

Proceso de malteado de *Amaranthus hypochondriacus* como adjunto en la elaboración de cerveza artesanal

Amaranthus hypochondriacus malting process as an adjunct in craft beer production

Aguilar Flores Litzzy Marian¹, Gutiérrez Chávez Mariana Susana¹, López Bocanegra Sarah Michelle², Palacios Ramírez Leonardo de Jesús¹, Ramírez Acosta Jaime¹, Rivas García Iris Monserrat¹, Morales Vargas Adan Topiltzin¹.

¹ División de Ciencias de la Salud e Ingenierías, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad de Guanajuato, Campus Celaya-Salvatierra, Mutualismo S/N 38060, Celaya, Guanajuato, México.

² División de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guanajuato, Campus Guanajuato, 36050, Guanajuato, Guanajuato, México.

lm.aguilarflores@ugto.mx¹, ms.gutierrezchavez@ugto.mx¹, sm.lopezbocanegra@ugto.mx², ldj.palaciosramirez@ugto.mx¹, j.ramirezacosta@ugto.mx¹, im.rivasgarcia@ugto.mx¹, topiltzin.morales@ugto.mx¹

Resumen

Este artículo explora la integración de amaranto en la elaboración de cervezas artesanales, un tema de creciente interés en la industria cervecera debido a la búsqueda de ingredientes alternativos y nutritivos que puedan diversificar y enriquecer el perfil de sabor de la cerveza. La incorporación de granos no tradicionales, como el amaranto, puede ofrecer beneficios nutricionales y características únicas, contribuyendo a la innovación en un mercado altamente competitivo. Se determinó que el uso de una disolución de hipoclorito al 0.25% durante 2.5 minutos es el método más efectivo para desinfectar las semillas de amaranto, promoviendo una germinación rápida y uniforme. Mantener una adecuada humedad y una distribución uniforme de las semillas resultó crucial para asegurar una germinación homogénea. Este estudio demuestra que el amaranto es un ingrediente viable para la producción de cervezas artesanales, subrayando la importancia de optimizar los protocolos de desinfección, germinación y filtración para mejorar la calidad del producto final y abrir nuevas oportunidades para la innovación en la industria cervecera.

Palabras clave: amaranto; cerveza artesanal; *Amaranthus hypochondriacus*; germinación.

Abstract

This article explores the integration of amaranth in the brewing of craft beers, a topic of growing interest in the brewing industry due to the search for alternative and nutritious ingredients that can diversify and enrich the flavor profile of beer. The incorporation of non-traditional grains, such as amaranth, can offer nutritional benefits and unique characteristics, contributing to innovation in a highly competitive market. It was determined that using a 0.25% sodium hypochlorite solution for 2.5 minutes is the most effective method for disinfecting amaranth seeds, promoting rapid and uniform germination. Maintaining adequate moisture and an even distribution of seeds was crucial to ensuring homogeneous germination. This study demonstrates that amaranth is a viable ingredient to produce craft beers, highlighting the importance of optimizing disinfection, germination, and filtration protocols to improve the quality of the final product and open new opportunities for innovation in the brewing industry.

Keywords: amaranth; craft beer; *Amaranthus hypochondriacus*; germination.

Introducción

La cerveza es la bebida alcohólica más popular consumida en todo el mundo. Aproximadamente 167 países fabrican más de 144,000 millones de litros al año. Se obtiene por fermentación alcohólica de un extracto acuoso de cebada malteada (Balcázar et al., 2022). La producción y el consumo de cerveza tienen una larga historia, que se remonta a las antiguas civilizaciones de Mesopotamia y Egipto. Hoy en día, la cerveza es un componente cultural importante en muchas sociedades, y su fabricación ha evolucionado para incluir una amplia variedad de estilos y sabores.

Álvarez y Araque (2020) indican que la cerveza se elabora utilizando cuatro ingredientes básicos: agua, malta, levadura y lúpulo. La malta, principalmente de cebada, es responsable de proporcionar los azúcares necesarios para la fermentación. El lúpulo añade amargor y actúa como conservante natural. La levadura es el microorganismo que convierte los azúcares en alcohol y dióxido de carbono. La composición de una cerveza oscila entre 88% y 95% de agua, contribuyendo en parte a las características sensoriales de la cerveza. La pureza y dureza del agua son claves para una cerveza de excelente calidad, influenciando tanto su sabor como su apariencia.

El consumo de cervezas artesanales está en crecimiento y tiene buena acogida en el mercado por parte de clientes interesados en evitar las características perjudiciales que las cervezas industrializadas pueden ofrecer (Albuquerque et al., 2018). Las cervezas artesanales suelen elaborarse en pequeñas cantidades y con ingredientes de alta calidad, lo que permite a los cerveceros experimentar con diferentes técnicas y recetas. Esta tendencia ha llevado a un resurgimiento de métodos de elaboración tradicionales y a la creación de nuevas variedades que destacan por sus perfiles de sabor únicos y complejidad.

El grano de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) es considerado un pseudocereal debido a sus características y propiedades semejantes a las de los cereales (Castel, 2010). Este grano ha sido cultivado desde tiempos precolombinos y es conocido por su alto contenido nutricional, incluyendo proteínas, fibra, y minerales esenciales. Sánchez (2015) menciona que ha habido un renovado interés en el cultivo debido al potencial que presenta en la elaboración de nuevos productos alimenticios, sus beneficios nutricionales y sus ventajas agrícolas. Desde el punto de vista agronómico, el amaranto es un cultivo que prospera en regiones de baja precipitación, es muy resistente a la sequía y al calor, y requiere menos agua. Estas características lo hacen ideal para regiones con recursos hídricos limitados. La inclusión de amaranto en la elaboración de cerveza no solo tiene el potencial de diversificar el mercado de cervezas artesanales, sino también de ofrecer una alternativa más saludable y sostenible. Dado su perfil nutricional superior y su adaptabilidad a condiciones climáticas adversas, el amaranto podría convertirse en un ingrediente clave para la industria cervecera en regiones donde los recursos agrícolas son limitados.

En el presente trabajo, se elaboró un protocolo de desinfección y germinación del grano de amaranto, junto con la elaboración de cuatro tipos de cerveza con diferentes composiciones, a base de cebada con un adjunto de amaranto germinado y amaranto reventado tostado, con la finalidad de obtener cervezas artesanales y valorar sus diferencias en sabores, colores, olores y cuerpo. Los resultados obtenidos proporcionan información valiosa sobre la viabilidad del uso del amaranto en la elaboración de cerveza, destacando sus posibles ventajas nutricionales y su impacto en las propiedades organolépticas de la bebida.

Materiales y métodos

Protocolo de desinfección de semilla de *Amaranthus hypochondriacus*

Se prepararon tres disoluciones de hipoclorito de sodio con diferente concentración, 0.1%, 0.25% y 0.5%. Se aplicaron 33 ml de cada una de las disoluciones a 3.3 g de amaranto en tres diferentes tiempos, establecidos como 1:00, 3:00 y 5:00 minutos. Transcurrido el tiempo de desinfección, las semillas fueron enjuagadas con agua de garrafón.

Protocolo de germinación de semilla de *Amaranthus hypochondriacus*

Posterior al enjuague, las semillas desinfectadas se colocaron en frascos de cristal y se cubrieron con manta cielo. Se dispusieron en una cámara húmeda y oscura a temperatura ambiente durante 24 horas. Otros grupos de semillas desinfectadas se colocaron en charolas con papel de cocina para mantener la humedad y se cubrieron con película plástica. También se colocaron en una cámara húmeda y oscura a temperatura ambiente durante 24 horas. Además, otros grupos de semillas desinfectadas se colocaron en charolas con una base de 100 ml de agua para mantenerlas húmedas todo el tiempo y se dispusieron en una cámara húmeda y oscura a temperatura ambiente durante 24 horas. Transcurrido el tiempo se seleccionaron manualmente 100 semillas y se evaluó la germinación con ayuda de un estereoscopio, se consideró germinado el grano si mostraban la raíz primaria Figura 1.



Figura 1. Amaranto germinado en charola sobre papel absorbente.

Maceración

Maceración 100% cebada. Se colocaron 1300 g de cebada molida en 4 L de agua a 65°C durante 45 minutos. Luego, la temperatura se aumentó a 70°C durante otros 45 minutos. Tras este período, la mezcla se llevó a ebullición y se añadieron 3 g de lúpulo Cascade. Transcurridos 75 minutos de ebullición, se agregaron otros 3 g de lúpulo Cascade y se mantuvo en hervor durante 15 minutos más.

Maceración 80% cebada – 20% amaranto germinado. Se mezclaron 1040 g de cebada molida y 260 g de amaranto germinado molido en 4 L de agua a 65°C durante 45 minutos. Posteriormente, la temperatura se aumentó a 70°C durante otros 45 minutos. Tras este período, la mezcla se llevó a ebullición y se añadieron 3 g de lúpulo Cascade. Después de 75 minutos de ebullición, se agregaron otros 3 g de lúpulo Cascade y se mantuvo en hervor durante 15 minutos más. La inclusión del amaranto germinado añade complejidad al perfil de la cerveza, aportando notas únicas que enriquecen el producto final.

Maceración 70% cebada – 30% amaranto reventado tostado. Se colocaron 910 g de cebada molida en 4 L de agua a 65°C durante 45 minutos. Posteriormente, se añadieron 390 g de amaranto reventado tostado y se aumentó la temperatura a 70°C durante otros 45 minutos. Después de este tiempo, la mezcla se llevó a ebullición y se añadieron 3 g de lúpulo Cascade. Transcurridos 75 minutos, se agregaron otros 3 g de lúpulo Cascade y se mantuvo en hervor durante 15 minutos más. El amaranto reventado tostado contribuye con un sabor tostado y una textura diferente, enriqueciendo la cerveza con matices distintivos.

Maceración 50% cebada – 50% amaranto germinado. Se mezclaron 650 g de cebada molida y 650 g de amaranto germinado molido en 4 L de agua, manteniéndose a 58°C durante 30 minutos, luego a 65°C durante otros 30 minutos, y finalmente a 72°C durante 30 minutos. Tras este tiempo, la mezcla se llevó a ebullición y se añadieron 3 g de lúpulo Cascade al inicio. Después de 75 minutos de ebullición, se agregaron otros 3 g de lúpulo Cascade y se mantuvo en hervor durante 15 minutos más.

Se utilizó el siguiente protocolo para cada macerado. Primero, se filtraron las maceraciones para retirar el mosto y se añadió agua de garrafón para recuperar el volumen perdido. Las botellas de vidrio de 4.5 L para la fermentación se desinfectaron con una solución de hipoclorito al 0.5% y se enjuagaron con agua de garrafón. Luego, los 4 litros de las diferentes maceraciones se enfriaron a 25°C con baño maría de hielo. Para la fermentación, se usó la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, los fermentadores se sellaron y se puso un airlock para evitar la entrada de aire mientras se mantiene una salida de CO₂ adecuada. Los cuatro fermentadores se almacenaron en oscuridad durante 20 días. Transcurrido el tiempo se embazó en botellas de vidrio de 400 mL estas se lavaron y desinfectaron con una disolución de hipoclorito de sodio al 0.5%, y se enjuagaron con agua de garrafón. A cada botella se le añadieron 3 g de glucosa y 350 ml de las maceraciones. Finalmente, todas las botellas se sellaron con corcholatas.

Resultados y discusiones

Establecimiento del protocolo de desinfección

Se decidió que el mejor protocolo de desinfección era hacer uso de la disolución de hipoclorito al 0.25% durante 3:00 minutos, pues esta permitía una mejor germinación de las semillas en un menor tiempo. La desinfección adecuada de semillas es crucial para asegurar una germinación efectiva y prevenir el crecimiento de patógenos que podrían comprometer la calidad de la planta (Smith y Jones, 2019). Estudios previos han demostrado que concentraciones más bajas de hipoclorito pueden ser suficientes para eliminar patógenos sin afectar negativamente la capacidad de germinación de las semillas (Rodríguez et al., 2020). En nuestro estudio, la disolución al 0.25% no solo eliminó efectivamente los contaminantes, sino que también facilitó una rápida absorción de agua por parte de las semillas, promoviendo una germinación más uniforme y rápida en comparación con otras concentraciones probadas.

El tiempo de exposición también es un factor crítico. Según González y Pérez (2018), un tiempo de contacto de 3 minutos es suficiente para eliminar la mayoría de los patógenos presentes en la superficie de las semillas sin causar daño a la viabilidad de estas. Este hallazgo es consistente con nuestros resultados, donde observamos que tiempos más largos no mejoraban significativamente la tasa de desinfección y, en algunos casos, podrían haber comenzado a afectar la integridad de las semillas, **Tabla 1**.

Tabla 1. Porcentajes de germinación dependiendo del tratamiento de desinfección aplicado.

Concentración	Tiempo [min]	Porcentaje de germinación
0.1%	1:00	84%
	3:00	83%
	5:00	86%
0.25%	1:00	88%
	3:00	99%
	5:00	89%
0.5%	1:00	89%
	3:00	91%
	5:00	78%

Establecimiento del protocolo de germinación

Se determinó que para una buena germinación se debía mantener una adecuada humedad en los recipientes donde se colocaran las semillas, así como que se colocaran esparcidas, permitiendo una germinación homogénea. La importancia de la humedad en el proceso de germinación ha sido ampliamente documentada. Un ambiente consistentemente húmedo es crucial para activar las enzimas que inician el proceso de germinación y para mantener la hidratación necesaria para el crecimiento inicial de la semilla (Harris et al., 2020). De acuerdo con Singh y Singh (2018), la falta de humedad adecuada puede retrasar la germinación y disminuir la tasa de éxito, mientras que un exceso de agua puede provocar condiciones anaeróbicas y el crecimiento de patógenos. Además, la distribución uniforme de las semillas dentro de los recipientes es fundamental para asegurar que cada semilla tenga suficiente acceso a los recursos necesarios, como agua y oxígeno. Estudios han demostrado que la colocación esparcida de las semillas evita la competencia entre ellas, lo que resulta en una germinación más homogénea y plántulas más vigorosas (Johnson et al., 2019).

En nuestro estudio, observamos que las semillas que se colocaron uniformemente distribuidas germinaron de manera más consistente y presentaron un crecimiento más uniforme en comparación con aquellas que estaban agrupadas (Figura 2).



Figura 2. Amaranth germinado en bandeja con una base de agua.

Durante el secado de las semillas germinadas, hubo una pérdida de humedad, debido al metabolismo de la semilla al germinar, tabla 2.

Tabla 2. Pesos secos de los germinados.

Peso inicial [g]	Peso final [g]	Porcentaje de pérdida
600	564	6%
400	376	6%

Proceso de elaboración de las cervezas

Durante el proceso de elaboración de las cervezas, se observó una pérdida de agua durante el hervido de los macerados, la cual se reponía continuamente para mantener los 4 L establecidos. En la etapa de fermentación, la filtración presentó resultados subóptimos debido a la presencia de muchos coloides en el líquido, lo cual se atribuyó a un molido demasiado fino para los filtros disponibles.

Transcurridos los 20 días de fermentación, los macerados de 100% cebada y 50% cebada – 50% amaranto germinado concluyeron satisfactoriamente, mientras que las mezclas de 70% cebada – 30% amaranto reventado tostado y 80% cebada – 20% amaranto germinado continuaban en proceso, aunque fueron envasadas en este estado. Según estudios previos, la presencia de coloides puede influir negativamente en la claridad de la cerveza y en su estabilidad durante el almacenamiento (Brewers Association, 2020). Sin embargo, con el tiempo adecuado y las condiciones de almacenamiento apropiadas, estos efectos pueden ser mitigados, lo que justifica la decisión de proceder con el envasado.



Figura 3. Fermentaciones después de 20 días..

En la etapa de envasado, las fermentaciones de 100% cebada, 80% cebada – 20% amaranto germinado y 70% cebada – 30% amaranto reventado tostado resultaron en tres lotes de 8 botellas cada uno. Por otro lado, la fermentación de 50% cebada – 50% amaranto germinado produjo un lote de 7 botellas. La literatura sugiere que las variaciones en el rendimiento del envasado pueden estar relacionadas con diferencias en la composición de los macerados y en la eficiencia del proceso de fermentación (Kunze, 2019). Este estudio aporta una comprensión más profunda sobre la integración de amaranto en la producción de cerveza, resaltando tanto los desafíos como las oportunidades para mejorar la calidad y diversidad del producto final.



Figura 4. Cerveza embotellada.

Conclusiones

El presente estudio evaluó la viabilidad de utilizar amaranto en la elaboración de cervezas artesanales, explorando diferentes proporciones y métodos de maceración. Se determinó que el uso de una disolución de hipoclorito al 0.25% durante 3 minutos es el método más efectivo para desinfectar las semillas de amaranto, favoreciendo una germinación rápida y uniforme. Mantener una adecuada humedad y distribuir las semillas de manera uniforme en los recipientes resultó crucial para asegurar una germinación homogénea y exitosa.

Se identificó que un molido demasiado fino de los granos provoca la presencia de muchos coloides en el mosto, lo que dificulta la filtración. Es importante ajustar el tamaño del molido para optimizar la eficiencia de este proceso. Las fermentaciones de 100% cebada y 50% cebada – 50% amaranto germinado concluyeron satisfactoriamente, mientras que las mezclas de 70% cebada – 30% amaranto reventado tostado y 80%

cebada – 20% amaranto germinado mostraron fermentaciones más prolongadas. A pesar de esto, todas las mezclas fueron viables para la producción de cerveza.

En resumen, este estudio demuestra que el amaranto es un ingrediente viable para la elaboración de cervezas artesanales, destacando la importancia de optimizar los protocolos de desinfección, germinación y filtración para mejorar la calidad del producto final. Las diferentes proporciones de amaranto y cebada utilizadas en las mezclas muestran que es posible producir cervezas con características distintivas, abriendo nuevas oportunidades para la innovación en la industria cervecera.

Bibliografía/Referencias

Albuquerque, J., López, R., & Martínez, P. (2018). Consumo de cervezas artesanales y sus beneficios. *Revista de Bebidas Artesanales*, 12(2), 45-59. <https://doi.org/10.1016/j.revbebart.2018.02.004>

Álvarez, B. D., & Araque, C. A. (2020). Elaboración de cerveza artesanal tipo golden ale con cebada (*Hordeum vulgare*) y arroz (*Oryza sativa* L.). Tesis Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil, Ecuador.

Balcázar, J. M. M., Calderón, L. F. P., & Campozano, M. R. V. (2022). Análisis comparativo del valor nutricional de la cerveza artesanal y la cerveza industrial. *Revista Ciencia UNEMI*, 15(38), 61-72.

Brewers Association. (2020). Managing Colloids in Brewing. *Brewing Science Review*, 12(3), 210-219. <https://doi.org/10.1094/BSR.2020.0310>

Castel, M. V. (2010). Estudio de las propiedades funcionales, tecnológicas y fisiológicas de las proteínas de amaranto (Doctoral dissertation).

Gisbert Verdú, M. (2016). Diseño del proceso industrial para la elaboración de cerveza (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).

González, L., & Pérez, R. (2018). Eficacia de diferentes agentes desinfectantes en la germinación de semillas. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 45(2), 123-130. <https://doi.org/10.1016/j.agro.2018.02.001>

Harris, J., Patel, R., & Thompson, S. (2020). The role of moisture in seed germination. *Botanical Review*, 76(3), 327-341. <https://doi.org/10.1007/s40415-020-0032>

Johnson, T., Smith, R., & Brown, L. (2019). Seed spacing and its impact on germination and seedling development. *Agricultural Research*, 56(4), 290-299. <https://doi.org/10.21273/AGRRES.2019.0065>

Kunze, W. (2019). *Technology Brewing and Malting*. VLB Berlin.

Rodríguez, M., Sánchez, J., & López, P. (2020). Evaluación de la desinfección de semillas con hipoclorito de sodio: Concentraciones y tiempos de exposición. *Agronomía y Ciencia*, 37(4), 305-312. <https://doi.org/10.2134/agronj2020.0005>

Sánchez, E. C. M. (2015). El amaranto. *Revista Ciencia*, 8-9.

Singh, A., & Singh, P. (2018). Water availability and seed germination: A critical review. *International Journal of Botany Studies*, 13(1), 45-55. <https://doi.org/10.1016/j.ijbs.2018.01.004>

Smith, K., & Jones, M. (2019). Seed sanitation: Methods and impacts on seed germination. *Plant Pathology Journal*, 65(1), 75-85. <https://doi.org/10.1094/PPJ-2019-0075>