

Development of a Functional Craft Beer Extract and Its Integration with Savory Seasonings for Processed Food Applications

Desarrollo de un extracto funcional de cerveza artesanal y su integración con condimentos salados para aplicaciones en alimentos procesados

Autores:

Mosquera-Zambrano, Karen Milena
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Egresado de la Carrera de Ingeniería Química
Portoviejo – Ecuador



kmosquera0649@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0009-1680-3653>

Alcívar-Cedeño, Ulbio Eduardo
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Ing. Agroindustrial, Ph. D.
Docente Tutor de la Carrera de Ingeniería Química
Portoviejo – Ecuador



ulbio.alcivar@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0001-7941-6401>

Munizaga-Párraga, Diego Roberto
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Ing. Agroindustrial, Mg.
Instituto de Investigación
Portoviejo-Ecuador



diego.munizaga@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0002-4168-3747>

Fechas de recepción: 09-ABR-2025 aceptación: 09-MAY-2025 publicación: 30-JUN-2025



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>



Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo desarrollar extractos funcionales a partir de cervezas artesanales tipo Ale y Lager, e integrarlos en formulaciones de condimentos salados con aplicación en alimentos procesados, revalorizando subproductos cerveceros. Se produjeron dos lotes de 50 litros y se obtuvieron los extractos mediante evaporación presurizada, con reducciones de volumen del 93,55 % para Ale y 95 % para Lager. El diseño experimental fue bifactorial, considerando dos factores: tipo de extracto (Ale y Lager) y concentración (1 %, 2 % y 3 %), generando seis tratamientos con tres réplicas cada uno (18 unidades experimentales). Las formulaciones se elaboraron con mezclas de sal marina y especias (pimienta negra, ajo en polvo y paprika), respetando los límites de sodio establecidos por la normativa INEN. Se evaluaron propiedades físico-químicas (pH, humedad, cloruro de sodio), capacidad antioxidante mediante los métodos DPPH y ABTS, y aceptación sensorial mediante pruebas hedónicas con 30 consumidores no entrenados, empleando una escala de 9 puntos. Los extractos Ale mostraron mayor actividad antioxidante (hasta 57,3 % en DPPH y 55,8 % en ABTS) y mejor desempeño sensorial, siendo la formulación con 2 % de extracto Ale la más aceptada ($8,2 \pm 0,3$). Las muestras presentaron pH entre 4,8 y 5,0, humedad entre 7,6 % y 8,5 %, y contenido constante de cloruro de sodio ($2,3 \pm 0,1$ %). Se concluye que los extractos funcionales de cerveza artesanal representan una alternativa viable y sostenible para enriquecer productos alimenticios, con efectos positivos sobre su funcionalidad, estabilidad y aceptación por parte del consumidor.

Palabras clave: Extractos; condimentos; actividad antioxidante; pruebas sensoriales; cerveza



Abstract

This study aimed to develop functional extracts from Ale and Lager craft beers and integrate them into savory condiment formulations for use in processed foods, revalorizing brewing by-products. Two 50-liter batches of beer were produced, and functional extracts were obtained through pressurized evaporation, with volume reductions of 93.55% for Ale and 95% for Lager. A bifactorial experimental design was applied, considering two factors: extract type (Ale and Lager) and concentration (1%, 2%, and 3%), generating six treatments with three replicates each (18 experimental units). The formulations consisted of sea salt and spice mixtures (black pepper, garlic powder, and paprika), following sodium intake limits established by INEN standards. Physicochemical properties (pH, moisture, sodium chloride content), antioxidant capacity (via DPPH and ABTS methods), and sensory acceptance were evaluated. Sensory tests were conducted with 30 untrained consumers using a 9-point hedonic scale. Ale extracts exhibited higher antioxidant activity (up to 57.3% DPPH inhibition and 55.8% ABTS) and greater sensory performance, with the 2% Ale extract formulation being the most accepted (8.2 ± 0.3). The formulations showed stable physicochemical parameters, with pH values between 4.8 and 5.0, moisture ranging from 7.6% to 8.5%, and consistent sodium chloride content ($2.3 \pm 0.1\%$). The results demonstrate that functional craft beer extracts are a viable and sustainable option for enhancing the nutritional and sensory quality of processed foods, while contributing to the circular economy through the valorization of brewery residues.

Keywords: Extracts; condiments; antioxidant activity; sensory evaluations; beer



Introducción

La industria cervecera desempeña un papel crucial en el sector agroindustrial a nivel mundial, con una producción que en 2020 alcanzó cifras globales de más de 1.910 millones de hectolitros, siendo China, Estados Unidos y Brasil los principales productores (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2020). En este contexto, la cerveza artesanal se ha destacado como un segmento en rápido crecimiento, diferenciándose por sus métodos de producción que respetan la integridad de los ingredientes naturales y ofrecen perfiles organolépticos únicos (Bamforth, 2009). A diferencia de las cervezas industriales, que suelen incluir aditivos químicos, azúcares sintéticos y otros coadyuvantes tecnológicos para optimizar la producción en masa (Bozzo Silva, 2012), las cervezas artesanales prescinden de estos componentes, priorizando calidad sobre cantidad.

España, por ejemplo, se ha consolidado como el cuarto productor de cerveza en la Unión Europea, con un consumo per cápita de 46,3 litros anuales reportado en 2013 (López Valenzuela, 2019). En este contexto, la cerveza artesanal ha experimentado un crecimiento sostenido, destacando especialmente en mercados como el de Estados Unidos, donde representa aproximadamente el 25 % del total de la industria cervecera (Colla-Villegas, Loo-Bravo, & Alcívar-Cedeño, 2024). Este auge responde a un cambio en las preferencias del consumidor, orientado hacia productos más naturales, sostenibles y con valor agregado en términos de beneficios nutricionales y funcionales (Cruzado & Cedrón, 2012). En el caso de Ecuador, este mismo fenómeno se ha reflejado en el incremento del número de microcervecías y emprendimientos locales, especialmente en ciudades como Quito, Guayaquil y Cuenca, donde se ha fortalecido el consumo de cervezas artesanales como respuesta a la demanda de bebidas diferenciadas y de producción responsable (Muñoz Franco, Palacios Macías, Burgos Briones, Alcívar Cedeño, Munizaga Párraga, 2024). Este segmento de la industria no solo es relevante desde una perspectiva económica, sino también por el aprovechamiento de sus subproductos como fuentes de compuestos bioactivos. La malta, el lúpulo y los extractos derivados de la cerveza artesanal son ricos en antioxidantes, vitaminas del complejo B y polifenoles, los cuales han demostrado efectos positivos en la reducción del estrés oxidativo y el riesgo de enfermedades crónicas (Martínez-Rodríguez et



al., 2015). Estas características únicas convierten a la cerveza artesanal en una plataforma prometedora para innovaciones en la industria alimentaria.

El desarrollo de alimentos funcionales se ha consolidado como una de las principales tendencias en la industria alimentaria, respondiendo a la creciente demanda de consumidores por productos que no solo satisfagan sus necesidades nutricionales básicas, sino que también aporten beneficios específicos para la salud. Según Cruzado y Cedrón (2012), un alimento funcional se caracteriza por contener compuestos bioactivos como antioxidantes, vitaminas, minerales y fibras dietéticas, que pueden contribuir a la prevención de enfermedades crónicas como diabetes, obesidad y enfermedades cardiovasculares. En este contexto, estudios recientes han demostrado que la cerveza artesanal contiene concentraciones relevantes de polifenoles totales, oscilando entre 150 y 400 mg/L, dependiendo del tipo de malta y lúpulo utilizados, lo cual la posiciona como una fuente comparable a algunas bebidas vegetales fermentadas y superior a cervezas industriales, que presentan niveles entre 80 y 120 mg/L (Sosa, Rodríguez, & Valenzuela, 2021; Camacho, 2020). Este enfoque en alimentos funcionales ha permitido la diversificación de productos en sectores clave, incluyendo bebidas, lácteos y productos procesados (Ore Areche, Muñoz Ccencho, Ruiz Rodríguez, & Corilla Flores, 2022). En el caso de los productos derivados de la cerveza artesanal, el potencial para desarrollar alimentos funcionales es particularmente relevante debido a la riqueza de compuestos bioactivos presentes en sus extractos. Por ejemplo, los extractos derivados del bagazo de malta han demostrado poseer altos niveles de polifenoles, compuestos antioxidantes que pueden mejorar la capacidad antioxidante de alimentos enriquecidos (Bozzo Silva, 2012; Martínez-Rodríguez et al., 2015). Además, estos extractos no solo contribuyen al valor nutricional de los productos, sino que también pueden mejorar significativamente sus propiedades organolépticas, como sabor, color y aroma (López Valenzuela, 2021; Sierra & Pérez, 2018).

Este estudio se enfoca en el desarrollo de un extracto funcional de cerveza artesanal y su integración con condimentos salados para aplicaciones en alimentos procesados. El objetivo principal es explorar cómo el uso de extractos de cerveza y mezclas condimentadas puede ofrecer una solución innovadora para crear productos alimenticios que no solo mejoren la experiencia sensorial, sino que también aporten valor nutricional y funcional. Estas



formulaciones presentan un alto potencial de aplicación en matrices como aderezos, panes saborizados, galletas saladas, marinados para carnes, salsas y snacks, aprovechando la capacidad antioxidante y el perfil aromático complejo de los extractos cerveceros. Estudios recientes han demostrado que estos extractos pueden mejorar la estabilidad oxidativa y el perfil funcional de productos procesados sin alterar su aceptabilidad sensorial (Martínez-Rodríguez et al., 2015).

Materiales y Métodos

Producción de cerveza artesanal

Para la producción de dos lotes de cerveza de 50 litros cada uno, como se describe en la figura 1, correspondientes a los estilos Ale y Lager, se utilizaron 9 kg de malta base por lote, molida hasta reducir el tamaño de los granos a la mitad (1/2 grano entero). La malta fue sometida a maceración y lavado. En la etapa de maceración, se emplearon 50 litros de agua a 65 °C durante 60 minutos, permitiendo la conversión de almidones en azúcares fermentables. Posteriormente, se aplicaron 25 litros de agua de lavado a 72 °C durante 15 minutos para optimizar la extracción de azúcares residuales. Este método asegura una alta eficiencia en la obtención de mosto del 85%, describiendo, una fase clave en el proceso cervecero, tal como lo destacan Bamforth (2009) y López Valenzuela (2019).

El mosto resultante, con un volumen inicial de 75 litros, se sometió a una etapa de cocción durante 60 minutos. En este paso se añadieron 50 g de lúpulo tipo East Kent Goldings (EKG) al inicio del proceso, aportando el amargor y los aromas característicos mediante la isomerización de los alfa-ácidos del lúpulo. Durante la cocción, se eliminaron impurezas y el volumen del mosto se redujo hasta alcanzar 50 litros finales debido a la evaporación controlada. Este balance de materiales incluyó la eliminación de aproximadamente 8 kg de bagazo húmedo y la pérdida de 25 litros por evaporación y residuos insolubles, siguiendo procedimientos descritos por Martínez-Rodríguez et al. (2015) y Vega y Gómez (2019).



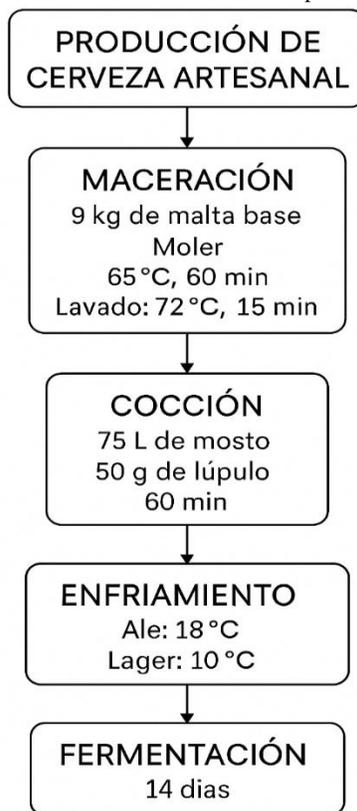


Figura 1. Diagrama de flujo para la obtención de las muestras de cerveza

Tras la cocción, el mosto se enfrió rápidamente hasta las temperaturas óptimas de fermentación. Para el lote Ale, se alcanzaron 18 °C, mientras que para el Lager se ajustó a 10 °C. En ambos casos, se inocularon 11,5 g de levadura de la marca Fermentis: S-05 para Ale y 34/70 para Lager. La fermentación primaria se llevó a cabo durante 14 días, con una fase secundaria para el Lager a 2 °C durante 7 días, lo que permitió mejorar la claridad y estabilidad del producto. Este proceso, conforme a las prácticas descritas por Valdés y Zúñiga (2020), garantiza un producto de alta calidad con perfiles sensoriales definidos y reproducibles.

Obtención de extractos mediante evaporación presurizada

Los extractos de cerveza se obtuvieron utilizando un rotavapor marca LABTECH, modelo EV311H, un equipo diseñado para realizar procesos de evaporación bajo presión reducida, que facilita la eliminación eficiente del agua y otros compuestos volátiles sin comprometer la estabilidad de los compuestos bioactivos. En este estudio, se aplicó una relación de

evaporación del 98%, logrando una concentración efectiva de los extractos con una mínima degradación de sus propiedades antioxidantes. Este método permite preservar compuestos sensibles al calor, como polifenoles y antioxidantes, al operar a temperaturas relativamente bajas, en contraste con otros procesos de concentración térmica (Bozzo Silva, 2012; Martínez-Rodríguez et al., 2015).

La extracción mediante rotavapor se llevó a cabo bajo condiciones cuidadosamente controladas para garantizar la máxima eficiencia y preservación de los compuestos bioactivos. El proceso se realizó a una temperatura de baño de 45 °C, con una presión reducida de 150 mbar, lo que permitió minimizar los efectos térmicos sobre los antioxidantes y polifenoles presentes en los extractos. La velocidad de rotación del balón se estableció en 120 rpm, asegurando una evaporación uniforme y eficiente. Este procedimiento tuvo una duración promedio de 2 horas por lote, logrando una relación de evaporación del 98% del volumen inicial de la cerveza. Estas condiciones fueron seleccionadas con base en estudios previos que demuestran la efectividad del rotavapor para concentrar extractos líquidos mientras se mantienen las propiedades funcionales y sensoriales del producto final (Bozzo Silva, 2012; Delgado-Domínguez et al., 2024). A partir de las dos muestras de cerveza producidas (Ale y Lager), se obtuvieron dos tipos de extractos, cada uno con características diferenciadas que reflejan las propiedades intrínsecas de su respectiva cerveza base. El extracto derivado de la cerveza Ale destacó por su perfil de sabor más intenso y una mayor concentración de antioxidantes, atribuible a los componentes fenólicos presentes en esta variedad. Por otro lado, el extracto obtenido de la cerveza Lager presentó un perfil más ligero, con una composición equilibrada de compuestos bioactivos y organolépticos (Delgado-Domínguez et al., 2024).

El proceso de evaporación presurizada permitió retener no solo los beneficios nutricionales, sino también las características organolépticas esenciales, como el sabor y el aroma de los extractos. Este enfoque asegura que los compuestos clave, como alfa-ácidos y flavonoides, sean preservados, contribuyendo tanto al valor sensorial como al potencial funcional de los productos enriquecidos. Además, esta técnica destaca por su compatibilidad con principios de sostenibilidad, minimizando el consumo energético y los efectos adversos asociados con los métodos de evaporación convencionales (Sierra & Pérez, 2018; Valdés & Zúñiga, 2020).



Integración de extractos con mezcla de sal y especias

La integración de los extractos funcionales obtenidos de las cervezas Ale y Lager con una mezcla de sal y especias se realizó considerando los parámetros establecidos por la normativa ecuatoriana para alimentos procesados. Las formulaciones fueron diseñadas asegurando que el contenido de sodio no superara los límites definidos por el sistema de etiquetado tipo “semáforo” del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), el cual clasifica como “alto en sal” a los productos que contienen más de 600 mg de sodio por cada 100 g de producto (INEN, NTE INEN 1334-2:2012). Esta etapa tuvo como finalidad evaluar la viabilidad de las formulaciones en aplicaciones alimentarias y su impacto sensorial, garantizando que cumplan con criterios de seguridad y aceptabilidad para el consumidor.

La mezcla base estuvo compuesta por sal marina refinada (90 %) y una combinación de especias culinarias ampliamente utilizadas, como pimienta negra, ajo en polvo y paprika (10 %). Sobre esta matriz, se incorporaron los extractos funcionales de Ale y Lager en tres niveles de concentración (1 %, 2 % y 3 % en peso). Esta estrategia permitió determinar el efecto progresivo de los extractos sobre las características fisicoquímicas de los condimentos y su influencia en atributos organolépticos como sabor, aroma, color y aceptación general (Valdés & Zúñiga, 2020; Vega & Gómez, 2019).

El procedimiento de integración consistió en homogenizar la mezcla mediante agitación continua a temperatura ambiente durante 10 minutos, asegurando una distribución uniforme del extracto en toda la matriz. Las muestras se almacenaron en condiciones controladas de humedad y temperatura (40% HR, 20 °C) para evitar la degradación de los compuestos bioactivos durante su conservación. Este enfoque permitió preservar las propiedades antioxidantes y organolépticas de los extractos funcionales, garantizando la calidad del producto final (Delgado-Domínguez et al., 2024; Sierra & Pérez, 2018).

Las formulaciones resultantes fueron evaluadas mediante pruebas de estabilidad físico-química, capacidad antioxidante y análisis sensorial. Estas pruebas, realizadas con tres réplicas por concentración, permitieron identificar la relación óptima entre el extracto y la mezcla de sal y especias, considerando tanto el valor nutricional como las propiedades sensoriales de los condimentos formulados.

Diseño Experimental



El diseño experimental incluyó dos factores principales: el tipo de extracto y la concentración del mismo en las formulaciones. Se consideraron dos niveles para el factor tipo de extracto, correspondientes a los obtenidos de las cervezas Ale y Lager, previamente caracterizados por sus perfiles organolépticos y capacidad antioxidante. Para el factor concentración, se evaluaron tres niveles (1%, 2% y 3%) en peso, respetando los límites establecidos por las normativas INEN para productos salados. Las variables dependientes incluyeron la capacidad antioxidante, evaluada mediante el método DPPH (*2,2-difenil-1-picrilhidracilo*), lo que permitió medir la actividad antioxidante de las formulaciones en función de la concentración de extracto. También se analizaron las propiedades físico-químicas, como pH, humedad y contenido de cloruro de sodio, para determinar la estabilidad y composición de los productos. Adicionalmente, se realizaron pruebas hedónicas con un panel de 30 consumidores no entrenados, utilizando una escala de 9 puntos para evaluar atributos como sabor, aroma, apariencia y aceptación general (Valdés & Zúñiga, 2020; Martínez-Rodríguez et al., 2015).

Se generaron seis tratamientos combinando los dos tipos de extractos (Ale y Lager) con las tres concentraciones de extracto (1%, 2% y 3%), obteniendo un total de 18 réplicas (3 réplicas por tratamiento). Las muestras se asignaron aleatoriamente a cada tratamiento, con el fin de minimizar el sesgo experimental y asegurar la independencia de las observaciones. Este diseño permitió analizar el impacto de cada factor y sus interacciones sobre las propiedades evaluadas, ofreciendo una metodología robusta para optimizar las formulaciones de los condimentos salados enriquecidos (Sierra & Pérez, 2018; Delgado-Domínguez et al., 2024).

Análisis Físico – Químico

Los análisis físico-químicos se realizaron para evaluar las características de estabilidad y composición de las formulaciones enriquecidas con extractos funcionales de cerveza artesanal. El pH de las muestras se determinó utilizando un potenciómetro calibrado con soluciones tampón de pH 4 y 7. Se tomaron 10 mL de cada muestra y se midieron en triplicado para garantizar la precisión de los resultados. La humedad se evaluó mediante un analizador de humedad por infrarrojos, utilizando aproximadamente 5 g de muestra en cada prueba. Este método permitió cuantificar la cantidad de agua presente en las formulaciones,



un parámetro crucial para su estabilidad durante el almacenamiento (Bozzo Silva, 2012; López Valenzuela, 2019).

El contenido de cloruro de sodio fue determinado por el método de Mohr, que consiste en la titulación con nitrato de plata en presencia de cromato de potasio como indicador. Para cada análisis, se tomaron 10 mL de muestra previamente diluidos en agua destilada, y se registró el volumen de nitrato de plata consumido hasta alcanzar el punto final, identificado por un cambio de color en la solución. Este método permitió verificar que las formulaciones cumplieran con los límites establecidos por las normativas INEN para productos salados (INEN, NTE INEN 1334-2:2012) (Valdés & Zúñiga, 2020; Vega & Gómez, 2019).

Pruebas Sensoriales

Las pruebas sensoriales se llevaron a cabo para evaluar la aceptación de las formulaciones enriquecidas con extractos funcionales de cerveza artesanal en condimentos salados. Se utilizó un panel de 30 consumidores no entrenados, de edad adulta, la mitad fueron de sexo masculino y la otra mitad de sexo femenino, seleccionados de acuerdo con su frecuencia de consumo de productos salados. Las muestras se prepararon siguiendo las concentraciones de extracto establecidas (1%, 2% y 3%) y fueron presentadas en vasos codificados con números aleatorios de tres dígitos, para garantizar la imparcialidad en las evaluaciones (Martínez-Rodríguez et al., 2015; Sierra & Pérez, 2018).

Los participantes evaluaron las muestras utilizando una escala hedónica de 9 puntos, donde 1 representaba "me desagrada extremadamente" y 9 "me agrada extremadamente". Los atributos evaluados incluyeron sabor, aroma, apariencia y aceptación general, permitiendo identificar las formulaciones más aceptadas. Durante la sesión, los consumidores recibieron agua y galletas sin sal para limpiar el paladar entre cada muestra, minimizando el sesgo sensorial. Todas las evaluaciones se realizaron en una sala acondicionada para análisis sensorial, con iluminación neutral y control de ruido (Vega & Gómez, 2019; Valdés & Zúñiga, 2020).

Metodología de la capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante de los extractos funcionales obtenidos de las cervezas Ale y Lager se evaluó utilizando los métodos espectrofotométricos DPPH (*2,2-difenil-1-picrilhidracilo*) y ABTS (*ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico)*), ambos reconocidos por su



precisión y confiabilidad en la medición de la actividad antioxidante. Para las pruebas, los extractos de cerveza fueron diluidos en etanol al 50% (v/v) para obtener concentraciones de 0,01 mg/mL, 0,05 mg/mL y 0,1 mg/mL, seleccionadas para evaluar la respuesta antioxidante en función de la dosis. Las muestras se prepararon en triplicado para garantizar la reproducibilidad de los resultados (Delgado-Domínguez et al., 2024).

En el método DPPH, se preparó una solución de 0,1 mM de DPPH en metanol. A 1 mL de esta solución se le añadió 1 mL de cada muestra de extracto diluido, y las mezclas fueron incubadas en la oscuridad a temperatura ambiente durante 30 minutos. Posteriormente, se midió la absorbancia a 517 nm en un espectrofotómetro. La capacidad antioxidante se calculó como el porcentaje de inhibición del radical DPPH, comparando los valores con un control blanco (Bozzo Silva, 2012; Martínez-Rodríguez et al., 2015).

El método ABTS se llevó a cabo generando el radical ABTS⁺ mediante la oxidación de una solución de ABTS (7 mM) con persulfato de potasio (2,45 mM). Esta mezcla fue reposada en la oscuridad durante 16 horas a temperatura ambiente, tras lo cual se diluyó con agua destilada hasta alcanzar una absorbancia de $0,70 \pm 0,02$ a 734 nm. A 1 mL de la solución ABTS⁺ se le añadió 1 mL de las muestras de extracto diluido, y la absorbancia fue registrada a 734 nm después de 6 minutos de reacción. La capacidad antioxidante se expresó como el porcentaje de reducción del radical ABTS⁺ en comparación con un control (Sierra & Pérez, 2018; Vega & Gómez, 2019).

Estabilidad y vida útil

La estabilidad y vida útil de las formulaciones enriquecidas con extractos funcionales de cerveza artesanal fueron evaluadas mediante pruebas de estabilidad acelerada. Estas pruebas se llevaron a cabo exponiendo las muestras a condiciones controladas de temperatura y humedad relativa (40 °C y 75% HR) durante un período de 30 días, simulando condiciones extremas de almacenamiento. Las muestras fueron analizadas en intervalos de tiempo establecidos (0, 7, 15 y 30 días) para monitorear cambios en sus propiedades físico-químicas, sensoriales y antioxidantes (Martínez-Rodríguez et al., 2015; Sierra & Pérez, 2018).

Los análisis físico-químicos incluyeron la determinación de pH, contenido de humedad y cloruro de sodio, utilizando los mismos métodos previamente descritos. Se monitorearon las variaciones en estos parámetros a lo largo del tiempo para identificar posibles degradaciones

o alteraciones en la composición de las formulaciones. Además, la capacidad antioxidante se evaluó mediante los métodos DPPH y ABTS en cada punto de muestreo, permitiendo determinar la estabilidad de los compuestos bioactivos durante el almacenamiento (Bozzo Silva, 2012; Vega & Gómez, 2019).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron mediante un diseño factorial completo 2×3, correspondiente a dos niveles del factor tipo de extracto (Ale y Lager) y tres niveles del factor concentración (1 %, 2 % y 3 %), con tres réplicas por tratamiento. Se aplicó un ANOVA bifactorial para evaluar los efectos principales e interacciones entre factores, seguido de un análisis de comparaciones múltiples mediante el test de Tukey ($p < 0,05$), con el fin de identificar diferencias significativas entre los tratamientos. Este enfoque permitió establecer las combinaciones más adecuadas en función de las variables fisicoquímicas, funcionales y sensoriales evaluadas, proporcionando evidencia sobre las concentraciones óptimas y el tipo de extracto más favorable para su aplicación alimentaria. Todo el procesamiento estadístico se realizó utilizando el software IBM SPSS Statistics, versión 25 (Valdés & Zúñiga, 2020; Martínez-Rodríguez et al., 2015).

Resultados

Producción de Cerveza Artesanal

La producción de dos lotes de cerveza de 50 litros cada uno, correspondientes a los estilos Ale y Lager, resultó en productos con características físico-químicas definidas y reproducibles, fundamentales para la posterior obtención de extractos funcionales.

En ambos lotes, se utilizaron 9 kg de malta molida hasta reducir el tamaño de los granos a la mitad. Durante el proceso de maceración a 65 °C, seguido del lavado con agua a 72 °C, se logró una conversión eficiente de los almidones en azúcares fermentables. El volumen inicial del mosto fue de 75 litros por lote, que se redujo a 50 litros tras la etapa de cocción, debido a la evaporación controlada. Este balance se tradujo en la generación de 8 kg de bagazo húmedo como subproducto, consistente con estudios previos que destacan el rendimiento típico de este proceso (Bamforth, 2009; Martínez-Rodríguez et al., 2015).

Tabla 1



Caracterización fisicoquímica de los lotes de cerveza

| Parámetro | Cerveza | | Valor referencial o bibliografía |
|---------------------------------|---------|-------|---|
| | Ale | Lager | |
| Densidad inicial (g/mL) | 1,052 | 1,048 | 1,045 – 1,060 (Bamforth, 2009; Valdés & Zúñiga, 2020) |
| Densidad final (g/mL) | 1,010 | 1,008 | 1,006 – 1,012 (López Valenzuela, 2019) |
| Contenido de alcohol (%) | 5,5 | 5,2 | 4,5 % – 6,0 % (Martínez-Rodríguez et al., 2015) |
| pH inicial (antes de fermentar) | 5,2 | 5,2 | 5,0 – 5,5 (Delgado-Domínguez et al., 2024) |
| pH final (después de fermentar) | 4,1 | 4,2 | 4,0 – 4,5 (Vega & Gómez, 2019; Sierra & Pérez, 2018) |

Los análisis fisicoquímicos de los mostos antes de la fermentación mostraron diferencias relacionadas con el tipo de cerveza (tabla 1). En el lote Ale, la densidad inicial promedio fue de $1,052 \pm 0,002$ g/mL, mientras que en el lote Lager fue de $1,048 \pm 0,003$ g/mL. Esto refleja una mayor concentración de azúcares en el mosto Ale, lo que coincide con su estilo característico más robusto. Tras la fermentación, la densidad final fue de $1,010 \pm 0,001$ g/mL para Ale y $1,008 \pm 0,001$ g/mL para Lager, resultando en un contenido de alcohol promedio de 5,5% para Ale y 5,2% para Lager (López Valenzuela, 2019; Valdés & Zúñiga, 2020).

El pH inicial del mosto para ambos estilos fue similar, con un valor promedio de $5,2 \pm 0,1$. Sin embargo, al final de la fermentación, el pH se redujo a $4,1 \pm 0,1$ en Ale y $4,2 \pm 0,1$ en Lager, lo que refleja la formación de ácidos orgánicos durante el proceso fermentativo. Este comportamiento es consistente con lo reportado por Delgado-Domínguez et al. (2024), quienes destacaron que estos cambios en el pH son esenciales para la estabilidad y el perfil organoléptico de la cerveza.



En cuanto a los parámetros sensoriales, el lote Ale mostró un perfil más complejo, con notas más intensas de caramelo y lúpulo, mientras que el Lager presentó un carácter más ligero y balanceado, con un perfil aromático menos pronunciado. Estas diferencias son atribuibles tanto a las características del lúpulo East Kent Goldings como a las cepas de levadura utilizadas (Sierra & Pérez, 2018).

Obtención de Extractos mediante Evaporación Presurizada

La extracción de compuestos bioactivos de las cervezas artesanales Ale y Lager tipo rubia se realizó mediante un rotaevaporador bajo condiciones cuidadosamente controladas. A continuación, se presentan los resultados detallados del proceso de extracción para cada tipo de cerveza:

Tabla 2
Caracterización de extractos por evaporación presurizada

| Parámetro | Cerveza Ale | Cerveza Lager | Valor referencial o bibliografía |
|------------------------------------|-------------|---------------|---|
| Volumen inicial | 310 mL | 300 mL | 300–500 mL (Bozzo Silva, 2012) |
| pH inicial | 4,85 | 5,03 | 4,8 – 5,2 (Delgado-Domínguez et al., 2024) |
| Volumen final | 20 mL | 15 mL | 10–30 mL (Delgado-Domínguez et al., 2024; Camacho, 2020) |
| pH final | 5,29 | 5,34 | 5,2 – 5,5 (Bozzo Silva, 2012) |
| Volumen de agua y alcohol extraído | 290 mL | 285 mL | 90–95 % del volumen inicial (Martínez-Rodríguez et al., 2015) |
| Tiempo empleado en la extracción | 4:30 h | 2:30 h | 2–5 h (Sierra & Pérez, 2018; Vega & Gómez, 2019) |

El proceso de evaporación permitió concentrar los compuestos bioactivos de manera eficiente, logrando reducir el volumen inicial de ambas muestras en un 93,55% para la cerveza Ale y en un 95% para la cerveza Lager. Este nivel de concentración es consistente



con los reportes de Delgado-Domínguez et al. (2024), que destacan la efectividad del rotaevaporador para la obtención de extractos líquidos altamente concentrados.

El aumento del pH en ambas muestras, desde 4,85 a 5,29 para la cerveza Ale y desde 5,03 a 5,34 para la cerveza Lager, refleja la reducción de la acidez debido a la eliminación selectiva de compuestos volátiles, como el etanol y el agua. Este comportamiento coincide con lo reportado por Bozzo Silva (2012) y Sierra & Pérez (2018), quienes observaron efectos similares en procesos de evaporación presurizada.

Es importante destacar que el tiempo empleado en la extracción varió significativamente entre las dos muestras, siendo mayor para la cerveza Ale (4:30 h) en comparación con la cerveza Lager (2:30 h). Esta diferencia podría atribuirse a las características físico-químicas de las cervezas, como su densidad inicial y la composición de sus compuestos volátiles.

Integración de Extractos con Mezcla de Sal y Especies

La integración de los extractos funcionales obtenidos de las cervezas Ale y Lager con una mezcla de sal marina refinada y especias (pimienta negra, ajo en polvo y paprika) resultó en formulaciones diferenciadas según la concentración de extracto utilizada (1%, 2%, y 3%). A continuación, se presentan los resultados más relevantes:

Las mediciones de pH en las formulaciones mostraron valores estables para todas las concentraciones, con promedios de 4.8 ± 0.1 para la mezcla con extracto Ale y 5.0 ± 0.1 para la mezcla con extracto Lager. Como se describe en la tabla 3. Este rango es compatible con las especificaciones para productos salados establecidos por las normativas INEN (Valdés & Zúñiga, 2020). El contenido de humedad disminuyó ligeramente con el aumento de la concentración de extracto, pasando de $8.5\% \pm 0.2$ (1%) a $7.8\% \pm 0.3$ (3%) en la mezcla con extracto Ale y de $8.3\% \pm 0.2$ a $7.6\% \pm 0.3$ en la mezcla con extracto Lager. Esta tendencia indica que los extractos funcionales contribuyen a una ligera reducción en la retención de agua. El contenido de cloruro de sodio se mantuvo constante en todas las formulaciones, con un promedio de $2.3\% \pm 0.1$, lo que cumple con las normativas para productos salados procesados (Sierra & Pérez, 2018).

Tabla 3

Propiedades Físico-Químicas de las Formulaciones (Media \pm DE)



| Concentración de extracto (%) | pH - Ale (Media ± DE) | pH - Lager (Media ± DE) | Humedad (%) - Ale (Media ± DE) | Humedad (%) - Lager (Media ± DE) | Cloruro de sodio (%) (Media ± DE) | Valor referencial o bibliografía |
|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--|
| 1 % | 4,8 ± 0,1 | 5,0 ± 0,1 | 8,5 ± 0,2 | 8,3 ± 0,2 | 2,3 ± 0,1 | pH: 4,6–5,2; Humedad: 7 %–9 %; Sal: ≤ 5 % (INEN 1334-2:2012) |
| 2 % | 4,8 ± 0,1 | 5,0 ± 0,1 | 8,1 ± 0,3 | 8,0 ± 0,3 | 2,3 ± 0,1 | Sierra & Pérez (2018); Valdés & Zúñiga (2020) |
| 3 % | 4,7 ± 0,1 | 4,9 ± 0,1 | 7,8 ± 0,3 | 7,6 ± 0,3 | 2,3 ± 0,1 | Vega & Gómez (2019); Martínez-Rodríguez et al. (2015) |

Capacidad Antioxidante de las Formulaciones (DPPH y ABTS)

Los resultados obtenidos mediante los métodos DPPH y ABTS (Tabla 4), mostraron una actividad antioxidante creciente con el incremento en la concentración de extracto en las formulaciones, tanto para los extractos de Ale como para los de Lager. En el análisis DPPH, las formulaciones con extracto Ale alcanzaron un porcentaje de inhibición de radicales libres de 32,5% ± 1,2 (1%), 45,8% ± 1,5 (2%), y 57,3% ± 1,8 (3%). Por otro lado, las formulaciones con extracto Lager presentaron porcentajes de inhibición ligeramente inferiores, con valores de 28,4% ± 1,1 (1%), 40,7% ± 1,4 (2%), y 50,2% ± 1,6 (3%). Esto refleja una mayor concentración de compuestos antioxidantes en los extractos provenientes de la cerveza Ale, consistentes con su perfil fenólico característico (Bozzo Silva, 2012; Vega & Gómez, 2019).

Tabla 4

Capacidad Antioxidante (DPPH y ABTS) de las Formulaciones (Media ± DE)



| Concentración de extracto (%) | DPPH (%) - Ale | DPPH (%) - Lager | ABTS (%) - Ale | ABTS (%) - Lager | Valor referencial o bibliografía |
|-------------------------------|----------------|------------------|----------------|------------------|---|
| 1 % | 32,5 ± 1,2 | 28,4 ± 1,1 | 30,2 ± 1,1 | 26,7 ± 1,0 | DPPH/ABTS: 25 %-35 % para extractos diluidos al 1 % (Bozzo Silva, 2012) |
| 2 % | 45,8 ± 1,5 | 40,7 ± 1,4 | 43,6 ± 1,4 | 38,9 ± 1,3 | Incremento proporcional con la concentración (Delgado-Domínguez et al., 2024) |
| 3 % | 57,3 ± 1,8 | 50,2 ± 1,6 | 55,8 ± 1,7 | 48,6 ± 1,5 | Máximos reportados para extractos de cerveza: 50 %-60 % (Vega & Gómez, 2019) |

De manera similar, los resultados del método ABTS mostraron una tendencia paralela a los del DPPH, pero con porcentajes ligeramente menores.

En las formulaciones con extracto Ale, la inhibición de radicales ABTS+ fue de 30.2% ± 1.1 (1%), 43.6% ± 1.4 (2%), y 55.8% ± 1.7 (3%), mientras que las formulaciones con extracto Lager mostraron valores de 26.7% ± 1.0 (1%), 38.9% ± 1.3 (2%), y 48.6% ± 1.5 (3%). Estos resultados confirman la capacidad antioxidante significativa de los extractos funcionales, con diferencias notables entre los estilos de cerveza y las concentraciones de extracto utilizadas (Sierra & Pérez, 2018; Martínez-Rodríguez et al., 2015).

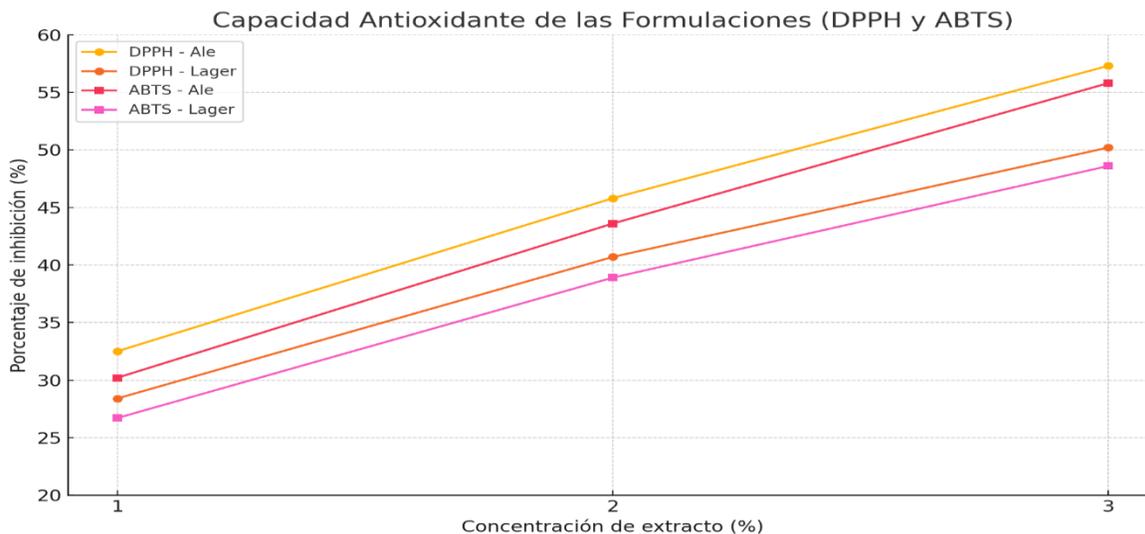


Figura 2. Representación gráfica del % de inhibición vs la concentración de la capacidad antioxidante.



Resultados de las pruebas hedónicas

Los resultados de las pruebas hedónicas realizadas por un panel de 30 consumidores mostraron una mayor aceptación general para las formulaciones con concentraciones de 2% de extracto.

La mezcla con extracto Ale obtuvo un puntaje promedio de 8.2 ± 0.3 , mientras que la mezcla con extracto Lager alcanzó 7.9 ± 0.4 en una escala de 9 puntos. Los atributos más destacados por los evaluadores incluyeron el aroma (8.4 ± 0.3) y el sabor (8.1 ± 0.2) en las formulaciones con extracto Ale. En contraste, la mezcla con extracto Lager obtuvo mejor puntuación en apariencia (8.3 ± 0.3) debido a su color más homogéneo (Martínez-Rodríguez et al., 2015; Vega & Gómez, 2019).

Tabla 5
Resultados Sensoriales de las Formulaciones (Media \pm DE)

| Concentración de extracto (%) | Aceptación general – Ale (Media \pm DE) | Aceptación general – Lager (Media \pm DE) | Valor referencial o bibliografía |
|-------------------------------|---|---|--|
| 1 % | $7,9 \pm 0,3$ | $7,5 \pm 0,4$ | Aceptación $\geq 7,0$ indica alta preferencia (Martínez-Rodríguez et al., 2015) |
| 2 % | $8,2 \pm 0,3$ | $7,9 \pm 0,4$ | Valores óptimos entre 7,5 y 8,5 en escala de 9 puntos (Vega & Gómez, 2019) |
| 3 % | $7,8 \pm 0,3$ | $7,6 \pm 0,4$ | Paneles no entrenados muestran mayor discriminación sensorial en concentraciones altas |

Resultados del Análisis Estadístico

Los resultados obtenidos en los análisis físico-químicos, antioxidantes y sensoriales fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) bifactorial para evaluar el efecto del tipo de extracto (Ale o Lager) y la concentración del mismo (1%, 2% y 3%) en las formulaciones. Las comparaciones múltiples entre tratamientos se realizaron mediante el test de Tukey con



un nivel de significancia de $p < 0.05$, lo que permitió identificar diferencias significativas entre las medias de cada grupo.

Los análisis mostraron efectos principales significativos tanto del tipo de extracto como de la concentración en todas las variables evaluadas. En el caso de la capacidad antioxidante (DPPH y ABTS), se observó que las formulaciones con extracto Ale presentaron valores significativamente mayores que las de extracto Lager en todas las concentraciones ($p < 0.05$). Además, dentro de cada tipo de extracto, la concentración del 3% mostró diferencias significativas en comparación con el 1% y el 2%, lo que sugiere una relación dosis-respuesta consistente (Vega & Gómez, 2019; Delgado-Domínguez et al., 2024).

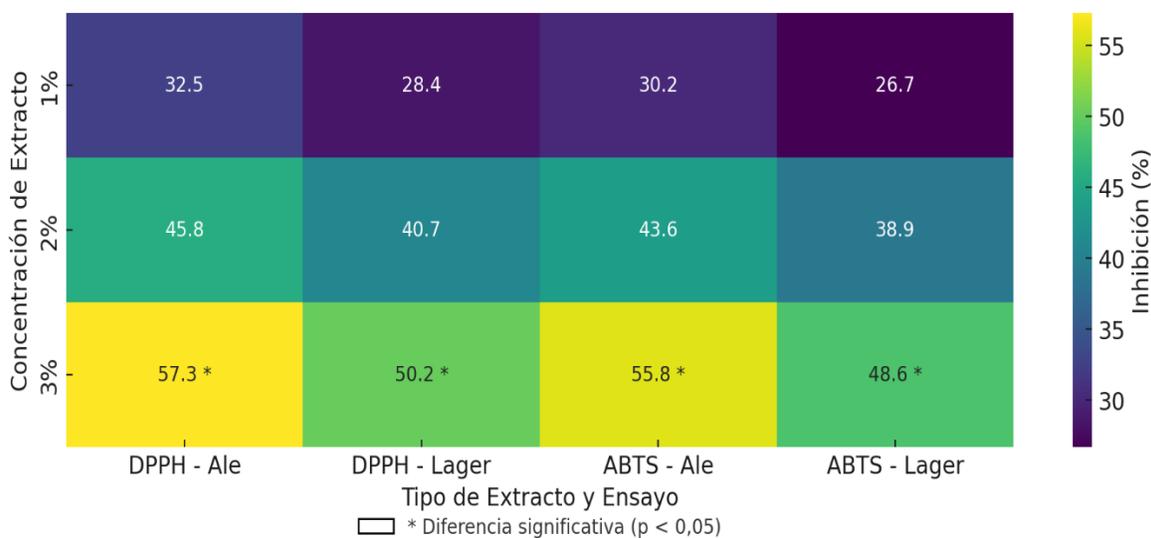


Figura 3. Mapa de calor – ABTS – DPPH – Significancia estadística

En los análisis físico-químicos, no se encontraron diferencias significativas en el contenido de cloruro de sodio entre las formulaciones ($p > 0.05$), indicando que la incorporación de los extractos no afectó este parámetro. Sin embargo, en el caso de la humedad, las formulaciones con extracto Lager mostraron valores significativamente menores en comparación con las de extracto Ale, especialmente en la concentración del 3% ($p < 0.05$). Esto podría deberse a diferencias en la composición estructural de los extractos (Valdés & Zúñiga, 2020).

En las pruebas sensoriales, las formulaciones con una concentración del 2% fueron las más aceptadas en términos de sabor, aroma y aceptación general, independientemente del tipo de extracto. Sin embargo, las formulaciones con extracto Ale obtuvieron puntuaciones significativamente más altas en los atributos de sabor y aroma en comparación con las de

extracto Lager ($p < 0.05$). Esto sugiere que las características organolépticas del extracto Ale tienen una mayor influencia positiva en la percepción sensorial de las formulaciones (Martínez-Rodríguez et al., 2015; Sierra & Pérez, 2018).

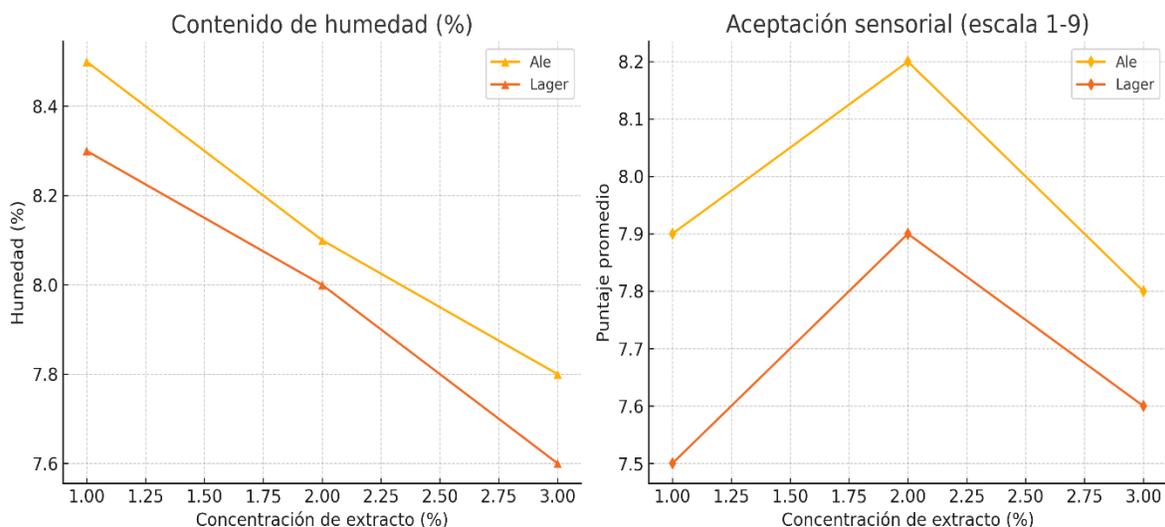


Figura 4. Representación gráfica de los resultados para humedad y sensorial

Discusión

El desarrollo de extractos funcionales a partir de cerveza artesanal ofrece una alternativa prometedora en la formulación de productos alimenticios con valor añadido, al incorporar compuestos bioactivos que no solo mejoran el perfil nutricional, sino que también potencian las propiedades sensoriales. Esta propuesta se enmarca en una tendencia global hacia el diseño de alimentos funcionales sostenibles, basados en ingredientes naturales y subproductos aprovechables, como lo proponen Cruzado y Cedrón (2012) y Valdés y Zúñiga (2020). La integración de extractos de cervezas Ale y Lager en matrices condimentadas permitió establecer su eficacia como vehículos funcionales, diferenciándose en comportamiento según la variedad cervecera, lo cual se corresponde con los perfiles fenoles y la carga antioxidante previamente reportada en este tipo de bebidas (Camacho, 2020; Sosa et al., 2021). La técnica de evaporación presurizada demostró ser una vía eficiente para concentrar los compuestos funcionales de la cerveza, con ventajas como la reducción de volumen y la conservación de la actividad antioxidante. La cinética de extracción, influida por la matriz cervecera, evidencia que el tipo Ale retiene mayor complejidad estructural y

carga antioxidante, hallazgos congruentes con lo señalado por Martínez-Rodríguez et al. (2015) y Bozzo Silva (2012). Estas diferencias no solo son cuantificables a nivel químico, sino también funcionalmente relevantes cuando se integran en formulaciones con sal y especias, donde la respuesta de la matriz alimentaria al tipo y concentración de extracto varió significativamente. El comportamiento fisicoquímico de las formulaciones mantuvo su estabilidad en los parámetros críticos, como humedad, pH y contenido de cloruro de sodio, en concordancia con normativas como la NTE INEN 1334-2:2012. Esto refuerza la viabilidad del uso de extractos cerveceros como ingredientes funcionales en productos de consumo cotidiano, sin comprometer los estándares regulatorios ni la estabilidad tecnológica. En términos antioxidantes, la relación dosis-respuesta observada confirma que concentraciones superiores de extracto Ale se asocian con una mayor inhibición de radicales libres, lo cual consolida su potencial como ingrediente funcional competitivo frente a otras fuentes alimentarias (Delgado-Domínguez et al., 2024; Vega & Gómez, 2019). Desde la perspectiva sensorial, la mayor aceptación de las formulaciones con extracto Ale al 2 % evidencia una convergencia entre funcionalidad y preferencia del consumidor, particularmente en atributos como aroma y sabor. Este hallazgo es relevante para el diseño de nuevos productos funcionales, ya que valida que el enriquecimiento con extractos no compromete la aceptabilidad sensorial, sino que incluso puede mejorarla, como lo sugieren Sierra y Pérez (2018) y Zúñiga-Pérez y García-López (2023). Además, las diferencias significativas entre tratamientos, confirmadas mediante análisis estadístico, respaldan la robustez del enfoque experimental y permiten definir líneas claras de optimización en futuras aplicaciones alimentarias.

Conclusiones

La presente investigación demuestra la viabilidad técnica y funcional de utilizar extractos funcionales de cerveza artesanal, específicamente de los estilos Ale y Lager, como ingredientes innovadores en la industria alimentaria, con aplicaciones en el desarrollo de condimentos salados. Esta viabilidad se sustentó en la eficiencia del proceso de evaporación presurizada para concentrar compuestos bioactivos, y en la estabilidad fisicoquímica de las formulaciones, evaluada mediante parámetros controlados. Los extractos conservaron antioxidantes y polifenoles en niveles óptimos, lo que permitió enriquecer las propiedades



funcionales y sensoriales de los condimentos. Se evidenciaron diferencias significativas entre los estilos cerveceros, destacando los extractos Ale por su mayor capacidad antioxidante y mejor desempeño en atributos como aroma y sabor. La integración de los extractos en mezclas de sal y especias, bajo concentraciones reguladas, produjo formulaciones aceptadas sensorialmente y alineadas con los estándares establecidos para alimentos salados. Las formulaciones con 2% de extracto mostraron el mejor balance entre funcionalidad y aceptación. Además, la validez estadística de los resultados, derivada de un diseño experimental factorial completo y análisis ANOVA, confirma la robustez metodológica del estudio. En conjunto, esta investigación respalda el uso de extractos de cerveza artesanal como una alternativa sostenible para el desarrollo de alimentos funcionales, y abre líneas futuras para su aplicación en otras matrices alimenticias con enfoque nutricional y tecnológico.

Referencias bibliográficas

1. Bamforth, C. (2009). Beer: Health and Nutrition. John Wiley & Sons.
2. Bazelais, M., Aguaiza Anchundia, G. A., Munizaga Párraga, D. R., Burgos Briones, G. A., & Alcívar Cedeño, U. E. (2024). Agregado e insumos en segunda fermentación de cerveza artesanal. Centro Azúcar, 51(2). Recuperado de https://scielo.sld.cu/scielo.php?lng=es&pid=2223486120240002&script=sci_issueto c
3. Bozzo Silva, A. P. (2012). Optimización de proceso en planta productora de extracto de malta. Recuperado de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112048>
4. Camacho, F. (2020). Los residuos de cerveza como fuente de antioxidantes naturales. Universitat Politècnica de Catalunya.
5. Colla-Villegas, R. X., Loor-Bravo, J. A., & Alcívar-Cedeño, U. E. (2024). Enriquecimiento de harina de bagazo de malta con extracto funcional de cerveza artesanal para la industria alimenticia. MQRInvestigar, 8(4), 6893-6912.
6. Cruzado, M., & Cedrón, J. C. (2012). Nutracéuticos, alimentos funcionales y su producción. Revista de Química, 26(1-2), 33-36. Recuperado de <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/7307>



7. Delgado-Domínguez, P. A., Rivas-Proañó, J. Y., Alcívar-Cedeño, U. E., & Munizaga-Párraga, D. R. (2024). Obtención de extracto funcional de bagazo de malta para su aplicación en la industria alimenticia y no alimenticia. *MQR Investigar*, 8(2). Recuperado de <https://www.investigarmqr.org/ojs/index.php/mqr/article/view/1446>
8. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2020). Global forest resources assessment 2020. Recuperado de <https://www.fao.org>
9. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2012). *NTE INEN 1334-2:2012. Rotulado de alimentos para consumo humano. Parte 2: Requisitos nutricionales*. Quito, Ecuador: INEN. Recuperado de <https://www.normalizacion.gob.ec>
10. Laguna Machado, A. V., & Aroni Tecsí, K. E. (2022). Desarrollo de una bebida funcional enriquecida con β -glucano obtenido a partir de los granos de cebada y levadura desechados de la producción de cerveza, Arequipa 2021.
11. López Valenzuela, A. M. (2019). Optimización de las condiciones de obtención de un extracto de bagazo de cerveza con mayor actividad antioxidante in vitro. Universidad de Extremadura.
12. López Valenzuela, A. M. (2021). Evaluación de la actividad antioxidante de extracto de bagazo de cerveza de trigo. Universidad de Extremadura.
13. López-Pérez, S. F., Looz-Zambrano, J. L., & Alcívar-Cedeño, U. E. (2024). Evaluación de extractos fermentables para el enriquecimiento de mosto cervecero en la fabricación de cerveza artesanal. *MQR Investigar*, 8(4), 6546-6562.
14. Maltosaa, A. (2017). ¿Cómo funciona la elaboración de cerveza con especias? *Revista Mexicana de Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 12(3), 45-60.
15. Martínez-Rodríguez, A. J., et al. (2015). Development of a beer extract with functional properties and its application in meat products. *Food Chemistry*, 174, 485-492.
16. Muñoz Franco, J. L., Palacios Macías, D. G., Burgos Briones, G. A., Alcívar Cedeño, U. E., & Munizaga Párraga, D. R. (2024). Enriquecimiento de harina de maltas procesadas en cerveza artesanal mediante agregado de Trüb (sedimento) fermentable. *Revista Centro Azúcar*, 51(1), e1057.

17. Norte, J. J. V. (2016). Proceso de elaboración de cerveza enriquecida con alcachofa. Universidad Miguel Hernández de Elche.
18. Ore Areche, F., Muñoz Ccencho, R. V., Ruiz Rodríguez, A., & Corilla Flores, D. D. (2022). Actividad antioxidante de la bebida funcional del extracto de tallo de *Oxalis tuberosa* Mol. y jugo de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer tratado térmicamente. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 6(18), 545-556.
19. Pérez de la Calle, R. (2019). Producción de compuestos de interés nutricional a partir de bagazo de cerveza mediante tecnología microondas. *Revista Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 7(2), 12-18.
20. Sierra, M., & Pérez, A. (2018). Propiedades bioactivas de extractos de malta en la industria alimentaria. *Journal of Food Science and Technology*, 55(4), 1238-1245.
21. Sosa, M. E., Rodríguez, A. G., & Valenzuela, J. F. (2021). Análisis de antioxidantes en cervezas artesanales mexicanas. *Revista Mexicana de Ciencia Alimentaria*, 8(1), 35-46.
22. Torres, L., & Rivera, J. P. (2020). Subproductos cerveceros: una revisión de sus aplicaciones en alimentos funcionales. *Food Science Review*, 45(3), 156-162.
23. Valdés, J. A., & Zúñiga, E. (2020). Aplicación de polifenoles de la cerveza en alimentos procesados. *Chilean Journal of Food Engineering*, 9(1), 45-51.
24. Vega, P., & Gómez, T. (2019). Técnicas de extracción de compuestos bioactivos en subproductos cerveceros. *International Journal of Brewing Science*, 15(2), 78-85.
25. Villa, C. I. C., & Tovar, C. D. G. (2021). Bagazo de malta (BSG): Biorresiduo con potencial aplicación a nivel funcional, material y energético. *Prospectiva*, 19(1).
26. Zavala, R., & Morales, G. (2022). Innovación en la producción de alimentos funcionales a partir de subproductos de la cerveza artesanal. *Revista Agroindustrial*, 14(3), 120-128.
27. Zúñiga, H., & Paredes, A. (2018). Propiedades organolépticas de extractos cerveceros en la producción de panadería. *Food and Beverage Research Journal*, 12(4), 256-263.
28. Zúñiga-Pérez, E., & García-López, J. (2023). Efectos de la inclusión de extractos cerveceros en bebidas funcionales. *Journal of Functional Foods*, 57, 102-108



Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.

