhizopus* spp., mezclando uniformemente. Posteriormente, la caja se cubre con una funda Ziploc perforada para consentir el intercambio gaseoso, misma que se coloca dentro de un vaso de precipitación sellado con papel aluminio.

Últimamente, las muestras se incuban en baño termostático durante 24 h a las temperaturas correspondientes.

Cuantificación de biomasa micelial

El parámetro de biomasa se ejecutó a partir de la medición del área de crecimiento del micelio durante el proceso de fermentación. Para ellos, las muestras fueron incubadas por un periodo de 24h, y se cumplieron evaluaciones del crecimiento micelial en los tiempos 0, 12, 15, 18, 21 y 24 h. El crecimiento fue medido utilizando una regla, registrando el ancho y el largo del micelio visible en la superficie del sustrato. Consecutivamente, se determinó el área ocupada por el micelio mediante la ecuación (1), establecida en el uso de un cuadrado de área conocida como referencia. Esta metodología permitió estimar de forma indirecta la biomasa desarrollada durante la fermentación.

$$\frac{\text{Área del cuadrado}}{\text{Peso del cuadrado}} = \frac{\text{Área del hongo}}{\text{Peso del recorte}} \quad (1)$$

Este procedimiento se realizó por triplicado por cada temperatura de incubación

Análisis de composición proximal

El pH de las muestras de amaranto fermentadas se midió utilizando un potenciómetro digital según el método descrito de la norma NTE INEN 389 (1985-12) para productos líquidos.

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

La determinación del contenido de materia grasa se realizó por gravimetría bajo la norma NTE INEN 466:1980. Con respecto al contenido de cenizas se identificó mediante gravimetría bajo la norma NTE INEN 467:1980. La determinación de carbohidratos se hizo por diferencia, empleando la ecuación 2 (Iturbe & Sandoval, 2011).

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

Diseño experimental

Se empleó un diseño totalmente aleatorizado con un solo factor (unifactorial) con dos niveles, con objetivo de evaluar el efecto de la temperatura sobre el crecimiento del hongo *Rhizopus* spp., en un sustrato de amaranto (*Amaranthus* spp). Las temperaturas de incubación estimadas fueron 30 °C y 35 °C, mientras que el pH (5) y la humedad relativa (75%) se conservaron firme en todos los tratamientos. Cada tratamiento se replicó tres veces, lo que resultó en un total de 12 unidades experimentales.

Análisis estadísticos

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

Resultados y Discusión

Cuantificación de biomasa micelial

Los resultados muestran diferencia en la velocidad del crecimiento del micelio entre ambas temperaturas (Fig 3). Los resultados conseguidos revelan que a 35 °C se alcanzó un crecimiento más rápido, con un máximo de 5,738 cm² a las 24 horas de incubación, evidenciando una fase más temprana y pronunciada. En diferencia a la temperatura de 30 °C, el crecimiento fue más lento, alcanzando solo 4,058 cm², lo que sugiere una menor velocidad en los procesos enzimáticos del hongo. Cabe recalcar que a medida que trascurren las horas, el área (indicador del crecimiento de biomasa) aumenta constantemente en ambas condiciones térmicas. La diferencia es significativa solo a partir de las 18 h de incubación, con una biomasa mayor a 35 °C. lo que sugiere que el crecimiento de *Rhizopus* spp., es más acelerado a 35 °C. este comportamiento sugiere que la temperatura de incubación tiene un impacto crítico en la velocidad de desarrollo del micelio a 35 °C, el aumento de temperatura mejora la cinética de crecimiento micelial, favoreciendo una mayor actividad metabólica y aumentando la biomasa generada. Este procedimiento concuerda con lo reportado por Milcarz & Harasym, (2025), quienes encontraron que la fermentación de pseudocereales como el amaranto y la quínoa con *Rhizopus* spp., produjo un crecimiento de biomasa entre 5,6 y 5,9 cm² a 35 °C. Estos resultados muestran que temperaturas por encima de 30 °C favorecen un crecimiento micelial más rápido y abundante. En el presente trabajo, a 30 °C se alcanzó una área de crecimiento de 4,058 cm², un valor muy similar al reportado por (Bhargava et al., 2008), quienes encontraron un rango entre 3,8 y 4,2 cm² en condiciones parecidas. Esta comparación conforma que la temperatura de incubación influye en la magnitud del desarrollo micelial ya que a temperaturas de incubación influye en la magnitud del desarrollo micelial ya que a temperaturas menores la velocidad del crecimiento es más lenta. En particular, el sustrato de amaranto mostro una respuesta favorable a la incubación a 35 °C, lo que lo convierte en una opción adecuada para procesos de fermentación sólida con *Rhizopus* spp.

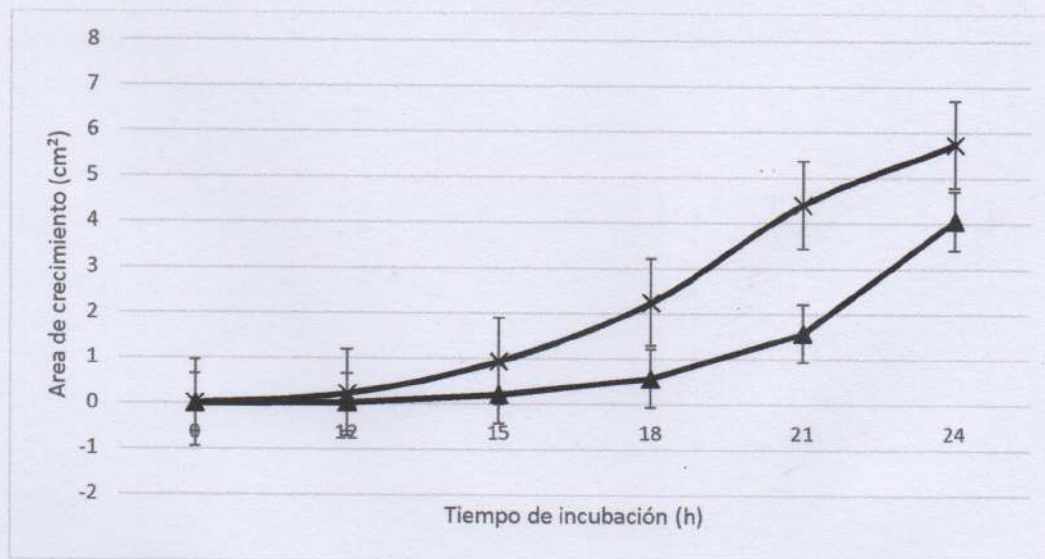


Figura 3. Resultado de análisis de cuantificación de biomasa del crecimiento de *Rhizopus* spp en amaranto a temperatura de ▲30 °C y × 35°C.

Análisis proximal

El contenido de proteína en el tratamiento con *Rhizopus* spp., produjo cambios demostrativos en la composición proximal del sustrato fermentado. El contenido de proteína presento un incremento en el contenido de proteína, registrando 20,18 % en las muestras con hongo frente a 18,41 % en las muestras sin fermentación, lo que indica un efecto positivo de la fermentación en el enriquecimiento proteico ($p < 0,05$). Los resultados coinciden con los reportados por Zhang et al., (2022) quienes observaron un incremento del contenido proteico de 14,8 % a 20,1 % en amaranto fermentado con *Rhizopus oligosporus* en condiciones de fermentación en estado sólido. Por parte de -Hernandez, (2018) mostro que la fermentación del sorgo con *Rhizopus oryzae* elevó el contenido de proteína de 7,34 % a 11,52 %, mientras que Zhang et al., (2022) reportaron un aumento de 17,5 % a 24,3 % en soya tras la fermentación con *Rhizopus* spp,. No obstante, este aumento se atribuyó a la proliferación de la biomasa fungida lo cual es rica en proteína, asegurando el papel del hongo en la mejoría del valor proteico de varias entidades vegetales. Lo cual la dimensión del crecimiento depende del tipo de materia prima, dado que las situaciones del proceso y el tiempo de fermentación. Se observó en el contenido de lípidos en cuanto a las muestras fermentadas un incremento demostrativo, logrando un 27,86%, sin embrago las muestras control sin hongo

mostraron un valor ampliamente menor de 4,84%. El aumento probablemente podría estar vinculado con la acumulación de lípidos por parte del hongo a lo largo de la fermentación. Se observó un aumento aún más pronunciado, donde los valores se aumentaron más de seis veces relacionado al control con hongo. Chang et al., (2014) asimismo observaron un aumento en compuestos tras la fermentación de amaranto. Esencialmente en condiciones de fermentación sólida y favorable, Bolaño Losada et al., (2025). Según Meng et al., (2009), manifiestan que en el transcurso de la fermentación solida ocurre una acumulación de lípidos, atribuida importantemente a la biomasa del hongo, por lo tanto puede se puede unir lípidos a sus estructuras celulares, en relación al contenido de ceniza, no se visualizaron diferencias estadísticamente representativas, sugiriendo que la fermentación no hubo una alteración considerablemente en el contenido del sustrato (Mamani et al., 2017).

En el contenido de carbohidrato se observó que hubo una disminución en cuanto a las muestras fermentadas con hongo en comparación con las muestras sin fermentar del amaranto. Las muestras sin hongo demostraron un 75,07 % de carbohidratos, así mismo las muestras con hongo presentaron un 50,48 %. Esta disminución se atribuye al consumo de carbohidratos por parte del hongo durante el proceso de fermentación, debido a que estos compuestos forman la principal fuente de energía y carbono para el crecimiento y metabolismo fungido Toor et al., (2022). Por ende, la disminución en el contenido de carbohidratos muestra una actividad metabólica activa del hongo, que convierte el sustrato y cambia su composición química, (Jayachandran et al., 2017), donde redujo el contenido, es posible que el hongo haya utilizado los carbohidratos como fuente principal de carbono, principalmente en condiciones donde hay menor disponibilidad de nitrógeno. Por lo tanto, en este contexto, los carbohidratos serian degradados y consumidos para mantener el desarrollo fungido y la producción de metabolitos.

Tabla 1. Resultados de análisis proximal en el amaranto

	Sin hongo	Con hongo
Lípidos	4,84 ± 1,28 A	27,86 ± 1,28 B
Proteínas	18,41 ± 0,67 A	20,17 ± 0,67 A
Cenizas	1,69 ± 0,03 A	1,50 ± 0,03 A
Carbohidratos	75,07 ± 1,98 B	50,48 ± 1,98 A

Amaranto (*Amaranthus*) con *Rhizopus* spp., (sin hongo). Los datos son la medida de $\pm$ desviación estándar de tres repeticiones. Los valores con la misma letra indican que no son significativas diferencias entre los resultados en sentido horizontal ($p < 0,05$).

Conclusiones

El amaranto (*Amaranthus* spp.) con *Rhizopus* spp., en la fermentación en estado sólido indico ser un instrumento de biotecnología por lo tanto es efectivo para potenciar el contorno nutricional del sustrato. Por lo tanto, los resultados conseguidos demuestran aumento demostrativo en el contenido de proteína y lípidos de las muestras fermentadas, aplicables a la agregación de la biomasa fúngica y la actividad metabólica del hongo. Sin embargo, se relacionó diferenciaciones en el contenido de carbohidratos en la acción enzimáticas del hongo debido a los mecanismos estructurales del grano.

En el incremento micelial fue rápido a 35°C, asegurando que esta temperatura tiende a favorecer el desarrollo micelial en el hongo *Rhizopus* spp., así mismo la validez del proceso fermentativo que se realizó correspondientemente. Por lo cual los hallazgos no solo aprueban el hábito del amaranto como una principal producción de alimentos fermentados, dado que también pueden fortalecer su potencial originalmente sostenible en nutrientes de la alta calidad, debido al uso directo en el diseño de los alimentos funcionales, nutricionales, seguros y ambientales.

Referencias

- Hernandez, L. L. (2018). Effect of solid state fermentation with *Rhizopus oryzae* on biochemical and structural characteristics of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *International Journal of Food and Fermentation Technology*, 8(1), 27–36. <https://doi.org/10.30954/2277-9396.01.2018.4>
- Angulo López, J. E., Flores Gallegos, A. C., Rodríguez Jasso, R. M., Aguilar González, C. N., & Serna Cock, L. (2023). Propiedades nutritivas y tecno funcionales de barras de pseudocereales adicionadas con soya, mango y granada. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 73(1), 19–31. <https://doi.org/10.37527/2023.73.1.003>
- Bautista, C. (2020). *La ganadería en la frontera agrícola amazónica y las emisiones de Gases de Efecto Invernadero , caso del departamento del Guaviare , Colombia. August*, 129.

<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31736.26882>

- Bhargava, S., Sanjrani, M. A., & Javed, S. (2008). *Solid-State Fermentation : An Overview Solid-state Fermentation : An Overview. October 2014.*
- Bolaño Losada, C., Slaný, O., Byrtusová, D., Zimmermann, B., Horn, S. J., Kohler, A., & Shapaval, V. (2025). Compatible traits of oleaginous Mucoromycota fungi for lignocellulose-based simultaneous saccharification and fermentation. *Biotechnology for Biofuels and Bioproducts*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s13068-025-02621-w>
- Chang, Y. P., Tan, M. P., Lok, W. L., Pakianathan, S., & Supramaniam, Y. (2014). Making Use of Guava Seed (*Psidium guajava* L): The Effects of Pre-treatments on Its Chemical Composition. *Plant Foods for Human Nutrition*, 69(1), 43–49. <https://doi.org/10.1007/s11130-013-0396-3>
- Coutado, C. S. (2022). *Nutrición Hospitalaria*.
- Garay, A., Velia, A., Olán, D. O., Velia, A., Garay, A., Rivas-valencia, P., Cortes-espinoza, L., & Olán, M. D. O. (2014). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10429976006>.
- Jayachandran, M., Xiao, J., & Xu, B. (2017). A critical review on health promoting benefits of edible mushrooms through gut microbiota. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(9). <https://doi.org/10.3390/ijms18091934>
- Lizana, F. (2018). *Enfrentando el cambio climático a través de la arquitectura inteligente*.
- Mamani, D., Gutierrez, M., Serrudo, J., & Eduardo, G. (2017). Parámetros de calidad de harinas de *Amaranthus caudatus*. *Revista Con Ciencia*, 5, 27–38.
- Management, I., Livestoc, I. N., Tion, K. P., & Ase-, G. C. (2013). *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*. 1–10.
- Meng, X., Yang, J., Xu, X., Zhang, L., Nieb, Q., & Xian, M. (2009). *Producción de biodiesel a partir de microorganismos oleaginosos*.
- Milcarz, A., & Harasym, J. (2025). Solid State Fermentation—A Promising Approach to Produce Meat Analogues. *Foods*, 14(10), 1–18. <https://doi.org/10.3390/foods14101820>

- Mor Llombart, P. (2021). *Evaluación del impacto del proceso de fermentación en estado sólido con Pleurotus ostreatus en las propiedades de la Quinoa*. 1–35. www.etsiamn.upv.es
- ONU. (2022). Los alimentos y el cambio climático: Una dieta más sana por un planeta más saludable. *Los Alimentos y El Cambio Climático: Una Dieta Más Sana Por Un Planeta Más Saludable*. <https://www.un.org/es/climatechange/science/climate-issues/food>
- Pachon S., Villano D., Troncoso A., G. C. (2006). Archivos Latinoamericanos de Nutrición. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 76(1999), 1710–1711.
- Puntillo, M., & Gabriel, V. (2023). Impacto de los Medicamentos en la Microbiota Intestinal. *Omnibiotic*, 2(1), 109–112. www.semipysiampp2021.es
- Sostenible, A. 2030 sobre D. (2017). *Objetivo 2. Hambre Cero, Meta 2.1*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/hunger/>
- Toor, B. S., Kaur, A., & Kaur, J. (2022). *oligosporus: efecto sobre las propiedades fisicoquímicas, funcionales y microestructurales*.
- Varela, G. (2012). Guía nutricional de la carne. *Fundación Española de La Nutrición*, 16–17. <http://www.fedecarne.es/ficheros/swf/pdf/guiaNutricion.pdf>
- Zhang, Y., Azi, F., Wang, H., Wang, R., Wei, R., Jiao, L., He, T., Lu, B., Liu, X., & Xiao, Y. (2022). *La fermentación en estado sólido con Rhizopus oligosporus RT-3 mejoró las propiedades nutricionales de la soja*.