

**Physical-chemical evaluation of the functional extract of craft beer on
the quality and shelf life of canned vegetable foods**
**Valoración físico – química del extracto funcional de cerveza artesanal en
la calidad y vida útil de las conservas alimenticias vegetales**

Autores:

Oyervide-Vargas, Ariane
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Carrera de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas
 Aoyervide4815@utm.edu.ec
 <https://orcid.org/0000-0002-7436-3029>

Moreira-Saltos, Ariel
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Carrera de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas
Portoviejo-Ecuador
 jmoreira8584@utm.edu.ec
 <https://orcid.org/0000-0001-5082-5789>

Burgos-Briones, Gabriel
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Departamento de Procesos Químicos
Alimentos y Biotecnología
Facultad de Ingeniería y
Ciencias Aplicadas
Portoviejo-Ecuador
 gabriel.burgos@utm.edu.ec
 <https://orcid.org/0000-0002-1291-4083>

Alcívar-Cedeño, Ulbio
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Departamento de Procesos Químicos
Alimentos y Biotecnología
Facultad de Ingeniería y
Ciencias Aplicadas
Portoviejo-Ecuador
 ulbio.alcivar@utm.edu.ec
 <https://orcid.org/0000-0001-7941-6401>

Munizaga-Párraga, Diego
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Instituto de Investigación
Portoviejo-Ecuador
 diego.munizaga@utm.edu.ec
 <https://orcid.org/0000-0002-4168-3747>

Cevallos-Cedeño, Ramón E.
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Departamento de Procesos Químicos
Alimentos y Biotecnología
Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas
Portoviejo-Ecuador
 ramon.cevallos@utm.edu.ec
 <https://orcid.org/0000-0002-8583-4674>

Fechas de recepción: 08-MAR-2025 aceptación: 08-ABR-2025 publicación: 30-JUN-2025



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



Resumen

En el presente trabajo se evaluó el impacto del extracto funcional de cerveza artesanal en la calidad y vida útil de conservas alimenticias vegetales, siguiendo la Norma INEN 2262. Se caracterizó físico-químicamente una cerveza tipo ALE oscura y una ALE rubia, utilizando técnicas de destilación y ultrasonido para la extracción de componentes bioactivos. Los resultados mostraron que ambas cervezas presentan propiedades ácidas con potencial conservante. La destilación permitió la extracción de componentes volátiles, mientras que el ultrasonido produjo cambios en el pH y la densidad. La actividad antioxidante medida mediante ABTS en extractos tratados con ultrasonido varió entre 49.81 y 83.69 μmol Trolox Equivalente/g de extracto seco, mientras que en extractos tratados por rotavapor fue menor, con valores de 6.46 a 6.74 μmol Trolox Equivalente/g. En conclusión, el extracto de cerveza artesanal se presenta como un posible conservante natural para alimentos vegetales.

Palabras clave: Cerveza artesanal; conservas; Norma INEN; caracterización; antioxidantes

Abstract

In the present work, the impact of the functional extract of craft beer on the quality and shelf life of canned vegetable foods was evaluated, following the INEN 2262 Standard. A dark ALE and a blonde ALE beer were physically-chemically characterized, using distillation and ultrasound techniques for the extraction of bioactive components. The results showed that both beers have acidic properties with preservative potential. Distillation allowed for the extraction of volatile components, while ultrasound produced changes in pH and density. The antioxidant activity measured by ABTS in extracts treated with ultrasound ranged from 49.81 to 83.69 μmol Trolox Equivalent/g of dry extract, while in extracts treated by rotavapor it was lower, with values of 6.46 to 6.74 μmol Trolox Equivalent/g. In conclusion, craft beer extract is presented as a possible natural preservative for plant foods.

Keywords: Craft beer; preserves; INEN Standard; characterization; antioxidants

Introducción

La preservación y mejora de la calidad y vida útil de los alimentos han sido temas prioritarios en la investigación científica y en la industria alimentaria. En particular, las conservas alimenticias vegetales han demostrado ser una estrategia eficaz para garantizar la estabilidad y seguridad de los alimentos durante largos periodos, al tiempo que mantienen sus propiedades nutricionales y organolépticas. Sin embargo, el uso de aditivos químicos en este tipo de conservas ha generado inquietudes debido a sus posibles efectos adversos para la salud humana y el medio ambiente (Smith et al., 2019; García & Hernández, 2020).

En este contexto, la cerveza artesanal ha emergido como una fuente interesante de compuestos bioactivos que podrían ser aplicados en la industria alimentaria. A diferencia de las cervezas industriales, que suelen contener conservantes artificiales y otros aditivos, la cerveza artesanal se caracteriza por su producción en pequeña escala (Rodríguez & López, 2018). Esta bebida fermentada presenta una rica diversidad de compuestos, producto de su proceso de fermentación, que podrían ser aprovechados para extender la vida útil de los alimentos sin recurrir a aditivos sintéticos (Martínez et al., 2021).

El creciente interés en las propiedades funcionales de la cerveza artesanal ha dado lugar a una serie de estudios que buscan aplicar los extractos derivados de este producto en la conservación alimentaria. Los extractos obtenidos de la cerveza mediante técnicas como la destilación y el ultrasonido han mostrado potencial para ser utilizados como conservantes naturales, gracias a su capacidad antioxidante y antimicrobiana (Khan & Tan, 2020). La extracción mediante ultrasonido, en particular, ha ganado atención debido a su capacidad para preservar los compuestos volátiles y bioactivos sin alterar significativamente las propiedades organolépticas del producto, lo que la hace ideal para su aplicación en alimentos delicados como las conservas vegetales (McClements, 2018).

De acuerdo con el criterio de Papuc et al. (2017), los extractos funcionales son soluciones concentradas de compuestos bioactivos que presentan propiedades antioxidantes y antimicrobianas; estos compuestos, como los polifenoles, son fundamentales para la preservación y mejora de la calidad de los alimentos, ya que inhiben procesos de oxidación



y proliferación microbiana; además, la capacidad antioxidante de estos extractos asegura la estabilidad química de los alimentos, manteniendo sus características organolépticas y respondiendo a la demanda actual de productos libres de aditivos sintéticos, con un enfoque hacia la sostenibilidad y la preferencia por ingredientes naturales.

El uso de estos extractos funcionales cobra aún más relevancia en el contexto actual, donde la tendencia hacia la reducción de aditivos sintéticos y la preferencia por ingredientes naturales es cada vez más fuerte entre los consumidores (Li et al., 2021). Este cambio en las preferencias ha llevado a la industria alimentaria a buscar soluciones innovadoras que cumplan con las exigencias de calidad, seguridad y sostenibilidad, a la vez que mantienen o mejoran la aceptación del producto por parte del consumidor.

El cumplimiento de normativas y estándares de calidad es un aspecto crucial en la industria alimentaria, por lo que este estudio también tuvo como objetivo comparar los resultados obtenidos con los límites establecidos por la Norma INEN Ecuatoriana 2262 para conservas vegetales. Esta normativa define los parámetros que deben cumplir las conservas alimenticias en cuanto a pH, densidad, y otros indicadores de calidad, con el fin de asegurar que los productos sean seguros para el consumo y que mantengan sus propiedades durante su vida útil (Moreno & Vásquez, 2020).

El objetivo principal del presente trabajo fue valorar las propiedades físico-químicas del extracto funcional de cerveza artesanal y su influencia en la calidad y vida útil de las conservas alimenticias vegetales, alineado con la Norma INEN antes mencionada. Es importante resaltar que las propiedades físicas refieren a la densidad uniforme y la estabilidad en sus características organolépticas; las propiedades químicas incluyen el pH ácido, la capacidad antioxidante y la presencia de compuestos bioactivos con potencial conservante.

Métodos

El estudio centró en varias etapas: en primer lugar, se obtuvo y caracterizó el extracto funcional de cerveza artesanal; en segundo lugar, se incluyó este extracto en conservas alimenticias vegetales, realizando pruebas físico-químicas, y finalmente, se compararon los resultados obtenidos con los límites establecidos por la normativa para determinar si la inclusión del extracto afecta significativamente la calidad y vida útil de las conservas



vegetales.

Las pruebas se llevaron a cabo en el laboratorio de la Universidad Técnica de Manabí, utilizando equipos especializados como el ultrasonido y el rotavapor, mientras que los análisis específicos de las muestras se realizaron en la extensión de la universidad ubicada en Chone. En cuanto a la población y muestra, se utilizó un volumen total de 330 ml de cerveza para el análisis con el rotavapor y 600 ml para el ultrasonido, dividiéndose este último en tres matraces que fueron retirados a intervalos de 30 minutos durante los 90 minutos totales de tratamiento, lo que permitió obtener resultados representativos de los procesos aplicados.

Se emplearon dos tipos de cerveza artesanal: ALE oscura y ALE rubia. El rotavapor se utilizó para la destilación del extracto de la cerveza ALE oscura, mientras que el ultrasonido se aplicó a las muestras de cerveza ALE rubia para evaluar su efecto sobre las propiedades físico-químicas. Ambos procedimientos permitieron obtener extractos funcionales de la cerveza con potenciales aplicaciones en la conservación de alimentos. Además, se utilizaron balones de 1000 ml, recipientes de vidrio ámbar para almacenar las muestras y matraces de diferentes volúmenes. Todas las muestras se mantuvieron refrigeradas para evitar alteraciones en su composición química.

La cerveza artesanal es una bebida fermentada elaborada en pequeñas cantidades mediante procesos tradicionales, caracterizada por la ausencia de aditivos químicos y una cuidada selección de ingredientes como agua, cebada malteada, lúpulo y levadura; Alburquerque et al. (2018) indican que este tipo de cerveza destaca por su sabor único y la posibilidad de incluir ingredientes adicionales como frutas o especias para generar productos diferenciados; Segobia (2022) explica que, dentro de las variedades de cerveza tipo ALE, se diferencian la oscura y la rubia principalmente por el nivel de tostado de las maltas utilizadas, donde la ALE oscura, elaborada con maltas más tostadas, presenta sabores más intensos y notas de café o chocolate, mientras que la rubia utiliza maltas más claras, ofreciendo un perfil más ligero y fresco, características que hacen de la cerveza artesanal un producto versátil y atractivo para los consumidores.

Para la cerveza ALE oscura, el proceso de destilación mediante rotavapor se realizó a temperaturas controladas entre 97 y 99 °C, lo que permitió la extracción de componentes



volátiles, como el alcohol y otros compuestos potencialmente funcionales para un volumen de 300 ml de cerveza, obteniendo 25 ml de destilado. La aplicación del rotavapor se justifica por su capacidad para concentrar componentes volátiles sin descomponerlos, lo que es clave en la preservación de las propiedades antioxidantes y antimicrobianas.

En cuanto a la cerveza ALE rubia, el tratamiento con ultrasonido se utilizó para evaluar el efecto de esta técnica en las propiedades físico-químicas del extracto. La técnica de ultrasonido ha sido reconocida por su capacidad para alterar la estructura molecular de los líquidos, promoviendo la disociación de ácidos y la liberación de compuestos bioactivos (McClements, 2018). Durante el proceso, se observaron variaciones en el pH y la densidad, lo que sugiere cambios en la estructura molecular de los compuestos presentes en la cerveza. La medición de estos parámetros se realizó cada 30 minutos durante 90 minutos totales.

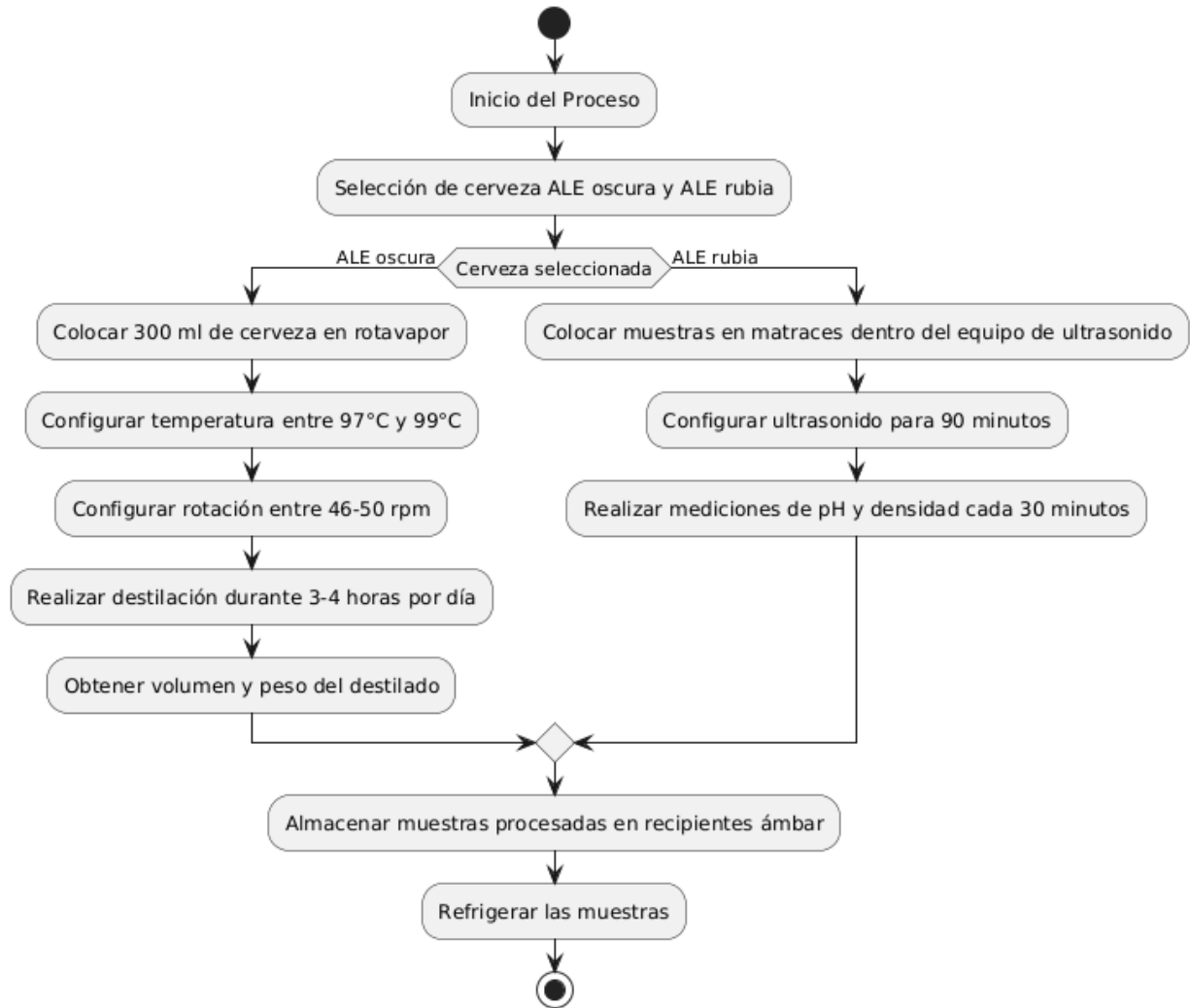
Ambos métodos, rotavapor y ultrasonido, permitieron extraer compuestos antioxidantes y antimicrobianos que fueron posteriormente evaluados en su capacidad para preservar alimentos.

Además, se realizó un análisis estadístico utilizando un ANOVA para comparar las muestras de cerveza ALE oscura y ALE rubia en términos de sus parámetros fisicoquímicos, como el pH y la densidad. Este análisis permitió evaluar si las diferencias observadas entre las muestras fueron estadísticamente significativas. Finalmente, se aplicó una correlación de Pearson para explorar la relación entre pH y densidad, proporcionando una visión más detallada de las interacciones entre estas variables.

Figura 1

Procedimiento general





Nota. El gráfico fue elaborado por los autores

Resultados

La Tabla 1 muestra la caracterización inicial de las muestras de cerveza ALE oscura y ALE rubia. Ambas cervezas mostraron valores de pH cercanos a 5.0, lo que indica un ambiente ligeramente ácido, típico para cervezas (Bamforth, 2009). La temperatura fue de 25 °C para ambas muestras, lo que puede ser una condición estándar de medición. La densidad ligeramente mayor en la cerveza ALE rubia podría deberse a la presencia de solutos disueltos, posiblemente azúcares no fermentados o proteínas (Priest, 2006).

Tabla 1. Caracterización inicial de las muestras de cerveza



Muestra	pH	Temperatura (°C)	Densidad (ρ) g/ml	pH*	Densidad (ρ) g/ml*	Temperatura*
ALE oscura	5.05	25	1.002	3.5 - 5.0	1.010 - 1.020	20°C
ALE rubia	5.11	25	1.004	3.5 - 5.0	1.010 - 1.020	20°C

*según NTE INEN 2262:2003

La destilación mediante Rotavapor de la cerveza ALE oscura tuvo como resultado un volumen destilado de 25 ml a partir de un volumen inicial de 300 ml. La pérdida considerable puede atribuirse a la volatilidad de algunos componentes de la cerveza, como el alcohol. Según Clark et al. (2010), la destilación a temperaturas elevadas puede resultar en pérdida de componentes volátiles y no volátiles. Las temperaturas iniciales y finales de destilación indican un aumento significativo, lo cual es esperado para el proceso de destilación. En el caso de la cerveza ALE oscura tratada mediante Rotavapor, las temperaturas iniciales y finales fueron de 30 °C y 97-99 °C, respectivamente. Por otro lado, en la cerveza ALE rubia sometida a ultrasonido, la temperatura inicial fue de 25 °C y se mantuvo estable durante el proceso. Estas diferencias en las temperaturas reflejan los requerimientos específicos de cada método y sus efectos sobre los compuestos bioactivos presentes en las muestras.

Tabla 2. Resultados de la destilación mediante Rotavapor (Cerveza ALE oscura)

Volumen inicial (ml)	Volumen destilado (ml)	Peso del destilado (g)	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Revoluciones por minuto
300	25	21.30	30	97-99	46-50

En la Tabla 3, se observa que el tratamiento por ultrasonido en la cerveza ALE rubia provocó una disminución progresiva en el pH, desde un valor inicial de 5,11 hasta valores finales entre 4,60 y 4,70 luego de 90 min. Esta reducción es consistente con estudios de Mason et al. (2011), quienes explicaron que el ultrasonido puede generar la disociación de ácidos o la liberación de precursores ácidos. A nivel práctico, esta disminución del pH mejora la estabilidad microbiológica de la cerveza, pero también podría influir en su sabor, requiriendo un control adecuado del proceso (Smith et al., 2019).

Es importante resaltar que el tratamiento por ultrasonido consiste en la aplicación de ondas ultrasónicas de alta frecuencia para inducir cambios físicos y químicos en un líquido mediante el fenómeno de cavitación acústica, que genera microburbujas capaces de liberar compuestos bioactivos y alterar estructuras moleculares. En este estudio, el proceso tuvo una duración de 90 minutos, utilizando tres matraces que se retiraron de manera secuencial cada 30 minutos. Tras cada extracción, se midieron parámetros clave como el pH, la temperatura y la densidad, con el objetivo de evaluar las



modificaciones generadas por el ultrasonido en diferentes intervalos de tiempo y su impacto en las propiedades fisicoquímicas de las muestras.

Tabla 3. Resultados del tratamiento por Ultrasonido (Cerveza ALE rubia)

Parámetro	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	NTE INEN 2262:2003
Volumen inicial (ml)	240	250	170	-
pH inicial	5,11	5,11	5,11	3,5 - 5,0
Temperatura inicial (°C)	25	25	25	20°C
Densidad inicial (g/ml)	1,004	1,004	1,004	1,010 - 1,020
pH a los 30 min	4,96	4,89	4,92	-
Densidad a los 30 min (g/ml)	1,000	1,008	1,004	-
pH final (tras 1h30min)	4,70	4,60	4,70	-
Densidad final (g/ml)	1,006	1,005	1,006	-

Paralelamente, las variaciones en la densidad fluctuaron entre 1,004 y 1,008 g/ml; las ligeras variaciones sobre este parámetro podrían estar relacionadas con la formación de microburbujas y la evaporación de componentes volátiles, como sugiere McClements (2018). Estas fluctuaciones en la densidad son comunes en procesos que utilizan ultrasonido, ya que la cavitación acústica puede alterar la distribución molecular; sin embargo, es crucial controlar la temperatura, ya que el calor local generado podría intensificar estas variaciones tal como lo indica Toldrá (2018).

Tabla 4. Determinación de fenoles Totales en los dos tipos de cervezas analizadas

Muestra	mg Acido Gálico Equivalente/g extracto seco		
	1	2	3
J Ale Rubia	1,056	0,99	1,022
R Ale Roja	13,89	14,46	14,17
N Ale Negra	7,21	6,24	6,72
J Ale Oscura	18,37	18,87	18,62
R Ale Roja	13,81	15,401	14,60
N Ale Negra	6,71	7,692	7,199

Nota. El método de ensayo utilizado fue Espectrofotométrico/Folin-Ciocalteu



Respecto a la actividad antioxidante mediante DPPH, presentados en la Tabla 6 revelan diferencias considerables en la capacidad de eliminación de radicales libres entre los extractos de cerveza artesanal tratados mediante ultrasonido y rotavapor. Los valores de actividad antioxidante más altos se observaron en los extractos tratados por ultrasonido, con valores que oscilaron entre 22,44 y 37,70 μmol Trolox Equivalente/g de extracto seco, mientras que los valores para los extractos obtenidos mediante rotavapor mostraron un rango más amplio, desde tan bajo como 2,91 hasta 32,42 μmol Trolox Equivalente/g de extracto seco.

Los resultados sobre la actividad antioxidante ABTS, revelaron diferencias notables en la capacidad de eliminación de radicales libres entre los extractos de cerveza artesanal tratados mediante ultrasonido y rotavapor, específicamente, los valores de antioxidantes encontrados en los extractos tratados por ultrasonido, oscilando entre 49,81 y 83,6900 μmol Trolox Equivalente/g de extracto seco. Estos resultados muestran una preservación o liberación superior de compuestos antioxidantes en comparación con el método de rotavapor, donde los valores más bajos se registraron entre 6,46 y 6,74 μmol Trolox Equivalente/g de extracto seco, tal como se observa en la tabla 5.

Tabla 5. Actividad Antioxidante ABTS obtenidos en la cerveza Ale rubia por ultrasonido y Ale oscura mediante rotavapor

Muestra	μmol Trolox Equivalente/ g extracto seco		
	1	2	3
J Ale Rubia	77,29	83,69	80,49
R Ale Roja	64,14	60,31	62,22
N Ale Negra	49,81	52,62	51,21
J Ale Oscura	6,74	6,46	6,60
R Ale Roja	71,98	67,22	69,60
N Ale Negra	57,04	57,42	57,23

Nota. El método de ensayo utilizado fue Espectrofotométrico ABTS.

Esta variación en la actividad antioxidante se alinea con los hallazgos de Rahman et al. (2020), quienes identificaron que los ácidos hidroxycinámicos y su derivado clave, 4-vinilguaicol, en extractos de cerveza canadienses e internacionales, poseen propiedades antioxidantes destacadas, contribuyendo con aproximadamente 20-40 μmol Trolox Equivalente/g de extracto seco. Esta contribución es particularmente relevante, ya que sugiere que los métodos que minimizan la degradación térmica y mecánica, como el

ultrasonido, son más efectivos para preservar estos valiosos compuestos.

Tabla 6. Actividad Antioxidante DPPH obtenida por ultrasonido y rotavapor en las muestras de cervezas estudiadas

Muestra	μmol Trolox Equivalente/ g extracto seco		
	1	2	3
J Ale Rubia	34,82	37,70	36,26
R Ale Roja	28,89	27,17	28,03
N Ale Negra	22,44	23,70	23,07
J Ale Oscura	3,038	2,91	2,98
R Ale Roja	32,42	30,28	31,35
N Ale Negra	25,70	25,86	25,78

Nota. El método de ensayo utilizado fue Espectrofotométrico DPPH. "J" hace referencia a las muestras de cerveza ALE oscura y "R" a las muestras de cerveza ALE rubia.

Estos datos pueden ser analizados en el contexto de estudios previos como el de Flieger et al. (2020), quienes evaluaron la capacidad antioxidante de extractos alcohólicos y estandarizaron un método cromatográfico para medir la actividad antioxidante en extractos de cerveza. Estos autores, destacan la variabilidad en la eficiencia de extracción y estabilidad de los antioxidantes dependiendo del método de extracción utilizado. El hecho de que los extractos tratados por ultrasonido presenten valores consistentemente más altos podría indicar que este método conserva mejor los antioxidantes o facilita una mayor extracción de estos compuestos en comparación con el rotavapor, que muestra una notable variabilidad en su efectividad.

Por otro lado, Cerrato-Álvarez et al. (2019) desarrollaron una metodología amperométrica para la estimación del contenido fenólico en cervezas, lo cual es relevante dado que los fenoles son importantes contribuyentes a la actividad antioxidante medida por el ensayo DPPH. Estos hallazgos podrían sugerir que la capacidad para detectar y cuantificar fenoles y antioxidantes puede ser crítica en la evaluación de la calidad de los extractos, particularmente en términos de su potencial uso en aplicaciones de conservación de alimentos.

Sobre la efectividad antioxidante entre los métodos de extracción podría atribuirse a

diferencias en la integridad de los compuestos bioactivos después del tratamiento. El ultrasonido, al aplicar energía mecánica a baja temperatura, puede ser menos destructivo para los antioxidantes sensibles al calor, mientras que el rotavapor, al operar a temperaturas más elevadas, podría estar contribuyendo a la descomposición o modificación química de estos compuestos.

En síntesis, la selección del método de extracción influye significativamente en la capacidad antioxidante de los extractos de cerveza, lo que tiene implicaciones importantes para su utilización en la conservación de alimentos. Los resultados sugieren que métodos como el ultrasonido podrían ser preferibles para la obtención de extractos destinados a aplicaciones que requieren altas propiedades antioxidantes, mientras que el uso de rotavapor necesita una evaluación cuidadosa de las condiciones para maximizar la retención de las propiedades beneficiosas de los extractos. Estos hallazgos apoyan la necesidad de profundizar en la investigación para optimizar los procedimientos de extracción y maximizar las propiedades antioxidantes de los extractos de cerveza fundamentales para su uso en la industria alimentaria y otras aplicaciones biotecnológicas.

Análisis estadístico

La relación entre el pH y la densidad en las muestras de cerveza ALE oscura y ALE rubia muestra una ligera tendencia ascendente, sugiriendo que un aumento en el pH podría estar asociado con un incremento en la densidad. Las diferencias mínimas entre los puntos, típicas en variantes de la misma categoría de cerveza, indican que las muestras son similares en términos de pH y densidad. La correlación de Pearson calculada, con un coeficiente de 1.00, indica una relación perfecta entre estas variables.

ANOVA

Muestra	Suma de Cuadrados del Modelo	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F-Valor
1	3227.33	5	645.47	sd
2	3367.43	5	673.49	sd
3	3275.76	5	655.15	sd

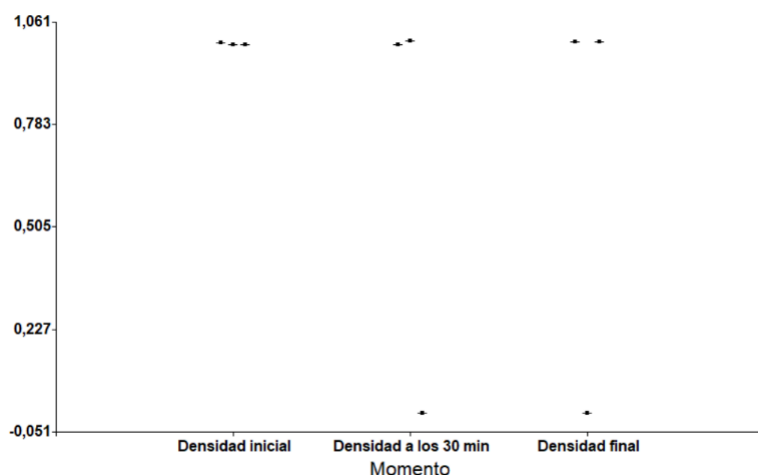
El análisis de varianza (ANOVA) para las tres muestras revela que el tratamiento tuvo un impacto significativo, ya que la suma de cuadrados del tratamiento coincide con la suma de cuadrados del



modelo, sin presentar error residual (Error = 0.00). Esta ausencia de error es atípica en estudios experimentales, donde normalmente se espera una cierta variación debido a factores no controlados o errores aleatorios. La falta de variación residual sugiere que los datos podrían no reflejar completamente la variabilidad natural de las muestras, o que el diseño experimental fue demasiado restrictivo, limitando la captura de otras fuentes de variabilidad.

La Figura 1 muestra la variación de la densidad en tres momentos clave: densidad inicial (0 minutos), densidad a los 30 minutos, y densidad final. Se observa una mayor variabilidad en la densidad inicial, con valores que oscilan entre 0 y aproximadamente 1.06, lo cual podría acusarse a las condiciones iniciales o a variaciones en las mediciones. A medida que avanza el tiempo, la densidad a los 30 minutos y la densidad final presentan una menor dispersión, lo que sugiere que el tratamiento de ultrasonido estabilizó las condiciones de las muestras, resultando en una respuesta más homogénea al finalizar el experimento. Es fundamental aclarar que el parámetro densidad disminuye progresivamente, como se muestra en los puntos del gráfico.

Figura 1. Variación de Densidad en Tratamiento por Ultrasonido



Para evaluar si la inclusión del extracto funcional de cerveza artesanal tiene un impacto significativo en la calidad y vida útil de las conservas alimenticias, se compararon los resultados de las pruebas físico-químicas con los límites establecidos en la Tabla 3 de la Norma INEN 2262 para conservas vegetales, la cual proporciona directrices específicas sobre la calidad y seguridad del producto final. En cuanto a los resultados físico-químicos, los extractos de cerveza no modificaron significativamente parámetros como el pH y la densidad, manteniéndose dentro de los rangos que favorecen la conservación. El pH promedio de las cervezas fue de 5.0, lo que, junto con su ligera acidez, ayuda a inhibir el crecimiento microbiano y prolonga la vida útil de las conservas.

La actividad antioxidante y el contenido de fenoles totales en los extractos tratados mostraron

propiedades antioxidantes prometedoras. Estos antioxidantes podrían mejorar la estabilidad de las conservas al reducir la oxidación. Si bien la norma INEN 2262 no establece límites específicos para estos compuestos, su presencia en concentraciones elevadas es indicativa de un potencial beneficio en términos de conservación y estabilidad del producto.

Discusión

Al comparar estos resultados con los valores de la NTE INEN 2262:2003, es notable que el pH inicial se ajusta a los estándares normativos (3,5 - 5,0), pero la densidad inicial (1,004) es inferior al rango establecido (1,010 - 1,020). Esto podría deberse a la composición de la cerveza artesanal, que tiende a tener menos solutos disueltos como lo mencionan Belitz et al. (2009) en su estudio.

Estos resultados también son consistentes con estudios previos sobre el uso de ultrasonido en la extracción de compuestos bioactivos en bebidas. Hou et al. (2019) encontraron que la aplicación de ultrasonido en la extracción de compuestos fenólicos provocó un aumento en la densidad debido a la liberación de compuestos bioactivos, mientras que el pH permaneció estable, resultados que son similares a los observados en este estudio. En su investigación, reportaron un incremento significativo en el contenido fenólico total y la actividad antioxidante tras 30 minutos de tratamiento, lo que mejoró la calidad del producto extraído. De manera similar, Zhang et al. (2023) reportaron que el ultrasonido incrementó en un 28.55% el contenido fenólico total y mejoró la actividad antioxidante en un 97.91%, sin alterar significativamente el pH, lo que se asemeja a los hallazgos de la cerveza tratada. Además, López et al. (1998) demostraron que el tratamiento ultrasónico en jugos de frutas preservaba los compuestos fenólicos y provocaba solo leves variaciones en la densidad, lo que es coherente con los resultados obtenidos en este estudio.

Respecto a la cerveza ALE oscura, esta presentó un pH ligeramente más bajo respecto a la cerveza ALE rubia. Aunque la diferencia no fue importante, es relevante porque el pH puede influir en las propiedades antimicrobianas de la cerveza y, por lo tanto, en su capacidad para conservar alimentos. La densidad de ambas cervezas fue similar, lo que indica que su contenido en sólidos disueltos no difiere en gran medida.

Los procedimientos de destilación por rotavapor y ultrasonido aplicados a las cervezas ALE oscura y rubia, respectivamente, produjeron cambios significativos en sus propiedades físico-químicas; no obstante, se requiere una interpretación adicional y posiblemente pruebas adicionales para comprender de la mejor manera las implicaciones de estos cambios en el uso potencial del extracto de cerveza como conservante alimenticio. Las diferencias en los resultados entre las dos cervezas,

también sugieren que la composición y las propiedades de la cerveza original pudiesen jugar un papel crucial en los resultados finales obtenidos.

Tefera y Ayele (2020) analizaron el contenido de polifenoles totales y la actividad antioxidante en cervezas comerciales destacando una correlación positiva entre los compuestos fenólicos y la actividad antioxidante. Este hallazgo es crucial porque sugiere que los métodos que maximizan el contenido fenólico como se observa en algunos de los extractos de rotavapor, podrían ser más efectivos en la promoción de beneficios antioxidantes.

Andrés et al. (2020) enfocaron su estudio en la optimización de las condiciones de extracción para mejorar el contenido de compuestos fenólicos en subproductos de cerveza. Aunque este estudio se centra en el grado de cerveza, los principios pueden aplicarse a la extracción de fenoles de cervezas líquidas, sugiriendo que la metodología de extracción influye significativamente en la eficacia de la extracción de fenoles.

Por otro lado, Boronat et al. (2020) describen el contenido de diferentes familias de compuestos fenólicos en una amplia muestra de cervezas, incluyendo flavonoides prenilados y alcoholes fenólicos simples, que son conocidos por su actividad antioxidante y potencial terapéutico. Los valores altos encontrados en algunas muestras de rotavapor podrían indicar la presencia de estos compuestos, aunque sería necesario realizar análisis adicionales para confirmar su presencia y actividad específica. Por otro lado, Wannenmacher et al. (2018) establecen que los compuestos fenólicos presentes en la cerveza pueden influir en sus características organolépticas y estabilidad a través de sus interacciones con otros constituyentes de la cerveza. La capacidad antioxidante potencialmente reducida en los extractos obtenidos por rotavapor podría ser atribuida a la afectación de estas interacciones sinérgicas debido a las condiciones de alta temperatura durante la destilación.

Carvalho y Guido (2021) mencionan que los procesos de malteado y elaboración de la cerveza afectan el contenido fenólico, sugiriendo que ajustes en el proceso de malteado pueden incrementar este contenido hasta un 50%. Esto refuerza la importancia de seleccionar métodos de extracción como el ultrasonido que maximicen la retención de antioxidantes naturales, crucial para aplicaciones en la conservación de alimentos donde la estabilidad y la calidad son prioritarias.

Adicionalmente, los resultados reflejados en la Tabla 5 sobre los fenoles totales revelan variaciones significativas en el contenido de dichos compuestos entre los diferentes métodos



de extracción utilizados en el estudio. Los extractos tratados por rotavapor exhiben valores especialmente altos en algunas muestras, alcanzando hasta 18,87 mg Ácido Gálico Equivalente/g de extracto seco, mientras que los tratados por ultrasonido muestran una gama más amplia de contenidos fenólicos, desde tan bajo como 0,9885 hasta 14,46 mg Ácido Gálico Equivalente/g de extracto seco.

Conclusiones

Se logró obtener y caracterizar extractos funcionales de cerveza artesanal, tanto de ALE oscura como de ALE rubia, evaluando sus propiedades fisicoquímicas iniciales y sus posibles aplicaciones como conservantes en alimentos. Las diferencias observadas en el pH y densidad entre ambas cervezas fueron mínimas, lo que indica que comparten composiciones fisicoquímicas similares, aunque la ALE oscura presentó un pH ligeramente más bajo. La destilación mediante Rotavapor en la cerveza ALE oscura permitió extraer componentes volátiles, principalmente alcohol, aunque otros compuestos funcionales podrían estar presentes en el extracto, sugiriendo su potencial uso en la conservación de alimentos.

Por otro lado, el tratamiento por ultrasonido aplicado a la cerveza ALE rubia mostró cambios importantes en pH y densidad a lo largo del tiempo. Estos cambios podrían estar asociados a transformaciones químicas inducidas por el ultrasonido, lo que podría mejorar las propiedades antioxidantes y antimicrobianas del extracto obtenido. Dichos extractos tienen el potencial de actuar como conservantes naturales, favoreciendo la estabilidad microbiológica de los alimentos.

En cuanto a la calidad y vida útil de las conservas de vegetales conforme a la Norma INEN ecuatoriana 2262, la inclusión de estos extractos no compromete los estándares de seguridad alimentaria. Al contrario, los extractos de cerveza demostraron poseer propiedades antioxidantes significativas, cruciales para la prevención de la oxidación y el deterioro de los alimentos. Además, el pH ligeramente ácido y las transformaciones resultantes de los tratamientos aplicados podrían mejorar la capacidad de estos extractos para inhibir el crecimiento microbiano, extendiendo potencialmente la vida útil de las conservas. No obstante, es necesario realizar estudios adicionales a largo plazo para verificar la estabilidad organoléptica y la viabilidad comercial de las conservas enriquecidas con estos extractos.

Referencias bibliográficas

- Alburquerque, H., Cueva, S., Ubillus, M., Urteaga, G., & Vargas, F. (2018). *Diseño de proceso productivo de cerveza artesanal a base de uva*. Universidad de Piura. Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3614/PYT_Informe_Final_Proyecto_Cerveza_de_uva.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Andrés, A., Petró, M. J., Queijeiro López, A. M., & Timón, M. (2020). Optimization of extraction conditions to improve phenolic content and in vitro antioxidant activity in craft brewers' spent grain using response surface methodology (RSM). *Foods*, 9(10), 1398. <https://doi.org/10.3390/foods9101398>
- Bamforth, C. W. (2009). *Beer: Tap into the art and science of brewing*. Oxford University Press. <https://global.oup.com/academic/product/beer-9780195305425>
- Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). *Food chemistry*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-69934-7>
- Boronat, A., Soldevila-Domenech, N., Rodríguez-Morató, J., Martínez-Huélamo, M., Lamuela-Raventós, R., & de la Torre, R. (2020). Beer phenolic composition of simple phenols, prenylated flavonoids and alkylresorcinols. *Molecules*, 25(11), 2582. <https://doi.org/10.3390/molecules25112582>
- Carvalho, D., & Guido, L. (2021). A review on the fate of phenolic compounds during malting and brewing: Technological strategies and beer styles. *Food Chemistry*, 372, 131093. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131093>
- Cerrato-Álvarez, M., Bernalte, E., Bernalte-García, M., & Pinilla-Gil, E. (2019). Fast and direct amperometric analysis of polyphenols in beers using tyrosinase-modified screen-printed gold nanoparticles biosensors. *Talanta*, 193, 93-99. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2018.09.093>
- Clark, S., Costello, M., Drake, M., & Bodyfelt, F. (2010). *The sensory evaluation of dairy products*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
- Flieger, J., & Flieger, M. (2020). The [DPPH•/DPPH-H]-HPLC-DAD method on tracking the antioxidant activity of pure antioxidants and goutweed (*Aegopodium podagraria* L.) hydroalcoholic extracts. *Molecules*, 25(24), 6005. <https://doi.org/10.3390/molecules25246005>
- Hou, M. Y., Hu, W. Z., Wang, A. S., Xiu, Z. L., Shi, Y. S., Hao, K., Sun, X., Cao, D., & Sun, J.



- (2019). Ultrasound-assisted extraction of total flavonoids from *Pteris cretica* L.: Process optimization, HPLC analysis, and evaluation of antioxidant activity. *Antioxidants*, 8(425), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s00107-019-01442-4>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2003). *NTE INEN 2262: Bebidas alcohólicas. Cerveza. Requisitos* (Primera edición). Quito, Ecuador. Recuperado de <https://odaninkasiquito.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/08/inen-2-262-cerveza.pdf>
- López, P., Sala, F. J., de la Fuente, J. L., Condon, S., Raso, J., & Burgos, J. (1998). Inactivation of tomato pectic enzymes by manothermosonication. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung*, 207(3), 249–252. <https://doi.org/10.1007/s002170050036>
- Mason, T. J., Paniwnyk, L., & Lorimer, J. P. (2011). Ultrasonic disintegration of microorganisms. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Physical and Engineering Sciences*, 359(1781), 165-177. <https://doi.org/10.1098/rsta.2000.0737>
- McClements, D. J. (2018). *Food emulsions: Principles, practices, and techniques*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429469464>
- Papuc, C., Goran, G. V., Predescu, C. N., Nicorescu, V., & Stefan, G. (2017). Plant polyphenols as antioxidant and antibacterial agents for shelf-life extension of meat and meat products: Classification, structures, sources, and action mechanisms. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(6), 1243-1268. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12273>
- Rahman, M. J., Liang, J., Eskin, N., Eck, P., & Thiyam-Holländer, U. (2020). Identification of hydroxycinnamic acid derivatives of selected Canadian and foreign commercial beer extracts and determination of their antioxidant properties. *LWT - Food Science and Technology*, 122, 109021. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109021>
- Segobia, S. (2022). Evaluación de la adición de centeno (*Secale cereale*) en la formulación de la cerveza artesanal Belgian Pale Ale. *Revista Científica*, 13(3). <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.830>
- Smith, J. P., Daifas, D. P., El-Khoury, W., Koukoutsis, J., & El-Khoury, A. (2019). Shelf life and safety concerns of bakery products: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(11), 1762-1779. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1286426>
- Tefera, M., & Ayele, D. (2020). Investigation of total polyphenol, antioxidant activity, and levels

of metals in Ethiopian commercial beers. *Cogent Chemistry*, 6(1), 1824336.

<https://doi.org/10.1080/23312009.2020.1824336>

Toldrá, F. (2018). *Meat safety: Improving the safety of fresh meat*. CRC Press.

<https://doi.org/10.1201/b22013>

Wannenmacher, J., Gastl, M., & Becker, T. (2018). Phenolic substances in beer: Structural diversity, reactive potential, and relevance for brewing process and beer quality.

Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 17(4), 953-988.

<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12352>

Zhang, W., Zheng, W., & Yang, X. (2023). Enhancement of polyphenols and antioxidant activity in germinated black highland barley by ultrasonication. *Molecules*, 28(9), 3679.

<https://doi.org/10.3390/molecules28093679>

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior