

Efecto de la pasteurización y calentamiento óhmico en la detección de deoxinivalenol en mosto base de cerveza artesanal

Effect of pasteurization and ohmic heating on the detection of deoxynivalenol in craft beer wort base

Bryan Augusto Velarde Salas¹, Carlos Alberto Rivas Rosero¹, Orlando Meneses Quelal¹

¹Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Ecuador.

Autor de correspondencia: bryan.velarde@upec.edu.ec

Recibido: 08/03/2024. Aceptado: 25/06/2024

Publicado el 11 de julio de 2024

Resumen

En la industria de alimentos y bebidas; se ha observado que la presencia de micotoxinas en cereales ha impulsado el desarrollo de procedimientos para garantizar la seguridad e inocuidad del producto final. Sin embargo, a nivel nacional, en las microcervecías, este aspecto aún no ha sido abordado. Esta investigación se enfocó en determinar la presencia y concentración de deoxinivalenol (DON) en la malta utilizada para la elaboración de cerveza artesanal, así como el efecto de la pasteurización y el calentamiento óhmico en esta micotoxina. El estudio se llevó a cabo en dos etapas. En la primera etapa, se analizó la presencia de DON en la malta mediante la técnica analítica ELISA con un nivel de detección de 0,25ppm/5,0. Posteriormente en la segunda etapa, se preparó mosto utilizando esta malta y se evaluó el efecto de la pasteurización, como método tradicional, y el método alternativo de calentamiento óhmico sobre la micotoxina. Para ello, se desarrolló un equipo experimental de calentamiento óhmico, en el cual se establecieron parámetros de tiempo y voltaje. Los resultados mostraron una leve reducción en uno de los lotes de mosto al aplicar calentamiento óhmico sobre la micotoxina, con una concentración de 0,057 μL , en comparación con la pasteurización, donde la concentración fue la misma de 0,058 μL . Estos hallazgos sugieren que la pasteurización mantiene estables los niveles de concentración de la micotoxina; sin embargo, la combinación con el calentamiento óhmico puede ser efectiva para mitigar la presencia de micotoxinas en el mosto base de cerveza artesanal, contribuyendo así a su inocuidad.

Palabras clave: cerveza, calentamiento óhmico, deoxinivalenol, malta, pasteurización

Abstract

In the food and beverage industry, the presence of mycotoxins in cereals has driven the development of procedures to ensure the safety and quality of the final product. However, at the national level, this aspect has not yet been addressed in microbreweries. This research focused on determining the presence and concentration of deoxynivalenol (DON) in malt used for craft beer production, as well as the effect of pasteurization and ohmic heating on this mycotoxin. The study was conducted in two stages. In the first stage, the presence of DON in the malt was analyzed using the ELISA analytical technique with a detection level of 0,25ppm/5,0. Subsequently, in the second stage, wort was prepared using this malt, and the effects of pasteurization, as a traditional method, and ohmic heating, as an alternative method, on the mycotoxin were evaluated. For this purpose, an experimental ohmic heating equipment was developed, in which time and voltage parameters were established. The results showed a slight reduction in one of the wort batches when ohmic heating was applied to the mycotoxin, with a concentration of 0.057 μL , compared to pasteurization, where the concentration remained the same at 0.058 μL . These findings suggest that pasteurization maintains stable mycotoxin concentration levels; however, the combination with ohmic heating may be effective in mitigating the presence of mycotoxins in the wort base of craft beer, thereby contributing to its safety.

Keywords: beer, deoxynivalenol, ohmic heating, malt, pasteurization

Introducción

La cerveza se destaca como una de las bebidas alcohólicas más apreciadas a nivel mundial, siendo consumida en cantidades significativas en prácticamente todos los rincones del planeta (Desira *et al.*, 2020). Para elaborar la cerveza es indispensable contar con las materias primas para el proceso de maceración y elaboración del mosto que es la base de esta bebida, cabe mencionar que el agua y la malta componen entre el 90 y 95% del producto final (Díaz *et al.*, 2022). Las ventajas de emplear este cereal en la fabricación de cerveza son ampliamente reconocidas; la producción de malta de cebada representa uno de los ejemplos más antiguos y complejos de aplicación biotecnológica (Dabija *et al.*, 2021).

Actualmente el consumo de esta bebida es relevante en la dieta humana; sin embargo, es importante tener en cuenta que cualquier alimento ingerido en grandes cantidades puede representar una potencial fuente de sustancias dañinas. (Barboza *et al.*, 2020). En el país, se ha observado un notable aumento en el número de microcervecías artesanales, se ha constatado que existen 284 marcas registradas en esta asociación y que la producción a nivel nacional ha tenido un crecimiento significativo, considerando que en el 2021 se produjeron 4,1 millones de litros y en el 2023 6,4 millones incrementando un 36% a nivel de producción de cerveza (Coba, 2023). A pesar del compromiso de estas microcervecías por garantizar la calidad y seguridad de sus productos, enfrentan desafíos cruciales que influyen tanto en la salud de los consumidores como en la excelencia de calidad del producto final (Yordi *et al.*, 2024).

Las micotoxinas constituyen un grupo de alrededor de 500 metabolitos secundarios tóxicos producidos principalmente por hongos pertenecientes a los géneros *Claviceps*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium* y *Aspergillus* (Grajewski *et al.*, 2019). Estos hongos pueden desarrollarse en una amplia gama de alimentos de origen animal como vegetal. Los niveles máximos permitidos de micotoxinas en productos alimenticios son regulados por la Unión Europea y otras agencias internacionales (Liu *et al.*, 2018); no obstante, en el país siendo la cerveza la bebida más demandada por los consumidores (Coba, 2023) aún no ha establecido de manera definitiva tales límites basados en la normativa a nivel nacional (INEN, 2003).

Abou Dib *et al.*, (2022) señala que las micotoxinas no aumentan su concentración durante el proceso de maceración del mosto. Esta observación resalta la ineficacia de muchas medidas preventivas para controlar la proliferación de hongos en alimentos y piensos en las etapas previas y posteriores a la cosecha. Por consiguiente, ha surgido un interés considerable en la mitigación de estas micotoxinas, que puede lograrse mediante la aplicación de una variedad de agentes químicos, físicos y/o tratamientos biológicos (Matumba *et al.*, 2021). El proceso de transformar cereales en cerveza puede parecer simple a primera vista, pero el control, prevención de la

proliferación de microorganismos patógenos y micotoxinas son aspectos fundamentales, estas medidas son esenciales para garantizar tanto la seguridad del consumidor como la calidad del producto terminado (Carvalho *et al.*, 2023), ambas están estrechamente relacionadas con la selección y tratamiento de las materias primas, así como con los procesos tecnológicos empleados durante su producción. Entre los diversos factores que pueden afectar la calidad de la cerveza, la presencia de micotoxinas, como el deoxinivalenol (DON), es de particular interés dentro de la industria de alimentos y bebidas por su constante aparición en distintos tipos de cereales y sus posibles efectos adversos para la salud humana (Ciont *et al.*, 2022).

En este contexto, resulta fundamental investigar la presencia y los niveles de concentración de DON en las distintas etapas del proceso de elaboración de cerveza artesanal, sabiendo que la inactivación microbiana mediante pasteurización ha sido una técnica ampliamente empleada en la industria alimentaria pero presenta ciertas desventajas, como un alto consumo energético, largos tiempos de procesamiento, pérdidas no deseadas de compuestos termosensibles y una eficacia térmica limitada (Chen *et al.*, 2017). Además, varios informes han señalado la presencia de mohos resistentes al calor y esporas bacterianas en los alimentos incluso después de procesos de pasteurización industrial (Rico-Munoz, 2017).

Para superar estas limitaciones, existen métodos de pasteurización alternativos como el calentamiento óhmico, que es un proceso emergente que ha demostrado ser eficaz en la eliminación de microorganismos patógenos y en la mejora de la estabilidad microbiológica de los alimentos líquidos, aunque su efecto sobre las micotoxinas aún no se comprende completamente (Kamonpatana *et al.*, 2013).

Actualmente, existen muchos ensayos y aplicaciones sobre el calentamiento óhmico debido a sus diferentes beneficios ya que este puede conducir a una disminución en los gradientes de temperatura internos y un aumento de temperatura más rápido/homogéneo (Fadl y Liu, 2014), además proporciona efectos de inactivación no térmica en algunas situaciones, lo que resulta en daño adicional a los microorganismos debido a la aplicación de un campo eléctrico (Murashita *et al.*, 2017).

Ahmed y Alam (2012) aplicaron el calentamiento óhmico a un mosto base de cerveza, evaluando tanto sus beneficios como los riesgos potenciales; tales como la formación de compuestos no deseados, contaminación por el metal, degradación de nutrientes y alteraciones sensoriales por lo tanto optimizaron este proceso para mantener la calidad y la seguridad de la cerveza, minimizando los riesgos asociados a las micotoxinas, ya que se ha evidenciado que el calentamiento óhmico puede conservar productos de manera eficiente sin embargo existen alimentos sensibles a dicho proceso, Gavahian y Chu (2022) demostraron la efectividad del calentamiento óhmico en la extracción de compuestos bioactivos del corazón de la piña.

Pascari *et al.*, (2018) y Arrúa *et al.*, (2019) también investigaron la presencia de micotoxinas en cereales y sus

derivados, encontrando que la industria y los consumidores deben considerar estos resultados.

Los estudios previos sustentan la necesidad de explorar los efectos de este proceso en la cerveza artesanal y las posibles implicaciones en la presencia de micotoxinas, proporcionando una base para mejorar la producción y seguridad para los consumidores, en este contexto, el presente estudio propone analizar la eficacia de la pasteurización y el calentamiento óhmico en la reducción de la concentración de DON en el mosto de cerveza para lo cual se utilizó la técnica analítica ELISA que se distingue por su alta sensibilidad en las mediciones y estimaciones, atribuida a las características de unión de los anticuerpos y a la variedad de sistemas de lectura utilizados para la amplificación de señales Peruzzo y Pioli (2016). A pesar de su eficacia, a nivel nacional los costos asociados a este método analítico son elevados, lo cual limita su utilización.

Este estudio no solo contribuirá al conocimiento científico sobre la presencia de micotoxinas en la cerveza artesanal y su relación con los procesos tecnológicos utilizados en su producción, sino que también proporcionará información relevante para la industria cervecera y los organismos reguladores en términos de establecimiento de límites de seguridad y desarrollo de estrategias de control y prevención de micotoxinas en la cerveza.

Materiales y métodos

Materias primas

La materia prima principal fue la cebada (malteada) proveniente de marcas importadas y comercializadas a nivel nacional como parte de kits de elaboración de cerveza artesanal, la misma que presentó una humedad del 7% (Liguori *et al.*, 2021). En principio se preparó un mosto base de cerveza, con variedades de malta como extra pale pilsner, abbey malt y carabelge (Tunick *et al.*, 2023). La variedad extra pale pilsner (base) se utilizó por su alto contenido de hidrato de carbono y enzimas diastáticas, que generan los azúcares fermentables desde el almidón y la abbey malt, carabelge (especiales) ya que brindan color, sabor y aroma (caramelo, café tostado) (Delos, 2008).

Procedimiento experimental

Para determinar el efecto del calentamiento óhmico se dividieron las muestras en seis: la primera correspondió a la malta molturada (grano grueso) con un tamaño comprendido entre 500-700 μm (Goldammer, 2008), la segunda al lote de mosto pasteurizado, y las cuatro muestras restantes se obtuvieron del lote de mosto pasteurizado sometido a calentamiento óhmico.

Pasteurización- Calentamiento Óhmico

El proceso de pasteurización del mosto se llevó a cabo durante 60 minutos a una temperatura constante de 85 °C, se

realizó en recipientes de cocción de acero quirúrgico de grado alimentario, como información adicional se determinó la densidad inicial del mosto al enfriarse, que resultó en 9.7821 grados plato (°P) esto indica la concentración de azúcares fermentables (Snyder, 2013), así como también el pH y se obtuvo una medida de 4,0 la cual se encontró dentro de los parámetros establecidos por la normativa nacional (INEN, 2003).

A partir de un diseño factorial 2x2 (Montgomery, 2017) se determinó dos variables independientes: voltajes (10 y 16 V) y períodos de tiempo (10 y 20 min), como se detalla en la Tabla 1.

Posteriormente, se sometió el mosto previamente pasteurizado (85 °C) al calentamiento óhmico, empleando un contenedor de polietileno de alta densidad grado 2. Este contenedor se adaptó con placas de acero quirúrgico que sirvieron para conducir la corriente hacia el mosto mediante una fuente de poder.

El amperaje se determinó a partir de la relación con la fuente de poder, basados en el principio de Joule como se describe en (Sensoy, 2012) lo que resultó en 2 y 4 Ω .

Tabla 1. Tratamientos del mosto sometido a calentamiento óhmico

Tratamiento	Voltaje (V)	Tiempo (min)	Temperatura C°/ 60 (min)
T1	10	10	85 °C
T2	10	20	85 °C
T3	16	10	85 °C
T4	16	20	85 °C

Nota: Aparte de las muestras T1,T2,T3,T4 se tomó una muestra de malta molturada y mosto pasteurizado las cuales no fueron sometidas a calentamiento óhmico y se analizaron para determinar la presencia, concentración de DON.

Análisis de deoxinivalenol

Se decidió adoptar como parámetro de referencia los estándares legales fijados por la Unión Europea (UE) 0,750 partes por millón (ppm), en lo que refiere al máximo de concentración de DON conforme a lo especificado en la (Commission Regulation (EU) 2023/915, 2023), debido a que en la actualidad, se carece de una normativa nacional que establezca límites regulatorios para los niveles de micotoxinas en la cerveza, para determinar y cuantificar la concentración de DON en la malta, mosto pasteurizado, mosto sometido a calentamiento óhmico se utilizó la técnica analítica ELISA con un nivel de detección de 0,25ppm/5,0 aplicando el protocolo indicado por Romer Labs. (2015). Brevemente, se pipeteó 200 μL de solución de conjugado en los pocillos de dilución, se agregó 100 μL de cada muestra MM, MP, T1, T2, T3, T4 en los pocillos de dilución, se mezcló 30 segundos y se transfirió 100 μL de los pocillos de dilución a pocillos

recubiertos con anticuerpos, se incubó a temperatura ambiente durante 15 minutos, se lavó cinco veces con solución de lavado diluida, se colocó en pozos lavados y secos. Se pipeteó 100 μ L de solución de sustrato en los pocillos recubiertos con anticuerpos y se incubó a temperatura ambiente durante 5 minutos, se agregó 100 μ L de solución de parada en los pocillos recubiertos con anticuerpos, la lectura se realizó en lector ELISA utilizando filtro de 450 nm y filtro diferencial de 630 nm. En todos los ensayos experimentales se realizó tres repeticiones para cada una de las muestras, dichos resultados se interpretaron a partir de un análisis de varianza (valor de $p > 0,05$) considerando el voltaje y tiempo.

Resultados y discusión

Los resultados de concentración del presente estudio indican resultados similares en las muestras analizadas, tanto la MM, el MP y las diferentes condiciones de tratamiento experimental (T1, T2, T3, T4) presentan concentraciones cercanas, todas en el rango de 0,057 a 0,058 μ L. Estos resultados pueden interpretarse de varias maneras. En primer lugar, la consistencia en las concentraciones de micotoxinas entre la malta molturada y el mosto pasteurizado sugiere que el proceso de molienda y pasteurización no tuvo un efecto significativo en la reducción de la presencia de micotoxinas en el producto final, esto puede ser un hallazgo relevante para la industria cervecera, ya que indica que estas etapas del proceso de producción pueden no ser efectivas para eliminar o reducir las micotoxinas presentes en la malta (Carvalho *et al.*, 2023).

Esto podría indicar que el proceso de pasteurización por sí solo es suficiente para mantener estable la concentración de micotoxinas, sin importar las condiciones específicas del tratamiento térmico (Yordi *et al.*, 2024); sin embargo, se notó una ligera influencia del tratamiento óhmico combinado con la pasteurización en la concentración de DON en las muestras tratadas con 16 V durante 10 y 20 minutos, mientras que las muestras tratadas con 10 V durante 10 y 20 minutos, se registró una concentración de 0,058 μ L, confirmando que el calentamiento óhmico no tuvo ningún efecto en estas como se observa en la Tabla 2. Es importante considerar que el DON es muy estable en el proceso de producción de cerveza la cual se transfiere de la cebada al mosto y su concentración puede variar a lo largo del proceso de producción (Bertuzzi *et al.*, 2011).

En este estudio, se observó que después de los procesos de pasteurización y calentamiento óhmico, hubo una interacción mínima con la concentración de DON, lo cual no generó diferencias significativas entre las muestras tratadas y las muestras no tratadas.

Tabla 2. Niveles de DON en las muestras analizadas

Muestra	Concentración (ppm)	Concentración (μ L)
Malta molturada (MM)	0,58	0,058
Mosto pasteurizado (MP)	0,58	0,058
T1 10 V- 10min	0,58	0,058
T2 10 V- 20min	0,58	0,058
T3 16 V- 10min	0,57	0,057
T4 16 V- 20min	0,57	0,057

Nota: Resultados de la concentración obtenidos mediante técnica analítica ELISA con un nivel de detección de 0,25ppm/5,0 cuyos resultados no presentan diferencias significativas (valor de $p > 0,05$) entre las muestras MM, MP, T1, T2, T3, T4.

Arrúa *et al.*, (2019) llevaron a cabo una investigación sobre la presencia de micotoxinas en el vino y la cerveza en Paraguay y observaron que alrededor de una cuarta parte de las cervezas, tanto artesanales como importadas, mostraban presencia de DON 0,46 ppb.

Es importante tener en cuenta que de acuerdo con la Tabla 2, la concentración de DON encontrada en todas las muestras está dentro de un rango relativamente bajo, lo que sugiere que el riesgo para la salud depende del consumo.

Pasteurización y el calentamiento óhmico

Mediante una visión comparativa de los niveles de concentración de DON en varios tipos de cerveza, se ha evidenciado su presencia y variabilidad significativa entre los diferentes tipos. Por ejemplo, la cerveza artesanal de Paraguay presenta una concentración de DON de 1,08 μ g kg^{-1} , mientras que la cerveza industrial de Paraguay exhibe niveles de 0,73 μ g kg^{-1} y 0,46 μ g kg^{-1} . Estas diferencias pueden atribuirse a diversas variables, como las materias primas utilizadas, los procesos de producción y las condiciones de almacenamiento.

Los resultados del estudio indican que la pasteurización y el calentamiento óhmico pueden reducir la concentración de DON en el mosto, pero su efecto es limitado considerando los parámetros determinados en la fase experimental sin embargo mediante la fundamentación teórica es posible aplicar diferentes variables para obtener nuevos resultados a partir de esta investigación, como por ejemplo el uso de fuentes de poder con mayor voltaje, diferentes temperaturas (Negri Rodríguez, 2021), así como también distintos tipos de materiales conductores de electricidad (Fadl y Liu, 2014) y una gran variedad de alimentos en donde sus características fisicoquímicas tienen un rol preponderante (Marina, 2007), permitiendo conocer las perspectivas futuras del calentamiento óhmico en la industria de alimentos y bebidas.

El calentamiento óhmico representa un avance significativo en el procesamiento térmico de alimentos, donde el material mismo actúa como una resistencia eléctrica, generando calor mediante el paso de electricidad a través de él. Este proceso resulta en un calentamiento rápido y uniforme del producto, gracias a la rápida disipación de energía eléctrica (Kamal *et al.*, 2023). Esta característica volumétrica del calentamiento óhmico ofrece ventajas en comparación con los métodos de calentamiento convencionales, ya que no está limitada por los procesos de conducción y convección (Shi *et al.*, 2020). Además, es considerada una tecnología verde, al no generar emisiones durante su uso y utilizar exclusivamente corriente eléctrica para su efecto (d'Angelo *et al.*, 2023).

En términos de conservación de alimentos, el calentamiento óhmico se basa en el principio de electroporación, inducida por el paso de corriente eléctrica. Esta técnica busca garantizar la inocuidad de los alimentos, preservando sus propiedades nutricionales, inactivando o destruyendo microorganismos patógenos, y manteniendo componentes termolábiles como vitaminas y antioxidantes. Además, se ha demostrado eficaz en la inactivación de enzimas responsables de la degradación de los alimentos, como lipasas y proteasas, lo que contribuye a prolongar la vida útil de los productos alimenticios (Manuel *et al.*, 2015).

El Calentamiento óhmico ofrece diversas aplicaciones en la industria de alimentos y bebidas, respaldadas por investigaciones científicas. Desde la producción de bebidas tradicionales como el aguamiel y el pulque (Vera Morales *et al.*, 2024), inmovilización de antimicrobianos en cerveza, vino (Martínez Ruiz, 2020), bebida funcional a partir de mashua negra (Echarri y Gustavo, 2022), zumo de fruta (Negri Rodríguez, 2021), reducción de aflatoxina en leche bovina (Hernández y Arias, 2020), así como también en la extracción de aceites esenciales de plantas aromáticas (Fernando y Gutiérrez, 2018), estos estudios subrayan la eficacia y versatilidad de esta técnica en la mejora de procesos y la calidad de productos alimenticios. En definitiva, el calentamiento óhmico emerge como una herramienta prometedora con aplicaciones diversas y favorables en la industria alimentaria y de bebidas (Tunick *et al.*, 2023).

Conclusiones

Los resultados obtenidos confirman la presencia y concentración de DON desde la adquisición de la materia prima comercializada consecuentemente en las muestras analizadas, se observa que la pasteurización no parece tener un efecto significativo en la reducción de DON en el mosto base, esto sugiere que el proceso de pasteurización por sí solo puede ser suficiente para mantener estable la concentración de micotoxinas, independientemente de las condiciones específicas del tratamiento térmico (Pascari *et al.*, 2018).

Además, se evidencia que las condiciones actuales del calentamiento óhmico, tanto en términos de temperatura

como de tiempo, no influyen de manera significativa en la concentración DON en el mosto, pese a que se detectó una leve influencia del tratamiento óhmico combinado con la pasteurización en la concentración de DON, lo que sugiere que este proceso podría tener un efecto moderado empleando diferentes variables como parte del proceso de producción.

Dado que las micotoxinas pueden estar presentes en los productos terminados cuando la materia prima utilizada está contaminada, es crucial implementar sistemas de monitoreo en toda la cadena de producción para garantizar no solo la calidad, sino también la inocuidad del producto (Martínez-Rodríguez y Carrascosa, 2009). Esta premisa justifica la necesidad de llevar a cabo investigaciones a nivel local con un enfoque en las microcervecías nacionales, ya que en el Ecuador la producción de cebada malteada es limitada, lo que conlleva a la importación de dicho producto, es de gran importancia contar con la documentación necesaria que garantice la trazabilidad de esta materia prima, así como también de los insumos sustitutos que también son susceptibles a la contaminación por hongos.

Los resultados de este estudio proporcionan una base inicial para futuras investigaciones sobre la presencia, concentración, efectos de las micotoxinas en la producción de cerveza y si representan un riesgo significativo para la salud humana, así como para el desarrollo de estrategias efectivas de control, prevención para garantizar la calidad y seguridad en estas etapas del proceso de producción.

Referencias bibliográficas

- Abou Dib, A., Assaf, J. C., El Khoury, A., El Khatib, S., Koubaa, M. y Louka, N. (2022). Single, subsequent, or simultaneous treatments to mitigate mycotoxins in solid foods and feeds: A critical review. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(20), 3304. <https://doi.org/10.3390/foods11203304>
- Ahmed, J. y Alam, T. (2012). An overview of food packaging: Material selection and the future of packaging. *In Handbook of Food Process Design* (pp. 1237–1283). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781444398274.ch41>
- Arrúa, A. A., Mendes, J. M., Arrúa, P., Ferreira, F. P., Caballero, G., Casal, C., Kohli, M. M., Peralta, I., Ulke, G. y Ríos, D. F. (2019). Occurrence of deoxynivalenol and ochratoxin a in beers and wines commercialized in Paraguay. *Toxins*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/toxins11060308>
- Barboza, L. G. A., Lopes, C., Oliveira, P., Bessa, F., Otero, V., Henriques, B., Raimundo, J., Caetano, M., Vale, C. y Guilhermino, L. (2020). Microplastics in wild fish from North East Atlantic Ocean and its potential for causing neurotoxic effects, lipid oxidative damage, and human health risks associated with ingestion exposure. *Science of The Total Environment*, 717, 134625. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134625>

- Bertuzzi, T., Rastelli, S., Mulazzi, A., Donadini, G. y Pietri, A. (2011). Mycotoxin occurrence in beer produced in several European countries. *Food Control*, 22(12), 2059–2064.
- Carvalho, G., Leite, A. C., Leal, R. y Pereira, R. (2023). The Role of Emergent Processing Technologies in Beer Production. *Beverages*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/beverages9010007>
- Ciont, C., Epuran, A., Kerezi, A. D., Coldea, T. E., Mudura, E., Pasqualone, A., Zhao, H., Suharoschi, R., Vriesekoop, F. y Pop, O. L. (2022). Beer safety: New challenges and future trends within craft and large-scale production. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(17), 2693. <https://doi.org/10.3390/foods11172693>
- Coba, G. (2023). *Aumenta la producción de cerveza artesanal en Ecuador*. Primicias Economía. [https://www.primicias.ec/noticias/economia/cerveza-artesanal-produccion-ecuador/#:~:text=Foto%3A%20Cortes%C3%ADa%20Asocerv-,Para%20potenciar%20la%20producci%C3%B3n%20de%20cerveza%20artesanal%2C%20los%20representantes%20del,de%20Cervecer%C3%ADas%20Artesanales%20\(Asocerv\)](https://www.primicias.ec/noticias/economia/cerveza-artesanal-produccion-ecuador/#:~:text=Foto%3A%20Cortes%C3%ADa%20Asocerv-,Para%20potenciar%20la%20producci%C3%B3n%20de%20cerveza%20artesanal%2C%20los%20representantes%20del,de%20Cervecer%C3%ADas%20Artesanales%20(Asocerv))
- Commission Regulation (EU) 2023/915, Official Journal of the European Union 103 (2023). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R0915>.
- Dabija, A., Ciocan, M. E., Chettrariu, A. y Codină, G. G. (2021). Maize and sorghum as raw materials for brewing, a review. *Applied Sciences (Basel, Switzerland)*, 11(7), 3139. <https://doi.org/10.3390/app11073139>
- Desira, B., Watson, S., Van Doorn, G., Timora, J. y Spence, C. (2020). Happy hour? A preliminary study of the effect of induced joviality and sadness on beer perception. *Beverages*, 6(2), 1–14. <https://doi.org/10.3390/beverages6020035>
- d'Angelo, M., Galassi, C. y Lecis, N. (2023). Thermoelectric materials and applications: A review. *Energies*, 16(17), 6409. <https://doi.org/10.3390/en16176409>
- Delos, G. (2008). *El Gran Libro de las Cervezas*. Iberlibro.
- Díaz, A. B., Durán-Guerrero, E., Lasanta, C. y Castro, R. (2022). From the raw materials to the bottled product: Influence of the entire production process on the organoleptic profile of industrial beers. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(20), 3215. <https://doi.org/10.3390/foods11203215>
- Echarri, T., y Gustavo, A. (2022). *Elaboración de una bebida funcional a base de Mashua Negra (Tropaeolum tuberosum) con adición de extracto de maracuyá y enriquecida con colágeno hidrolizado y edulcorada con Estevia (Stevia rebaudiana)*. Universidad Católica de Santa María. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/12504>
- Fadl, M., y Liu, S. (2014). A comprehensive review on applications of ohmic heating (OH). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 262–269. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.061>
- Fernando, F. y Gutiérrez, V. (2018). Ohmic heater for extracting essential oils from aromatic plants. *Scientia et Technica Año XXIII*, 23(02).
- Gavahian, M. y Chu, R. (2022). Ohmic Heating Extraction at Different Times, Temperatures, Voltages, and Frequencies: A New Energy-Saving Technique for Pineapple Core Valorization. *Foods*, 11(14). <https://doi.org/10.3390/foods11142015>
- Goldammer, T. (2008). *The Brewer's Handbook: The Complete Book to Brewing Beer*. Apex Publishers. <https://books.google.com.ec/books?id=4auVPwAACAAJ>
- Hernández, E. P. y Arias, P. A. (2020). Efectos de campos eléctricos moderados en la reducción de la aflatoxina m1 en leche bovina-un breve resumen. *Vances En Investigación Científica*, 1305.
- Kamal, B., Abbasi, Z. y Hassanzadeh, H. (2023). Water-cut measurement techniques in oil production and processing—A review. *Energies*, 16(17), 6410. <https://doi.org/10.3390/en16176410>
- Kamonpatana, P., Mohamed, H. M. H., Shynkaryk, M., Heskitt, B., Yousef, A. E., y Sastry, S. K. (2013). Mathematical modeling and microbiological verification of ohmic heating of a solid–liquid mixture in a continuous flow ohmic heater system with electric field perpendicular to flow. *Journal of Food Engineering*, 118(3), 312–325. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.04.005>
- Liguori, L., De Francesco, G., Orilio, P., Perretti, G., y Albanese, D. (2021). Influence of malt composition on the quality of a top fermented beer. *Journal of Food Science and Technology*, 58(6), 2295–2303. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04740-8>
- Manuel, J., Arcos, G., Hoyos Manchado, R., Roció, R. I., Ávila, E., Maldonado Lasunción, I. y Revello Sánchez, J. (2015). *Portada Carmen Santisteban Trigo y María Manuela Valverde Logotipo y Título de la revista* (1st ed., Vol. 17). MOLEQLA. <http://www.upo.es/MoleQla>
- Marina, M. C. T. (2007). *La Ciencia de los Alimentos: Lo que hay detrás de las recetas de cocina*. Trillas. <https://books.google.com.ec/books?id=aHqdlwEACAAJ>
- Martínez Ruiz, L. (2020). *Inmovilización de antimicrobianos de origen natural y su aplicación en la industria alimentaria* [Tesis de grado, Universitat Politècnica de València]. <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/148959>
- Martínez-Rodríguez, A. J. y Carrascosa, A. V. (2009). HACCP to control microbial safety hazards during winemaking: Ochratoxin A. *Food Control*, 20(5), 469–475. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.07.015>
- Matumba, L., Namaumbo, S., Ngoma, T., Meleke, N., De Boevre, M., Logrieco, A. F. y De Saeger, S. (2021). Five keys to prevention and control of mycotoxins in grains: A proposal. *Global Food Security*, 30, 100562. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100562>

- doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100562
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and Analysis of Experiments*. Wiley. <https://books.google.com.co/books?id=xJBEDwAAQBAJ>
- Murashita, S., Kawamura, S. y Koseki, S. (2017). Effects of Ohmic Heating, Including Electric Field Intensity and Frequency, on Thermal Inactivation of *Bacillus subtilis* Spores. *Journal of Food Protection*, 80(1), 164–168. <https://doi.org/https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-16-300>
- Negri Rodríguez, L. M. (2021). *Elaboración de zumos pasteurizados mediante tratamiento térmico convencional y calentamiento óhmico a partir de zanahoria de descartes*.
- Pascari, X., Ortiz-Solá, J., Marín, S., Ramos, A. J. y Sanchis, V. (2018). Survey of mycotoxins in beer and exposure assessment through the consumption of commercially available beer in Lleida, Spain. *LWT*, 92, 87–91. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.021>
- Peruzzo, A. M. y Pioli, R. N. (2016). Micotoxinas en harinas derivadas de trigo y soja detectadas por prueba de Elisa. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(5), 647–653. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000500027>
- Rico-Munoz, E. (2017). Heat resistant molds in foods and beverages: recent advances on assessment and prevention. *Current Opinion in Food Science*, 17, 75–83. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.10.011>
- Romer Labs. (2015). *Agrauquant Deoxinivalenol Ensayo 0,25/5,0*. <http://www.romerlabs.com>
- Sensoy, I. (2012). Design of Ohmic Heating Processes. *Handbook of Food Process Design, 2 Volume Set*.
- Shi, X.-L., Zou, J. y Chen, Z.-G. (2020). Advanced thermoelectric design: from materials and structures to devices. *Chemical Reviews*, 120(15), 7399–7515.
- Snyder, S. (2013). *The Brewmaster's Bible: The Gold Standard for Home Brewers*. Harper Collins.
- Tunick, M., Waterhouse, A., Villarreal, R., Ungermann, S., Bamforth, C., Gislason, N., Toth, J., Sanchez, K., Uhl, K., Madison, M., Trout, R. y Trout, J. (2023). *The Science and Craft of Artisanal Food*. <https://doi.org/10.1093/oso/9780190936587.001.0001>
- Vera Morales, J. M., Vargas Hernández, M., Dector Espinoza, A. y Amaya Cruz, D. M. (2024). Aguamiel y pulque: más que bebidas tradicionales. *Perspectivas de La Ciencia y La Tecnología*, 7(12), 40–51. <https://doi.org/10.61820/a8ja8g05>
- Yordi, E., Rodríguez, S., Barroso, D. y Pérez, A. (2024). Factores tecnológicos que afectan la vida útil de la cerveza artesanal de alta fermentación. *Revista centro azúcar* 51(2).

