

Functional craft beer extract for applications in the food and non-food industry

Extracto funcional de cerveza artesanal para su aplicación en la industria alimenticia y no alimenticia

Autores:

Cobeña-Córdova, Robert Josue
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Egresado de la Carrera de Ingeniería Química
Portoviejo – Ecuador



rcobena9879@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0003-1000-4198>

Farfán-González, Anthony Steven
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Egresado de la Carrera de Ingeniería Química
Portoviejo – Ecuador



afarfan9065@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0001-8735-9398>

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



ulbio.alcivar@utm.edu.ec



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

Fechas de recepción: 27-ENE-2025 aceptación: 27-FEB-2025 publicación: 15-MAR-2025



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

<http://mqrinvestigar.com/>



Resumen

La cerveza artesanal es un mercado que se encuentra en auge a nivel global, su extracto contiene una variedad de compuestos fenólicos, los cuales podrían tener aplicación en la industria alimentaria y no alimentaria.

Este estudio tiene como objetivo obtener un extracto funcional de cerveza artesanal bajo protocolo de capacidad antioxidante para su aplicación en la industria alimentaria y no alimentaria.

Se obtuvieron extractos de tres muestras de cerveza ALE: Rubia, Roja, y Negra, usando destilación con rotavapor y ultrasonido, se determinó el contenido de fenoles mediante Folin-Ciocalteu, y la capacidad antioxidante por ABTS y DPPH.

El extracto de cerveza negra tuvo el mayor contenido fenólico con 16,35 y 10,38 mg GAE/g de extracto seco, utilizando rotavapor y ultrasonido respectivamente. La cerveza rubia presentó 8,94 y 15,79 mg GAE/g, mientras que la cerveza roja tuvo el menor contenido con 3,08 y 10,79 mg GAE/g. En cuanto a la capacidad antioxidante, la cerveza negra alcanzó 88,05 y 42,26 $\mu\text{mol TE/g}$ de extracto seco mediante ABTS y DPPH respectivamente. La cerveza roja mostró 41,88 y 20,10 $\mu\text{mol TE/g}$, y la cerveza rubia tuvo valores similares con 53,34 y 53,19 $\mu\text{mol TE/g}$.

El extracto de cerveza Imperial Sweet Stout (ALE negra) obtenido por rotavapor, es el ideal para la obtención de extracto y el mejor método para obtener extracto dependerá del tipo de cerveza.

Palabras Clave: Capacidad antioxidante; Extracto de Cerveza; Industria alimentaria; Industria cosmética

Abstract

Craft Beer is a market that is booming globally, its extract contains a variety of phenolic compounds, which could have applications in the food and non-food industry.

This study aims to obtain a functional extract of craft beer under an antioxidant capacity protocol for its application in the food and non-food industry.

The extracts were obtained from three ALE beer samples: blonde, red, and black, using rotary evaporation distillation and ultrasound. The phenol content was determined using folin-ciocalteu, and the antioxidant capacity was determined by ABTS and DPPH.

The black beer had the highest phenolic content with 16.35 and 10.38 mg GAE/g of dry extract, using rotary evaporation and ultrasound respectively. The blonde beer presented 8.94 and 15.79 mg GAE/g, while the red beer had the lowest content with 3.08 and 10.79 mg GAE/g. Regarding the antioxidant capacity, the black beer reached 88.05 and 42.26 $\mu\text{mol TE/g}$ of dry extract by ABTS and DPPH respectively. Red beer showed 41.88 and 20.10 $\mu\text{mol TE/g}$, and blonde beer had similar values with 53.34 and 53.19 $\mu\text{mol TE/g}$.

The imperial sweet stout (black ALE) beer extract obtained by the rotary evaporation is ideal for obtaining extract and the best method to obtain extract will depend on the type of beer.

Key words: Antioxidant capacity, Beer extract, Food industry, Cosmetic industry.

Introducción

La cerveza es una bebida natural y tradicional en todo el mundo, reconocida por su bajo contenido calórico y ausencia de grasa. Entre sus componentes, se encuentran ácidos orgánicos, vitaminas (provenientes de la malta), proteínas, lúpulo (que actúa como sedante suave y un estimulante del apetito) y agua. Su alto contenido en minerales y nutrientes esenciales como el magnesio, calcio, potasio y sodio la convierte en una de las bebidas alcohólicas con mayor valor nutricional (Ribeiro y col., 2010). Además, la cerveza contiene una amplia variedad de polifenoles, compuestos que son clave para su estabilidad durante el almacenamiento, puesto que son los responsables de la formación de turbidez, color, sabor y estabilidad de la espuma (Barbosa-Pereira y col., 2014). Entre los polifenoles presentes en la cerveza se incluyen fenoles simples, compuestos originarios del ácido benzoico, chalconas, ácidos cinámicos, flavonas, flavononas, flavo-3-noles, ácidos alfa, ácidos iso-alfa, proantocianinas, entre otros (Aron y Shelhammer, 2010). Estos compuestos, además de su potencial antioxidante, influyen en el sabor (amargura, astringencia, dureza) y color. La mayoría de los compuestos fenólicos provienen de la malta, mientras que el resto proviene del lúpulo. Estos polifenoles no sólo están involucrados en la vida útil y estabilidad química de la cerveza, sino que también actúan como antioxidantes en el cuerpo humano, protegiendo contra la oxidación del ácido ascórbico y los ácidos grasos insaturados, además de poder jugar un papel importante en la prevención de trastornos como el Alzheimer (Pachas, 2019).

De acuerdo con Jaramillo (2016), las cervezas industriales dominan el 99,48 % del consumo en el país, por lo cual, la elaboración de cerveza artesanal es un mercado al que no se le ha aprovechado del todo su potencial, a parte de su consumo, este proceso puede ser llevado a cabo con otros fines, como lo sería el uso del extracto de la cerveza, que contiene una variedad de compuestos fenólicos, los cuales podrían tener aplicación en la industria alimentaria como dulces, confites o saborizantes y en la industria no alimentaria como base de fármacos, nutracéuticos, cosméticos o solventes para fines de uso químico industrial. De acuerdo con L.Fillaudeau y col. (2006) durante la elaboración de cerveza, en el fondo del tanque de fermentación se generan pérdidas de cervezas, las cuales normalmente son desechadas por el excedente de levadura, pero siguen siendo cerveza a

pesar de no ser apta para el consumo humano, por lo cual se puede aprovechar de otras maneras.

El objetivo de este estudio es obtener un extracto funcional de cerveza artesanal bajo protocolo de capacidad antioxidante para su aplicación en la industria alimentaria y no alimentaria. Para ello, se compararon dos métodos de extracción (concentración en rotavapor y por ultrasonido), se seleccionó el método que obtuvo los resultados más favorables en cuanto a la composición fenólica y capacidad antioxidante del extracto, evaluados mediante los protocolos de Folin-Ciocalteu, DPPH, y ABTS.

Materiales y métodos

Se obtuvieron tres concentraciones de extracto de 3 tipos de cerveza ALE: IPA AMERICANA Rubia (IAR), IRISH RED ALE Roja (IRA), e IMPERIAL SWEET STOUT Negra (ISS), producidas en la Cervecería Artesanal Opus Bräu, de la ciudad de Portoviejo, Manabí, Ecuador. Para la separación de extractos se utilizaron los métodos de rotavapor y ultrasonido.

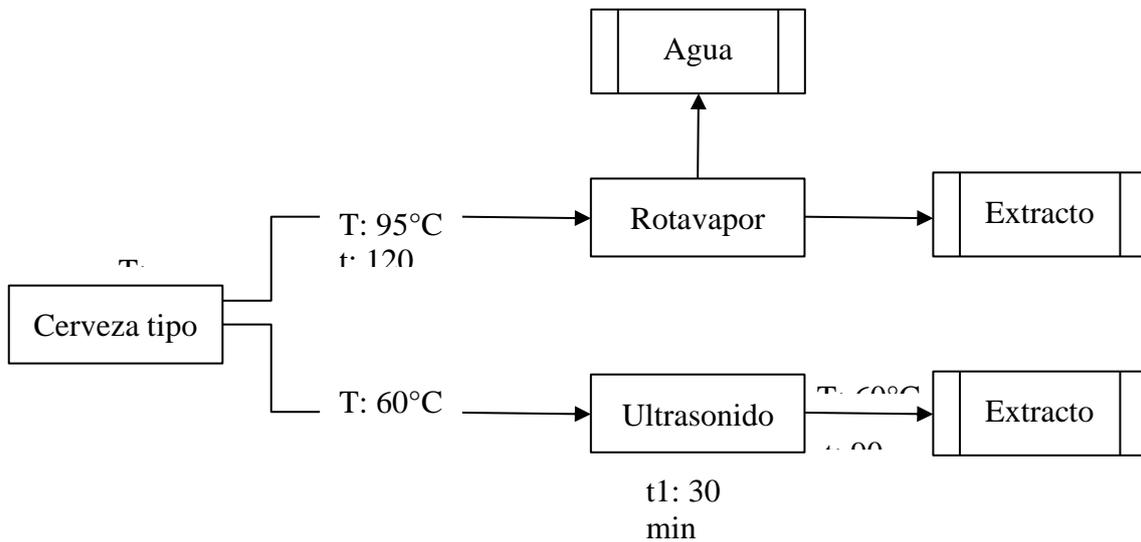


Figura 1. Diagrama de proceso de obtención de extracto de cerveza.

Extracción por Rotavapor

El método de rotavapor consiste de un equipo con un sistema de vacío, un matraz rotativo de evaporación y un matraz recolector, en este proceso se incrementa la tasa de

evaporación del solvente reduciendo su presión mientras se calienta la solución al rotar en el matraz (Bennour N, 2019).

Se utilizaron 300 mL de cada tipo de cerveza, desgasificada mediante agitación con una varilla para eliminar el CO₂ con el fin de evitar la pérdida de espuma al aumentar la temperatura.

La cerveza fue llevada a un evaporador rotatorio Yamato RE-301 con regulador de vacío Vr-300, baño de agua Bm-500, disponible en la Universidad Técnica de Manabí.

La extracción se realizó bajo las siguientes condiciones: Dos horas de tiempo, 78,7 °C de temperatura y 48 kPa de presión. Se obtuvieron 43 mL de Imperial Sweet Stout, 23 mL de Ipa Americana, y 25 mL de Irish red ale, los cuales fueron almacenados en recipientes esterilizados de 100 mL y conservados a 4 °C (Felder y col., 2003).

Extracción por Ultrasonido

Según Panja (2018), la extracción ultrasónica es una tecnología eficiente y respetuosa con el medio ambiente, que no requiere el uso de disolventes orgánicos y es más económica en comparación a otros métodos, en este estudio se utilizó un equipo de ultrasonido para extraer compuestos fenólicos de las muestras de cerveza.

Cada muestra de 300 mL de cerveza artesanal fue dividida en tres matraces Erlenmeyer a las que previamente se les midió su densidad con un densímetro y el pH con un medidor de sobremesa pH 700 OAKTON, ambos disponibles en la Universidad Técnica de Manabí. El equipo de ultrasonido CD-4860 de 35 kHz se operó en condiciones de 60 °C por 30 minutos. Después de este tiempo, se extrajo uno de los matraces para realizar las mediciones previas. El proceso se repitió durante 90 minutos, obteniendo así tres variaciones de las especificaciones de la cerveza (Papagiannopoulos y col., 2002).

Métodos de evaluación de capacidad antioxidante

Una vez obtenidos los extractos se prepararon disoluciones madre de cada tipo de cerveza a una concentración de 1:1000 ppm en agua destilada y con estas se evaluó su capacidad antioxidante mediante los siguientes métodos:

- **Folin-Ciocalteu**

De acuerdo con Garcia y col., (2015) para llevar a cabo este método primero se realizó la curva de calibración usando como patrón ácido gálico a una longitud de 765 nm. Se tomaron 250 µL de las diluciones de los extractos, y se colocaron en matraces aforados de 25 mL, a los cuales se les añadió 1,5 mL de agua destilada y 1,25 mL de reactivo Folin-

Ciocalteu, se homogeneizaron y se dejaron reposar por ocho minutos en oscuridad, Luego se añadió a cada matraz 3,75 mL de una solución de carbonato sódico al 7,5 % y se completó el volumen de 25 mL con agua destilada., se homogenizó la mezcla y se dejó reposar durante dos horas en oscuridad, para posteriormente medir la absorbancia.

- **DPPH**

Se empleó el método propuesto por Cadillo (2020), en el cual se añadieron 400 µL de solución del radical DPPH en 1 mL de las muestras, se dejó reposar por 30 minutos a temperatura ambiente y en oscuridad, se mide la absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 517 nm, los datos son expresados en equivalente de trolox.

- **ABTS**

De acuerdo al método establecido por Świeca, M. y col., (2013) se preparó una solución de ABTS a 7 mM que reaccionó con persulfato de potasio a 2,45 mM y se dejó reposar por 16 horas en la oscuridad a temperatura ambiente, luego esta fue diluida en agua destilada hasta registrar una lectura de $0,7 \pm 0,05$ a 734 nm de absorbancia, luego se tomaron 0,4 mL de cada muestra y se los colocó en matraces aforados de 25 mL, a estos se les agregó 3 mL del reactivo ABTS, se homogeneizó la mezcla y se dejó reposar durante 30 minutos en la oscuridad.

- **Análisis estadístico**

Los resultados de la capacidad antioxidante obtenidos mediante los métodos de Folin-Ciocalteu, DPPH y ABTS se analizaron mediante el software Statgraphics 19 Centurion. Se ingresaron los datos obtenidos de cada extracto de cerveza mediante los métodos de rotavapor y ultrasonido, para identificar diferencias significativas entre los métodos de extracción.

Resultados y discusión

Obtención de extracto por rotavapor

Durante el proceso de extracción de compuestos a partir de los diferentes tipos de cerveza utilizando rotavapor durante 120 minutos, se observó que la IRA produjo una mayor cantidad de extracto en comparación a la IAR, la que presentó el menor rendimiento bajo las mismas condiciones experimentales.

Estos resultados resumidos en la tabla 1, revelan variaciones significativas en la masa, volumen y un aumento de densidad de los extractos obtenidos, esto debido a la

concentración que sucede durante este proceso (Bennour N, 2019). A pesar de mantener constantes las condiciones de operación, como tiempo, temperatura y presión, los resultados indican que la eficiencia del proceso de extracción está influenciada por las características intrínsecas de cada tipo de cerveza.

Esto sugiere que las propiedades físicas y químicas de las cervezas afectan el rendimiento del extracto obtenido, demostrando la importancia de considerar la naturaleza del sustrato en proceso de extracción similar.

Tabla 1. Obtención de extracto de cerveza artesanal por el método de Rotavapor.

<i>Cerveza</i>		Valores Iniciales	Extraído	Extracto	Pérdida
<i>IAR</i>	Volumen (mL)	300	275	7	18
	Masa (g)	300,7	273,81	7,52	
	Densidad (kg/m³)	943	995	1079	
<i>IRA</i>	Volumen (mL)	300	270	25	5
	Masa (g)	300,7	266,99	32	
	Densidad (kg/m³)	1046	988	1280	
<i>ISS</i>	Volumen (mL)	310	270	24	16
	Masa (g)	300,7	267,73	30,16	
	Densidad (kg/m³)	979	992	1256	

En la siguiente figura se presenta el proceso realizado de extracción por medio de rotavapor a través de un balance de masa:

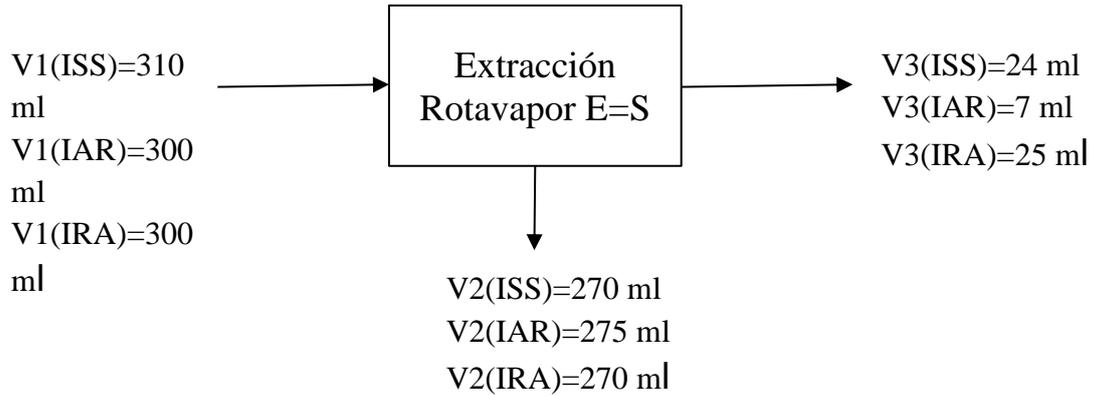


Figura 2. Balance de masa del proceso en los tres tipos de cerveza

$$V_f(\text{ISS}) = V_2(\text{ISS}) + V_3(\text{ISS}) = 270 \text{ ml} + 24 \text{ ml} = 294 \text{ ml}$$

$$V_f(\text{IAR}) = V_2(\text{IAR}) + V_3(\text{IAR}) = 275 \text{ ml} + 7 \text{ ml} = 282 \text{ ml}$$

$$V_f(\text{IRA}) = V_2(\text{IRA}) + V_3(\text{IRA}) = 270 \text{ ml} + 25 \text{ ml} = 295 \text{ ml}$$

$$P(\text{ISS}) = V_1(\text{ISS}) - V_f(\text{ISS}) = 310 \text{ ml} - 294 \text{ ml} = 16 \text{ ml}$$

$$P(\text{IAR}) = V_1(\text{IAR}) - V_f(\text{IAR}) = 300 \text{ ml} - 282 \text{ ml} = 18 \text{ ml}$$

$$P(\text{IRA}) = V_1(\text{IRA}) - V_f(\text{IRA}) = 300 \text{ ml} - 295 \text{ ml} = 5 \text{ ml}$$

Donde:

V_1 = Volumen inicial, V_2 = Volumen Extraído, V_3 = Volumen del extracto, V_f = Volumen obtenido, ρ_1 = Densidad inicial, ρ_2 = Densidad extraído, ρ_3 = Densidad del extracto, P = Pérdidas durante el proceso de extracción (residuos que se quedaron en los materiales)

Obtención de extracto por ultrasonido

Los datos presentados en la tabla 2 reflejan la evolución de la densidad y el pH de tres tipos de cerveza artesanal (IAR, IRA e ISS) durante un tratamiento con ultrasonido. Las mediciones se realizaron a intervalos de 0, 30, 60, y 90 minutos, con un aumento de temperatura a 60 °C después del tiempo inicial de 0 minutos a 25 °C. El análisis de los datos sugiere que el método de ultrasonido afecta de manera diferente a la densidad y el pH de los extractos de cerveza artesanal dependiendo del tipo de cerveza.

Tabla 2. Obtención de extracto de cerveza artesanal por el método de Ultrasonido

<i>Cerveza</i>		Tiempo, 0 min, 25 °C	Tiempo, 30 min, 60 °C	Tiempo, 60 min, 60 °C	Tiempo, 90 min, 60 °C
<i>IAR</i>	Densidad (kg/m ³)	943	926	960	964



	pH	4,48	4,42	4,39	4,38
<i>IRA</i>	Densidad (kg/m³)	983	966	968	945
	pH	5,17	5,16	5,16	5,10
<i>ISS</i>	Densidad (kg/m³)	960	959	985	956
	pH	4,75	4,74	4,68	4,65

En la siguiente figura se presenta el proceso de extracción de cerveza artesanal por medio de ultrasonido a través de un balance de masa, y las variaciones que se presentaron en la densidad y pH de esta durante el proceso.

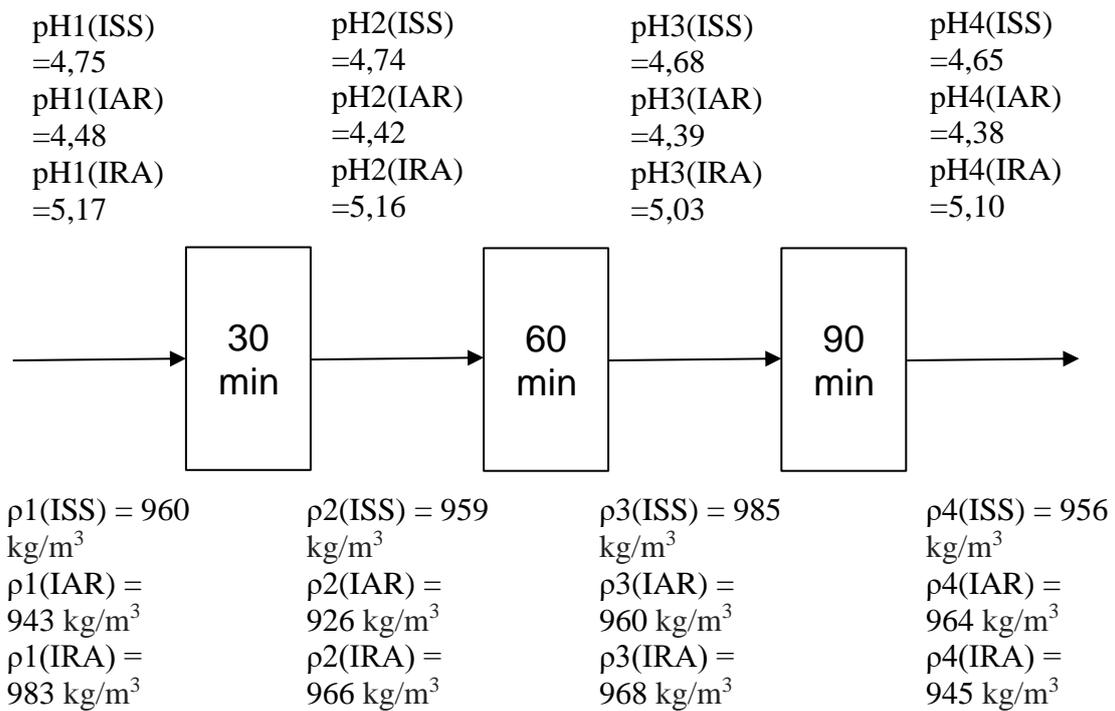


Figura 3. Balance de masa del proceso en los tres tipos de cerveza

Donde:

pH1= potencial de hidrógeno inicial, pH2= potencial de hidrógeno en 30 minutos, pH3= potencial de hidrógeno en 60 minutos, pH4= potencial de hidrógeno en 90 minutos, ρ1= densidad inicial, ρ2= densidad en 30 minutos, ρ3= densidad en 60 minutos, ρ4= densidad en 90 minutos

Análisis de composición fenólica y actividad antioxidante

Al emplearse los métodos para establecer los valores de composición fenólica y actividad antioxidante, se obtuvieron los resultados reflejados en la tabla 3:



Tabla 3. Composición fenólica y actividad antioxidante de extractos de cerveza artesanal mediante Rotavapor y Ultrasonido.

Muestra	mg Ácido Gálico Equivalente/g extracto seco		µmol Trolox Equivalente/ g extracto seco				
	Folin-Ciocalteu		ABTS		DPPH		
	Rotavapor	Ultrasonido	Rotavapor	Ultrasonido	Rotavapor	Ultrasonido	
IRA	1	3,12	10,80	41,47	77,87	19,91	37,38
	2	3,03	10,78	42,30	74,12	20,30	35,58
	3	3,08	10,79	41,88	76,00	20,10	36,48
IAR	1	8,49	15,70	55,62	49,12	26,70	23,58
	2	9,37	15,88	51,07	57,26	24,51	27,48
	3	8,93	15,79	53,34	53,19	25,60	25,53
ISS	1	16,11	9,42	86,43	58,48	41,48	28,07
	2	16,58	11,34	89,67	65,30	43,04	31,35
	3	16,35	10,38	88,05	61,89	42,26	29,71

Mg de ácido gálico/ g extracto seco

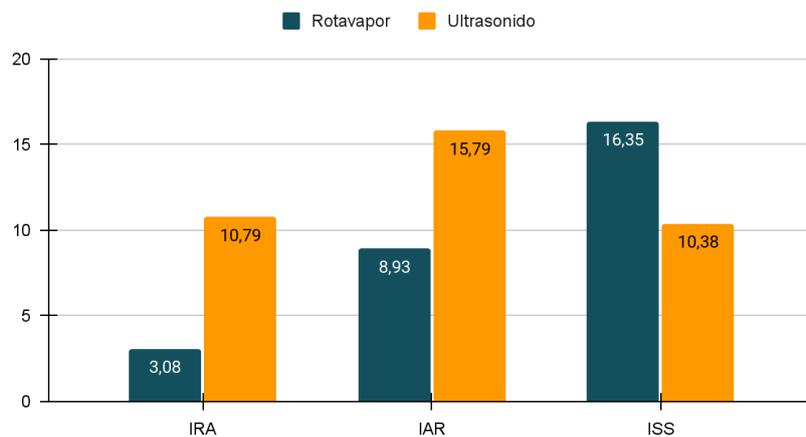


Figura 4. Media de las réplicas de Fenoles totales de las muestras obtenidas por Rotavapor y Ultrasonido en mg de Ácido Gálico/g de extracto seco- Método Folin- Ciocalteu.

En la Figura 4 se observa que la mayor concentración de fenoles totales se encuentra en el extracto de la cerveza negra (ISS) obtenido por Rotavapor, en comparación con los demás tipos de cerveza, siendo la media de composición fenólica un valor de 16,35 mg GAE/g, este valor es superior a estudios previos que presentan un valor máximo de 10,34 mg de ácido gálico/g (M.J Petron y col., 2021). Sin embargo, en el caso de la cerveza rubia (IAR) el método de ultrasonido mostró mejores resultados, esto puede ser debido a la diferente composición de los tipos de cervezas, siendo la IAR la que tiene el extracto con menor densidad al usar rotavapor de acuerdo a la tabla 1, por lo cual, es el menos concentrado.

Además, Delgado y col., (2024) reportan valores muy semejantes a los obtenidos en este trabajo por medio de extracciones en Soxhlet y Ultrasonido de extractos de bagazo de cerveza negra, sugiriendo que el método de ultrasonido favorece a la obtención de resultados de composición fenólica, en este tipo de cerveza, ya que en Soxhlet el valor más alto es de 8,670 mg GAE/g extracto seco y por ultrasonido 13,83 mg de GAE/g extracto seco.

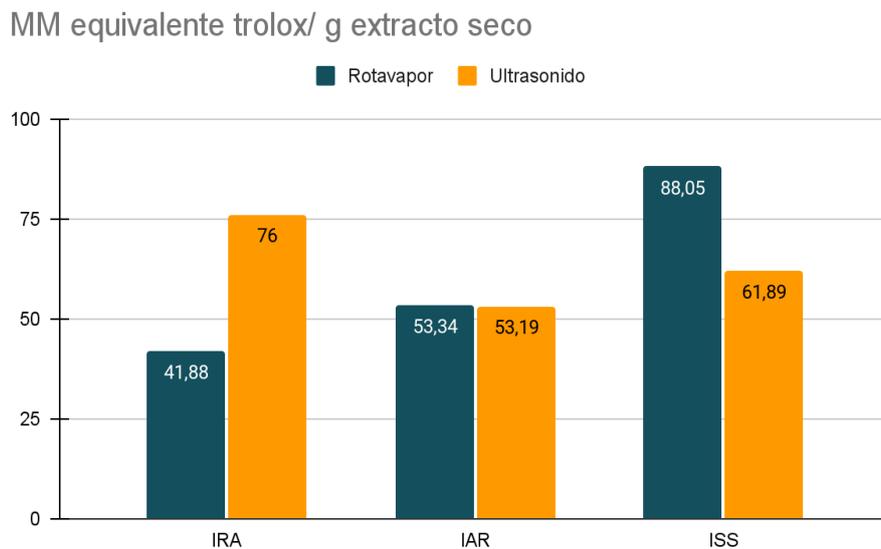


Figura 5. Media de las réplicas de Capacidad antioxidante de las muestras obtenidas por Rotavapor y Ultrasonido- Método ABTS.

La Figura 5 ilustra que la capacidad antioxidante medida mediante el método de ABTS varía dependiendo del tipo de cerveza, ya que la cerveza roja (IRA), mostró mayores concentraciones con el uso de ultrasonido, en cuanto a la IAR no hay una diferencia significativa en el método empleado para obtener el extracto, La ISS obtuvo el mayor resultado de 88,05 $\mu\text{mol TE/g}$, este es un valor alto en comparación con el valor de otros estudios realizado por otros autores, siendo de 20,054 $\mu\text{mol TE/g}$ el valor más alto obtenido por Lopez y col., (2024), esto puede ser debido al uso de una cerveza distinta, ya que según con Habschied y col., (2020) las cerveza negras y oscuras son mucho más ricas en polifenoles que las cervezas más claras. Así mismo González y col., (2022) reportaron en su estudio valores máximos en cerveza estilo coffee stout imperial y stout Ale con 362 mg GAE/ L y 299 mg GAE/L respectivamente, también se pudo contrastar con otros resultados como el de 896,44 $\mu\text{mol TE/L}$ por medio de ABTS (Rinaldi , 2022) el cual se expresa en litros de extracto y 3,63 $\mu\text{mol TE/mL}$ (Pachas, 2019) que se expresa en mililitros.

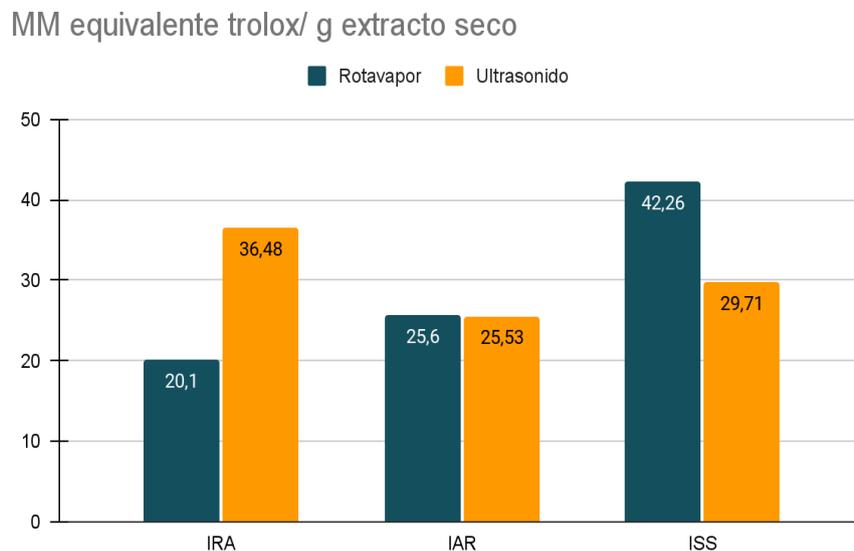


Figura 6. Media de las réplicas de Capacidad antioxidante de las muestras obtenidas por Rotavapor y Ultrasonido- Método DPPH.

La Figura 6 muestra que los valores de capacidad antioxidante son menores en comparación con el método ABTS, a pesar de esto sigue siendo mayor al de otras investigaciones, ya que Delgado y col., (2024) exponen valores de 19,192 TE/ g extracto

seco en extracción de Soxhlet y 23,535 μmol de TE/ g extracto seco en ultrasonido por medio de DPPH.

Sin embargo, se pudo notar que no independientemente del método de extracción la cerveza ISS contiene la mayor cantidad de antioxidantes con respecto a las demás muestras, ya que la tendencia general se mantiene con esta, destacándose nuevamente en la extracción por Rotavapor. Así mismo se puede contrastar resultados de otros autores donde informan valores porcentuales que en su caso, sugieren que cervezas como la IPA Americana que son cervezas más claras, contienen menor capacidad antioxidante frente a cervezas más oscuras (Habschied y col., 2020), es por eso que Montaña (2017), informa valores de 20,72 % para una cerveza Ipa que está por debajo del 34,48 % de una cerveza Stout. Aun cuando no se disponen de los datos suficientes para realizar una conversión, las comparaciones reflejan lo dicho anteriormente. Por otro lado, el extracto de cerveza Irish Red Ale (IRA) obtenido por rotavapor, posee una menor capacidad antioxidante que el obtenido por rotavapor, lo cual permite afirmar que el mejor método de extracción variará según el tipo de cerveza a utilizar.

La variabilidad observada entre los diferentes ítems indica que la matriz de la muestra y la naturaleza de los compuestos antioxidantes influyen en la eficacia de cada técnica de extracción. Los valores de ABTS son mayores debido a que este se trabaja con un pH cercano al neutro, al aumentar el pH del entorno, los grupos ionizables donan radicales de hidrógeno, lo que facilita la transferencia de electrones (Herrero-Martínez y col., 2005). Estos resultados presentan implicaciones importantes en la investigación de compuestos antioxidantes, ya que la elección del método de extracción puede afectar significativamente los resultados y la interpretación de la capacidad antioxidante de los extractos.

Comparación estadística

Utilizando el software de análisis estadístico, se obtuvieron los siguientes resultados:

Donde:

IRA= Irish Red Ale

IAR= IPA Americana

ISS= Imperial Sweet Stout

R= Rotavapor

U= Ultrasonido



Tabla 4. ANOVA-FOLIN-CIOCALTEU

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	356,835	5	71,367	362,68	0,0000
Intra grupos	2,36133	12	0,196778		
Total (Corr.)	359,196	17			

La tabla 4, muestra que la razón-F, que es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos, es igual a 362,678. Además, el valor-P de la prueba-F es menor a 0,05, por lo cual, se puede evidenciar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 6 variables con un 5 % de significación.

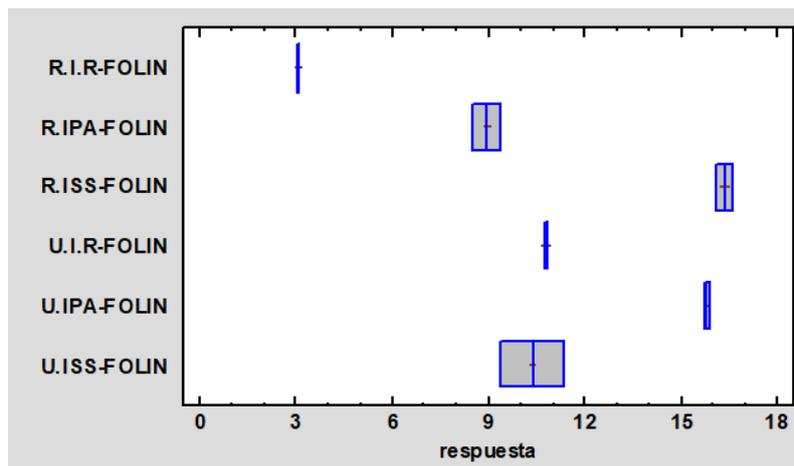


Figura 7. Gráfico de caja y bigotes FOLIN-CIOCALTEU

En la Figura 7 se observa que la cerveza R.ISS presentó la concentración de polifenoles mayor, pero en el resto existieron ciertas diferencias como una menor variabilidad en los valores de las iteraciones, y el valor de R.IAR y U.IAR presenta significativas diferencias, siendo U.IAR más alto, a diferencia de los otros métodos.

Tabla 5. Pruebas de Múltiples Rangos, Método: 95,0 porcentaje LSD, FOLIN-CIOCALTEU

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
R.IRA-FOLIN	3	3,07667	A
R.IAR-FOLIN	3	8,93	B
U.ISS-FOLIN	3	10,38	C
U.IRA-FOLIN	3	10,79	C
U.IAR-FOLIN	3	15,79	D
R.ISS-FOLIN	3	16,3467	D

En la tabla 5, para las pruebas de múltiples rangos se identificaron 5 grupos homogéneos de acuerdo a la alineación de las letras en columnas. Aquellos niveles que comparten una misma columna de letras no presentan diferencias estadísticamente significativas para un 5 % de significación. Se empleó el método de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher.

Tabla 6. ANOVA - ABTS

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4292,5	5	858,5	129,81	0,0000
Intra grupos	79,3618	12	6,61348		
Total (Corr.)	4371,86	17			

En la tabla 6, se observa que la razón-F es igual a 129,81, y el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, al igual que la tabla 4, por lo cual, por medio de ABTS también existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 6 variables con un nivel del 5 % de significación.

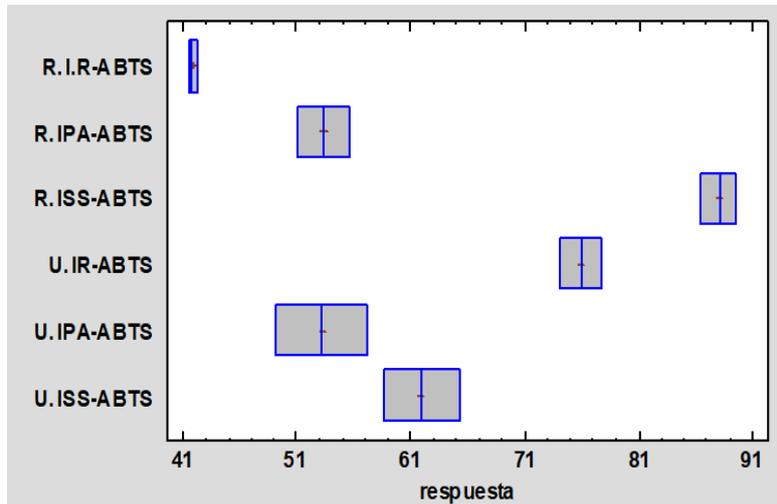


Figura 8. Gráfico de caja y bigotes ABTS

Como puede observarse en la Figura 8, utilizando el método de ABTS se reportan los valores más altos de capacidad antioxidante en R.ISS (Rotavapor - Imperial Sweet Stout), con una baja variabilidad en los datos obtenidos en las tres réplicas, sin embargo, la ISS y la IAR por medio de ultrasonido presentan una mayor variabilidad, pero con menores valores de actividad antioxidante. Además, se puede observar que la cerveza IPA tiene valores similares en los dos métodos de extracción, rotavapor y ultrasonido.

En la tabla 7, para una mayor comprensión, se representa lo demostrado previamente, por medio de una prueba de múltiples rangos para los resultados de ABTS.

Tabla 7. Pruebas de Múltiples Rangos, Método: 95,0 porcentaje LSD, ABTS

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
R.IRA-ABTS	3	41,8833	A
U.IAR-ABTS	3	53,19	B
R.IAR-ABTS	3	53,3433	B
U.ISS-ABTS	3	61,89	C
U.IRA-ABTS	3	75,9967	D
R.ISS-ABTS	3	88,05	E

Tabla 8. ANOVA- DPPH

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	988,864	5	197,773	129,72	0,0000
Intra grupos	18,2951	12	1,52459		
Total (Corr.)	1007,16	17			

En la tabla 8, la razón-F es de 129,722 y el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, al igual que las anteriores, lo que implica que existe diferencia significativa entre las muestras analizadas para un 5 % de significación.

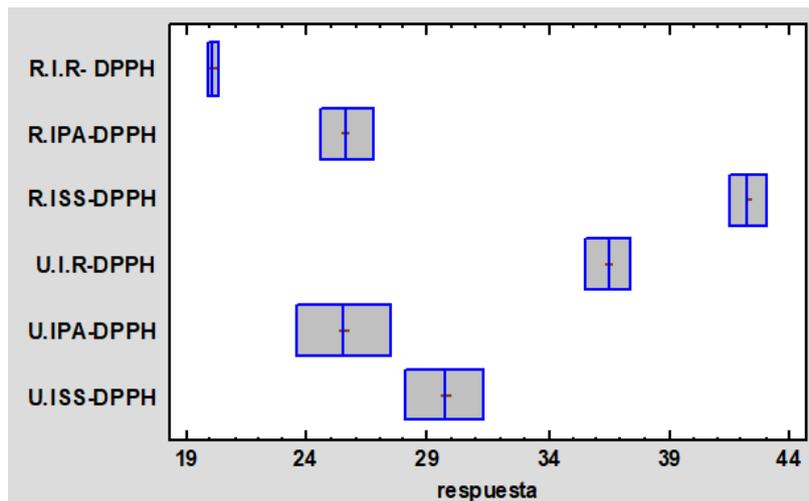


Figura 9. Gráfico de caja y bigotes DPPH

Como puede observarse en la Figura 9, utilizando el método de DPPH se presentan de igual manera los valores más altos de capacidad antioxidante en R.ISS con una baja variabilidad en los datos obtenidos en las tres réplicas, la U.ISS y la U.IAR presentan igualmente una mayor variabilidad con menores valores de actividad antioxidante,

además, se puede observar que en la cerveza IAR, al igual que la Figura 3, tiene valores similares en sus dos métodos de extracción, rotavapor y ultrasonido.

En la tabla 9, para una mayor comprensión, se representa lo demostrado previamente, por medio de una prueba de múltiples rangos para los resultados de DPPH.

Tabla 9. Pruebas de Múltiples Rangos, Método: 95,0 porcentaje LSD, DPPH

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
R.IRA-DPPH	3	20,1033	A
U.IAR-DPPH	3	25,53	B
R.IAR-DPPH	3	25,6033	B
U.ISS-DPPH	3	29,71	C
U.IRA-DPPH	3	36,48	D
R.ISS-DPPH	3	42,26	E

Aplicación del extracto de cerveza en la Industria alimentaria y no alimentaria.

De acuerdo con Carocho (2017), en lo que abarca la industria alimentaria, el pescado es de los alimentos más susceptibles a presentar oxidación debido a los ácidos presentes en sus grasas insaturadas y su contacto con el oxígeno. Cuando esto sucede, se originan cambios en su sabor, color, textura, y reduce su valor nutricional, es por esto, que, usando una fuente de antioxidantes natural como el extracto de cerveza, se puede evitar una temprana oxidación del alimento, e incluso aportar al valor nutricional de este.

En la industria no alimentaria, este puede ser aplicado en cosméticos como cremas o aceites para la piel con dos objetivos, para que estos antioxidantes lleven a cabo la activación de ciertos ingredientes, o para proteger a estos ingredientes de la oxidación. Sin embargo, hay que tener en cuenta que estos antioxidantes naturales pueden ser inestables, lo cual podría causar problemas en la formulación de estos cosméticos, afectando a su apariencia, así que habría que realizar estudios previos para tener esto en cuenta al decidir con qué producto se le dará uso y con qué fin (Kusumawati y Indrayanto, 2013).

Conclusion

De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye, que, de los tres tipos de cerveza analizados, la cerveza imperial sweet stout (ALE negra) es la ideal para la obtención de extracto, ya que presenta los valores más altos de capacidad antioxidante, y la mayor cantidad de extracto obtenido teniendo en cuenta las pérdidas, y el mejor método de



obtención para estos dependerá del tipo de cerveza a utilizar, ya que se obtuvieron resultados diferentes en cada extracto de cerveza.

Referencias bibliográficas

1. Aron, P.M., & Shellhammer, T.H. (2010). A discussion of polyphenols in beer physical and flavour stability. *Journal of the Institute of Brewing*, Vol. 116, No. 4, pp. 369-380. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2010.tb00788.x>
2. Barbosa-Pereira, L., Bilbao, A., Vilches, P., Angulo, I., LLuis, J., Fité, B., & Cruz, J. M. (2014). Brewery waste as a potential source of phenolic compounds: Optimisation of the extraction process and evaluation of antioxidant and antimicrobial activities. *Food chemistry*, Vol. 145, pp. 191-197. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.033>
3. Bennour, N., Mighri, H., Eljani, H., Zammouri, T., & Akrou, A. (2020). Effect of solvent evaporation method on phenolic compounds and the antioxidant activity of *Moringa oleifera* cultivated in Southern Tunisia. *South African Journal of Botany*, Vol. 129, pp. 181-190. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.05.005>
4. Cadillo, K. (2020). Polifenoles, flavonoides y actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico de las hojas de luma chequen (*Molina*) A. Gray "Arrayan", Tesis presentada en opción al título profesional de Químico Farmacéutico, Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/15624>
5. Carocho, M., Morales, P., Ferreira, I.C.F.R. (2017). Antioxidants: Reviewing the chemistry, food applications, legislation and role as preservatives, *Trends in Food Science & Technology*, Vol. 71, pp. 107-120. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.11.008>
6. Felder, R.M., y Rousseau, R.W. (2003). Principios elementales de los procesos químicos., Editorial Limusa S.A., pp.648-654.
7. Fillaudeau, L., Blanpain-Avet, P., & Daufin, G. (2006). "Water, wastewater and waste management in brewing industries." *Journal of cleaner production* Vol. 14, No. 5, pp. 463-471. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.01.002>

8. García, E.M., Fernández, I., & Fuentes, A. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu, ETSIAMN, Universidad Politécnica de Valencia, pp. 1-9. <http://hdl.handle.net/10251/52056>
9. González, M. D., Tzintzun. C., & Mendez. T. (2022). "Determination of antioxidant activity and phenolic compounds in different Mexican craft beers" Dianlet Foundation. Vol. 9, No. 1, pp. 46-54. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8739336>
10. Habschied, K., Lončarić, A., & Mastanjević, K. (2022). Screening of Polyphenols and Antioxidative Activity in Industrial Beers. Foods, Vol. 9, No. 2, pp. 238. <https://doi.org/10.3390/foods9020238>
11. Herrero-Martínez, J. M., Sanmartin, M., Rosés, E., and Ràfols, C. (2005) Determination of dissociation constants of flavonoids by capillary electrophoresis. Electrophoresis, Vol. 26, No. 10, pp. 1886-1895. <https://doi.org/10.1002/elps.200410258>
12. Jaramillo, P. (2016). Cervezas artesanales, un mercado que emerge bien. Gestión 269, vol. 269, pp. 50-55.
13. Kusumawati, I., & Indrayanto, G. (2013). Natural antioxidants in cosmetics. Studies in natural products chemistry, vol. 40, 2013, pp. 485-505. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59603-1.00015-1>
14. López Chun, C. A., Palma Parrales, Y. M., Alcívar Cedeño, U. E., Burgos Briones, G. A., & Munizaga Párraga, D. R. (2024). Extracto funcional de cerveza artesanal como ingrediente innovador en la industria repostera. Revista Centro Azúcar, Vol. 51, No. 3, pp. e1073 (05/07/2024)-e1073 (05/07/2024). http://centrozucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/806
15. Lucena, N., Extracción asistida por ultrasonidos. (2019). Tesis presentada en opción al Grado en Ingeniería Química Industrial (E.P.S. Linares), Química Inorgánica y Orgánica, Universidad de Jaén, España. <https://hdl.handle.net/10953.1/10191>
16. Montaña. D. (2018). Análisis comparativo de cervezas artesanales extremeñas, Tesis, presentada en opción al Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Escuela de ingenierías agrarias, Universidad de Extremadura. <http://hdl.handle.net/10662/6875>

17. Pachas, J. C. (2019). Contenido de Polifenoles totales y capacidad antioxidante en cervezas artesanales e industriales. *Peruvian Agricultural Research*, Vol. 1, No. 1, pp. 27-30. <https://doi.org/10.51431/par.v1i1.480>
18. Papagiannopoulos, M., Zimmermann, B., Mellenthin, A., Krappe, M., Maio, G., & Galensa, R. (2002) Online coupling of pressurized liquid extraction, solid-phase extraction and high performance liquid chromatography for automated analysis of proanthocyanidins in malt. *Journal of Chromatography*. Vol 958, Issues 1-2, pp. 9-16l. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(02\)00364-3](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(02)00364-3)
19. Petró, M. J., Andrés, A. I., Esteban, G., & Timón, M. L. (2021). Study of antioxidant activity and phenolic compounds of extracts obtained from different craft beer by-products. *Journal of Cereal Science*, Vol. 98, pp. 103162. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103162>
20. Świeca, M., Gawlik-Dziki, U., Dziki, D., Baraniak, B., & Czyż, J. (2013). The influence of protein–flavonoid interactions on protein digestibility in vitro and the antioxidant quality of breads enriched with onion skin. *Food Chemistry*, Vol. 141, No 1, pp. 451-458. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.03.048>
21. Rinaldi, B. J. D., Montanher, P. F., & Johann, G. (2022). "Brewing of craft beer enriched with freeze-dried cape gooseberry: a promising source of antioxidants." *Brazilian Journal of Food Technology* 25: e2022019. <https://www.scielo.br/j/bjft/a/4xLg9Km7xW6wKcCqSnQYZwN/?lang=en#>

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.