



Caracterización química de los residuos sólidos procedentes de la elaboración de tres tipos de cerveza artesanal (*stout-negra, imperial-rubia, guayacán-roja*)

Chemical characterization of solid waste from the production of three types of craft beer (*stout-black, imperial- blonde, guayacan-red*)

Autores

✉^{1*}Oscar Luis Torres Barberán

✉²Wagner Antonio Gorozabel Muñoz

¹Maestría en Agroindustria, Instituto de Posgrado, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

²Departamento de Procesos Agroindustriales, Facultad de Ciencias Zootecnicas, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Torres Barberán, O. L. y Gorozabel Muñoz, W. A. (2022). Caracterización química de los residuos sólidos procedentes de la elaboración de tres tipos de cerveza artesanal (*stout-negra, imperial-rubia, guayacán-roja*). *La Técnica*, 12(1), 38-44. DOI: https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i27.3624

Recibido: Octubre 20, 2021

Aceptado: Diciembre 15, 2021

Publicado: Enero 05, 2022

Resumen

El bagazo de malta de cebada es un residuo del proceso de elaboración de cerveza artesanal tiene un bajo costo y alta disponibilidad, es un subproducto rico en nutrientes, el cual puede ser utilizado en la industria alimentaria e industrial. El objetivo fue determinar y comparar las propiedades químicas de los residuos sólidos del bagazo procedentes de la elaboración de diferentes variedades de cerveza artesanal (*stout-negra, imperial-rubia, guayacán-roja*) y que su uso quede a consideración del proceso agroindustrial que se desea brindar. Las muestras de cerveza artesanal fueron tomadas en la empresa cervecera “Beerkingo” ubicado en el Cantón Sucre, vía Río Canoa, Km 7, provincia de Manabí. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) de un factor siendo el bagazo de cerveza de tres variedades el factor en estudio, se aplicó un ANOVA paramétrico para el análisis de las muestras; donde existió diferencia estadística significativa, se aplicó la prueba de Tukey ($P < 0,05$) en los análisis de proteína, fibra, ceniza y materia seca. Los resultados del ANOVA demostraron significancia estadísticas en todos los parámetros estudiados, y la prueba de Tukey indicó que el bagazo procedente del M1 (bagazo de Stout-negra) reportó un mayor porcentaje de proteína con 5,23%, así mismo en lo referente en ceniza, fibra y materia seca los mayores porcentajes los obtuvo la muestra M3 (bagazo guayacán-roja) con porcentajes de 1,13; 4,45 y 36,99%, respectivamente; lo cual evidenció que existen componentes químicos para la generación de valor agregado de este subproducto. Quedando comprobado que contienen componentes nutricionales que se pueden aprovechar en su totalidad para consumo humano o suplemento para alimentación animal.

Palabras clave: bagazo de cerveza; subproducto; cebada.

Abstract

Barley malt bagasse is a low-cost, highly available, nutrient-rich by-product of the craft brewing process that can be used in the food and industrial industries. The objective was to determine and compare the chemical properties of solid bagasse residues from the production of different varieties of craft beer (*stout-black, imperial-blond, guaiac-red*) and its use is left to the consideration of the agroindustrial process to be provided. Craft beer samples were taken at the “Beerkingo” brewing company located in Cantón Sucre, via Río Canoa, Km 7, province of Manabí. A completely randomized design (DCR) of one factor was used, being the beer bagasse of three varieties the factor under study. A parametric ANOVA was applied for the analysis of the samples; where there was a significant statistical difference, the Tukey test ($P < 0.05$) was applied in the analysis of protein, fiber, ash and dry matter. The results of the ANOVA showed statistical significance in all the parameters studied, and the Tukey test indicated that the sap from M1 (Stout-black bagasse) reported a higher percentage of protein with 5.23%, likewise in ash, fiber and dry matter the highest percentages were obtained by the M3 sample (guayacán-red bagasse) with percentages of 1.13, 4.45 and 36.99%, respectively; which evidenced that there are chemical components for the generation of added value of this by-product. It was proven that they contain nutritional components that can be used in their entirety for human consumption or as a supplement for animal feed.

Keywords: beer bagasse; by-product; barley.

Introducción

El consumo de cerveza artesanal en los últimos años ha demostrado un crecimiento por la demanda de consumidores a nivel mundial (Gravaglia, 2017). En un estudio que realizó Aquilani et al. (2015) mencionaron que los consumidores eligieron el tipo de cerveza por su variedad de sabores; Giovenzana et al. (2014) indicaron que estos se desarrollan por los diferentes tipos de insumos que se utilizan en sus formulaciones y su tipo de fermentación alta o baja.

La cerveza es la quinta bebida más consumida en el mundo, además de la primera dentro de las bebidas alcohólicas. En 2014, se procesaron un total de 189.060 millones de litros (Kirin Beer University Report, 2015).

Es necesario indicar, que en la producción de cerveza artesanal por cada 100 litros se genera 20 kg de residuos (Balli et al., 2020), que según Nigan (2017), estos desechos sólidos representan un 85% del total de subproductos de la elaboración de cerveza; a nivel mundial en la industria cervecera se generan 20 millones de toneladas de bagazo (Monteiro, 2019), según la Asociación de Cerveceros Artesanales de Ecuador "ASOCERV" en el 2018, la producción fue de 30.730 hL, lo cual representó 614,6 toneladas de residuos en Ecuador.

La principal materia prima utilizada en la producción de cerveza es la cebada malteada. Este componente es sometido a un proceso de cocción y maceración del que resulta el mosto cervecero, licor que luego atraviesa una etapa de fermentación para obtener como resultado final a la cerveza (Garavaglia y Swinnen, 2017). Según Aquilani et al. (2015) en este proceso se produjeron cantidades importantes de un residuo insoluble, conocido localmente como bagazo cervecero e internacionalmente como "Brewer's spent grain" (BSG), siendo un material de interés para la aplicación en diferentes áreas debido a su bajo costo, disponibilidad durante todo el año y valiosa composición química. Es destinado mayormente a la alimentación de ganado y en algunos casos se emplea como abono en tierras de cultivo; sin embargo, en las zonas urbanizadas constituye un serio problema ambiental (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2019).

Según Sheldon (2016) y Onofre (2018) el bagazo contiene altas propiedades nutricionales y funcionales que pueden ser aprovechados para alimentación humana o animal por su contenido proteico, fibra, vitaminas, compuestos fenólicos y minerales. La reutilización de los desechos provenientes de la separación del mosto en la etapa de filtración, debe pasar previamente por las etapas de molienda y maceración (García, 2017); en tal sentido, estos residuos constituyen un probable material para la elaboración de un producto por su contenido

nutricional que posee y que se encuentran disponible todo el año (Pinheiro, 2019).

En la agroindustria, uno de los principales objetivos es el aprovechamiento de los residuos que pueden generarse en las industrias cerveceras artesanales, reduciendo el impacto negativo por su emisión, vertimiento o disposición que pudiese generar en el ambiente (Cury et al., 2017). El bagazo de cebada de malta tiene un gran potencial para ser reciclado y utilizado como una fuente económica de fibra que puede proporcionar una serie de beneficios cuando se incorpora a la dieta humana, como para la prevención de ciertas enfermedades incluyendo cáncer, trastornos gastrointestinales, diabetes y enfermedades coronarias (Pantoja, 2020). El objetivo fue evaluar y comparar la composición química de los residuos sólidos del bagazo procedentes de la elaboración de diferentes variedades de cerveza artesanal (stout-negra, imperial-rubia, guayacán-roja) para su producción en la agroindustria.

Metodología

Para el desarrollo de la investigación se planificaron cuatro fases:

Fase 1: caracterización general de las fórmulas (mezclas de componentes) según las materias primas utilizadas para los tres tipos de cerveza artesanal.

Fase 2: identificación de los subproductos (bagazo) resultantes del proceso de fabricación de los tres tipos de cerveza artesanal (artesanal tipo stout-negra, imperial-rubia, y guayacán-roja).

Fase 3: toma de muestras de los subproductos (bagazo) en la etapa de maceración y análisis químicos.

Fase 4: análisis e interpretación de resultados.

Las muestras requeridas para el desarrollo de la investigación se obtuvieron del proceso de elaboración de cerveza artesanal "Beerkingo", ubicado en el Cantón Sucre, en la vía Río Canoa, a -0,473392 S y -80,391220 O (Garmin GPSMAP 64sx, Estados Unidos).

Las unidades muestrales (bagazo de tres tipos de cerveza) fueron obtenidas después de la etapa de separación, prensado y filtración del mosto obtenido tras la sacarificación del grano de cereal (cebada, básicamente) malteado, el cual presentó un contenido en materia seca aproximado entre un 20 a 25%. Los componentes identificados para la elaboración de los tres tipos de cerveza incluyeron la utilización de malta base (80-90% y aportaron azúcares fermentables), maltas especiales 10-20% (el cual aportó color, sabor y los porcentajes variaron de acuerdo a los tres tipos de cervezas estudiadas), agua tratada por la misma empresa, lúpulo, levadura (Safale Us-05, Fermentis), y otras fuentes de almidón y azúcar (como trigo y avena).

Para los componentes agua, lúpulo, fuentes de almidón utilizadas (trigo y avena), y extracto de guayacán (cerveza roja), no fue posible obtener los porcentajes, en vista de que la investigación se enfocó solamente en la evaluación de bagazo y además que las fórmulas fueron manejadas confidencialmente por el dueño de la empresa. En términos generales, se pudo conocer por parte de los operarios que el proceso utilizado para la elaboración de cerveza artesanal incluyó la aplicación del malteado, molienda, macerado, cocido, enfriado, fermentación y envasado, cabe indicar que no fue posible obtener de una manera más profunda los parámetros de proceso aplicados por términos de confidencialidad lo cual fue entendible.

Para los muestreos se recolectó 1000 g de bagazo de cerveza artesanal por cada variedad de cerveza (artesanal tipo stout-negra, imperial-rubia, y guayacán-roja), y se tomaron tres lotes o procesos diferentes para considerar las repeticiones, las cuales fueron almacenadas en bolsas herméticas con cierre de presión a temperatura de 25 °C aproximadamente. Se realizaron análisis químicos de proteína, fibra, ceniza y materia seca.

El análisis de proteína se realizó en el Centro de Servicios para el Control de Calidad "CESCCA", entidad de la unidad de autogestión independiente adscrita a la Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Laica Eloy Alfaro, ubicada en el Cantón de Manta en la Av. Circunvalación Vía a San Mateo, mientras que los análisis de fibra, cenizas y materia seca se realizaron en los Laboratorios de Bromatología de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López "ESPAM MFL" ubicada en el Cantón de Bolívar, parroquia Calceta.

Factor y niveles de estudio

El factor en estudio fue el bagazo de cerveza artesanal tipo stout-negra, imperial-rubia y guayacán-roja, respectivamente (tabla 1).

Tabla 1. Muestras de cerveza artesanal evaluadas.

Muestras	Símbolo	Factor	Repeticiones
		Bagazo de cerveza artesanal	
1	M1	Stout-negra	3
2	M2	Imperial-rubia	3
3	M3	Guayacán-roja	3

Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) unifactorial y se evaluaron las muestras por triplicado, dando un total de nueve unidades experimentales, comprendidas en 1000 g cada una. Los datos obtenidos se ingresaron en el programa estadístico InfoStat versión libre 2017, aplicando un ANOVA, y en los casos donde existió significancia estadística se compararon los promedios aplicando la prueba de Tukey al $P < 0,05$.

Registro de datos y métodos de evaluación

La determinación de proteína cruda (PC) se realizó en un equipo Kjeldahl (Buchi, Speed Digester K-425, Suiza) para el análisis de nitrógeno total conforme a la norma NTE INEN 543-1980-12. Se empleó 1 g de muestra para la digestión con 25 mL de ácido sulfúrico al 37% concentrado; después de la digestión se llevó a un destilador automático (Buchi, Speed Digester K-425, Suiza). Destilada la muestra se valoró con ácido sulfúrico 0,1 N. Hallándose de esta manera el porcentaje de nitrógeno presente en la muestra, a este último valor se multiplicó el factor de 6,25 con la finalidad de hallar el contenido proteico.

$$\text{Ecuación 1} \quad \% \text{Proteína} = \frac{V_{HCl} \times N_{HCl} \times 0,014 \times \text{Factor}}{P_m} \times 100$$

Para determinar la fibra cruda (FC) se usaron las muestras de malta desengrasada, obtenidas en la determinación de la materia grasa. Luego se procedió a realizar la digestión (ácida con ácido sulfúrico 0,2 N, lavados con agua destilada con una conductividad de $2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ y digestión básica con hidróxido de sodio al 0,2 N). El análisis de este parámetro se realizó con base al peso de las cenizas de la muestra digerida, tal como lo señaló la normativa NTE INEN 542 1980-12.

$$\text{Ecuación 2} \quad \% \text{Fibra} = \frac{P_1 - P_2}{P_m} \times 100$$

La determinación de cenizas (C) se realizó sobre cápsulas de porcelana, se pesó con una balanza analítica (Sartorius modelo CP224S, Alemania) 3 g de muestra hasta llegar a tener un peso constante, luego la muestra con la ayuda de una parrilla se pre-calcinó a una temperatura de 700 °C por 25 minutos para posteriormente llevarla a una calcinación total en la mufla (Furnace, modelo FB1315M, Estados Unidos) a 700 °C durante 2 h. Por último, se enfriaron las muestras en la cápsula de desecación provista de silicagel y se pesaron para determinar el porcentaje de cenizas de acuerdo a la norma vigente NTE INEN 544 1980-12.

$$\text{Ecuación 3} \quad \% \text{Ceniza} = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} \times 100$$

Para determinar la materia seca (MS) se pesaron 2 g de muestra y se ubicaron en una cápsula de porcelana para poderla introducir en una estufa (Memmert) a 105 °C durante 24 horas, luego se ingresó en una cápsula de desecación provista de silicagel para enfriar las cápsulas con la muestra y así evitar que adquiriera humedad, luego se pesó en una balanza analítica marca Adams® hasta conseguir un peso constante de acuerdo con la norma NTE INEN 540 1980-12.

$$\text{Ecuación 4} \quad \% \text{Materia Seca} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \times 100$$

Resultados

Caracterización de la materia prima

Se procedió a evaluar para cada tipo de cerveza las mezclas que conformaron cada una de sus fórmulas, las mismas que fueron analizadas químicamente, con la finalidad de tener una referencia inicial (antes de aplicar la maceración) la composición química del producto crudo en función a los porcentajes de proteína, fibra, ceniza y materia seca; estos resultados fueron de utilidad para comparar entre ellas, la composición química del bagazo de los tres tipos de cervezas estudiadas. Los resultados obtenidos se detallan a continuación (tabla 2).

Tabla 2. Caracterización química de la materia prima antes del macerado.

Análisis	Stout-negra	Imperial-rubia	Guayacán-roja
% Proteína	9,60	8,12	9,26
% Fibra	5,56	4,69	6,25
% Ceniza	1,84	1,61	1,72
% Materia seca	91,15	91,32	91,9

Parámetros bromatológicos evaluados del bagazo

Los resultados obtenidos del ADEVA (tabla 3) demostraron significancia estadística al $P < 0,05$, para todos los parámetros evaluados, lo cual indicó que la composición química de los mostos en relación a los porcentajes de proteína, fibra, ceniza y materia seca, difirieron estadísticamente según los tres tipos de cervezas estudiadas.

Tabla 3. Análisis de varianza para los análisis químicos.

Parámetros evaluados (%)	SC	gl	CM	F	Error	C.V.	p-valor
Proteína	0,90	2	0,45	9,08	0,30	4,64	0,0153**
Fibra	2,18	2	1,09	49,90	0,13	3,90	0,0002**
Ceniza	0,06	2	0,03	6,30	0,03	6,67	0,0336**
Materia seca	41,30	2	20,65	19,73	6,28	2,95	0,0023**

SC = Suma de cuadrado, gl = grados de libertad, CM = Cuadrados medios, F calc = F de Fisher, P-valor = Tabla F, CV = Coeficiente de variación ** = Altamente significativo al 0,05%.

Al reportarse significancia estadística en todos los parámetros evaluados se procedió a comparar los resultados aplicando la prueba de Tukey, y los resultados fueron los siguientes y se representan en las figuras de cajas y bigotes.

Proteína

Se realizó la comparación de medias aplicando la prueba de TUKEY al $P < 0,05$ de significancia, por lo cual su representación se efectuó mediante gráficas de cajas y bigotes (figura 1), y se evidenció que se obtuvieron dos rangos, donde la M2 (Imperial-rubia) y la M3 (Guayacán-roja) no difirieron entre sí, pero sí difirieron de M1 (Stout-negra) que tuvo un promedio más alto de proteína con un valor de 5,23% y M3 alcanzó un menor promedio de proteína con un valor de 4,51%.

Fibra

La comparación de Tukey al $P < 0,05$, mediante gráficas de cajas y bigotes para la variable fibra (figura 2), ordenó los resultados en tres rangos, donde M3 (bagazo de cerveza Guayacán-roja) alcanzó un mayor promedio de fibra con un valor de 4,45% y M1 (Stout-negra) obtuvo un menor promedio con un valor de 3,27%.

Ceniza

Mediante la prueba estadística de Tukey al $P < 0,05$, en la que se presentaron gráficas de cajas y bigotes para la variable ceniza (figura 3), se ordenaron los resultados en dos rangos, donde M1 y M2 no difirieron estadísticamente entre sí, pero sí difirieron de M3, que alcanzó un mayor promedio de ceniza con un valor de 1,13% y M2 (bagazo de cerveza rubia) obtuvo un menor promedio con un valor de 0,98%.

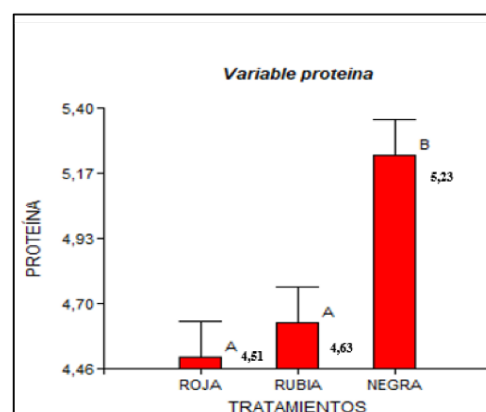


Figura 1. Comparación de medias según Tukey para proteína. Medias con una letra común no fueron significativamente diferentes ($P > 0,05$).

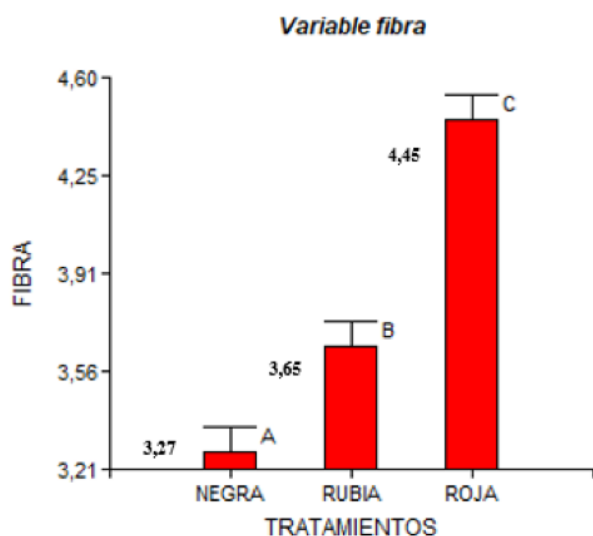


Figura 2. Comparación de medias según Tukey para fibra. Medias con una letra común no fueron significativamente diferentes ($P>0,05$).

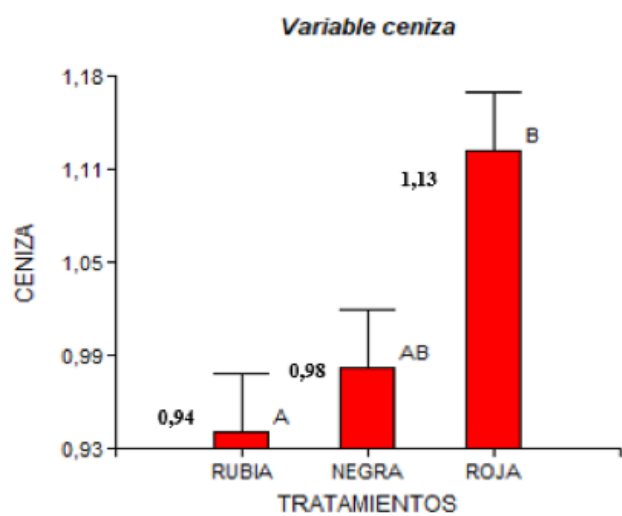


Figura 3. Comparación de medias según Tukey para ceniza. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P>0,05$).

Materia seca

La comparación de Tukey al $P<0,05$ se muestran en gráficos de cajas y bigotes para la variable materia seca (figura 4), donde se ordenó los resultados en dos rangos, donde M1 y M3 no difirieron estadísticamente entre sí, pero si difirieron de M2 (bagazo de cerveza Imperial-rubia) el mismo que alcanzó un menor promedio de materia seca con un valor de 31,84%, seguido de M1 (bagazo de cerveza Stout-negra) con 35,26% y

por último M3 (bagazo de cerveza Guayacán-roja) obtuvo un mayor promedio con un valor de 36,99%.

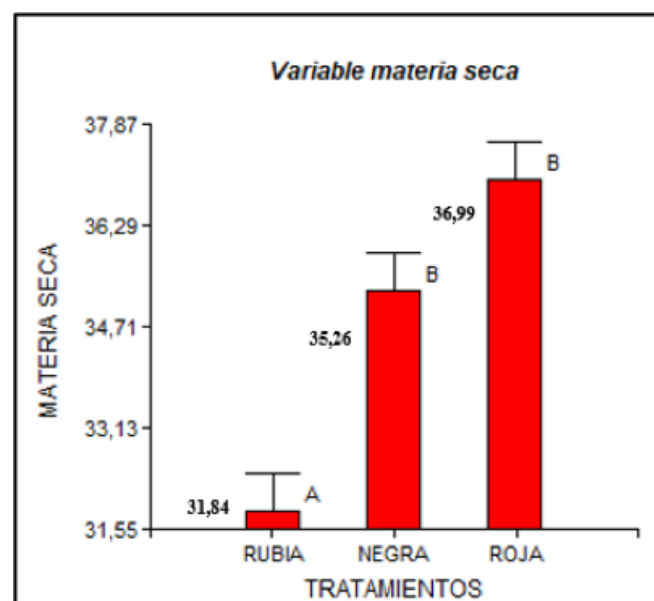


Figura 4. Comparación de medias según Tukey para materia seca. Medias con una letra común no fueron significativamente diferentes ($P>0,05$).

El sustrato empleado en la investigación contuvo la mayor parte de los nutrientes que necesitó la planta de café para su buen desarrollo, en particular el fósforo (Sadeghian y Ospina-Penagos, 2021) y el potasio (Farfan y Baute, 2020). También es rico en materia orgánica (más del 10% de su composición) y las cantidades de otros elementos químicos fueron también altas. No obstante, todos los bioestimulantes promovieron tanto la germinación como el crecimiento vegetativo (altura y diámetro del tallo) de las plantas hasta valores significativamente superiores al testigo que solo recibió agua.

El proceso de maceración, en la que según Liñán et al. (2014) es una etapa térmica donde se realiza la extracción de los azúcares fermentables de los materiales sólidos, en la cual se debe controlar la temperatura, tiempo y pH para que las enzimas cumplan dicha extracción para cada tipo de cerveza, al no controlar adecuadamente cada parámetro, lo cual afectaría directamente el sabor y color del producto final, se puede verificar que antes del macerado la mezcla mantiene sus componentes originales mientras que en el proceso se degrada el almidón para que este sea fuente de alimento para las levaduras y su posterior fermentación, cabe mencionar que la investigación se delimitó hasta la recolección de los residuos sólidos provenientes de la maceración.

Los resultados obtenidos de proteína fueron inferiores a los que reportó Medina et al. (2018) quien realizó un análisis químico proximal en residuos sólidos de cerveza artesanal (clara, ámbar y oscura) obteniendo valores con un rango de 10,91 a 10,93%. Hay

que tomar en consideración que el porcentaje de proteína presente en las mezclas de la materia prima sin procesar para los tres tipos de cerveza tuvieron valores entre 8,12% y 9,60%; puntualizando que estos valores iniciales dependieron exclusivamente de la calidad de los granos y componentes utilizados. Además, los resultados también demostraron que del 100% de la proteína presente en las materias primas sin procesar, quedó el 54,23% en el bagazo de la cerveza Stout-negra, 57,02% para Imperial-rubia, y 48,7% para Guayacán-roja, lo cual indicó que el porcentaje restante fue aprovechado durante el proceso de maceración en la elaboración de cerveza.

En el análisis de fibra realizado se denotó que estos están en los límites permisibles para su aprovechamiento, según la investigación que realizó Tarsicio et al. (2018) sobre un análisis químico en residuos sólidos de cerveza artesanal con un 4,91% en fibra. Los porcentajes de fibra presente en los mostos (con relación a los porcentajes presentes en la materia prima) fueron 58% para la cerveza Stout-negra, 77,83% para Imperial-rubia y 71% para Guayacán-roja, evidenciándose que en la cerveza Stout-negra se aprovecharon los mayores porcentajes de este componente en el proceso de maceración de la materia prima.

En cuanto a la variable ceniza los valores obtenidos fueron inferiores a los publicados por Coronado et al. (2020) quien realizó una caracterización físico-química y análisis SEM-EDX del grano gastado de la industria cervecera artesanal obteniendo un valor de 4,05% (clara, ámbar y oscura) obteniendo valores con un rango de 2,24 a 2,67%. Así mismo los resultados fueron inferiores a los reportados por Jurado (2018), que investigó el aprovechamiento del bagazo de malta de cebada como insumo en la elaboración de una barra de cereales alta en fibra y obtuvo un valor de ceniza de 2,78%; cabe mencionar que este autor realizó una caracterización del bagazo antes de ser utilizado.

Al igual que en los parámetros anteriormente evaluados se detalla que los porcentajes de ceniza presente en los mostos (con relación a los porcentajes presente en la materia prima) dieron resultados de 53% para la cerveza Stout-negra, 58% para Imperial-rubia y 65% para el mosto de cerveza Guayacán-roja, evidenciándose también que en la cerveza Stout-negra disminuyó el 47% de ceniza del total inicial, siendo el porcentaje más alto en comparación a los anteriores.

Al igual que los parámetros anteriores al comparar los valores obtenidos con los publicados por Medina et al. (2018) quien realizó un análisis químico proximal en residuos sólidos de cerveza artesanal (clara, ámbar y oscura) se evidenció que fueron inferiores a los reportados en la presente investigación debido a que este obtuvo valores entre 83,17 a 84,05%. Además, los resultados de la investigación también demostraron que del

100% de la materia seca presente en las materias primas sin procesar, quedó el 38,7% en el bagazo de la cerveza Stout-negra, 34,9% para Imperial-rubia, y 40,25% para el bagazo de cerveza Guayacán-roja, siendo el bagazo de M1 el que disminuyó un mayor porcentaje de este componente en comparación a los otros dos tipos de bagazo.

Conclusiones

Al representar el bagazo aproximadamente el 85% de los residuos y en promedio el 31% del peso original de la malta utilizada durante el proceso de elaboración de cerveza artesanal se concluye que: a pesar de que este es un efluente y en ciertos casos considerado como un contaminante potencial para el ambiente, los resultados demostraron que el bagazo procedente de M1 (bagazo de Stout-negra) obtuvo mayores porcentajes de proteína y ceniza, M3 (bagazo de Guayacán-roja) reportó los mayores valores en porcentaje de fibra y de materia seca, siendo M2 (bagazo Imperial-rubia) la que consiguió los menores porcentajes en todos los parámetros evaluados. Los valores antes descritos permiten que estos derivados de la elaboración de la cerveza puedan ser empleados en la agroindustria. Entre los diferentes procesos de producción de cerveza artesanal (stout-negra, imperial-rubia, guayacán-roja), no existe diferencia significativa en la composición química entre los tres tipos de residuos analizados, aunque se mantiene una importante cantidad de proteína, fibra, ceniza y materia seca que puede ser utilizado para sub-producto.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la presente publicación en ninguna de sus fases.

Referencias bibliográficas

- Aquilani, B., Laureti, T., Poponi, S. and Secondi, L. (2015). Beer choice and consumption determinants when craft beers are tasted: An exploratory study of consumer preferences. *Food Quality and Preference*, 41, 214-224. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.12.005>
- Balli, D., Bellumori, M., Orlandini, S., Cecchi, L., Mani, E., Pieraccini, G., Mulinacci, N. and Innocenti, M. (2020). Optimized hydrolytic methods by response surface methodology to accurately estimate the phenols in cereal by HPLC-DAD: The case of millet. *Food Chemistry*, 303, 125393. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125393>
- Cury, K., Aguas, Y., Martinez, A., Olivero, R. y Ch, L. C. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 9(S1), 122-132. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.nS.2017>

- Coronado, A., Montero, G., Montes, G., Valdez, B., Ayala, R., García, C. y Moreno, A. (2020). Caracterización físico-química y análisis SEM-EDX del grano gastado de la industria cervecera artesanal. *Sostenibilidad*, 12(18), 7744. <https://doi.org/10.3390/su12187744>
- García, M. (2017). *Los residuos de cerveza como fuente de antioxidantes naturales*. Tesis de maestría. Universidad Politécnica de Cataluña. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/115468/Los%20residuos%20de%20cerveza%20como%20fuente%20de%20antioxidantes%20naturales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Garavaglia, C. and Swinnen, J. (2017). The craft beer revolution: An international perspective. *Choices*, 32(3), 1-8. <https://www.jstor.org/stable/90015005>
- Giovenzana, V., Beghi, R. and Guidetti, R. (2014). Rapid evaluation of craft beer quality during fermentation process by vis/NIR spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, 142, 80-86.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 540. (INEN) (1980). *Alimentos para animales*. Determinación de la pérdida por calentamiento. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/540.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 541. (INEN) (1980). *Alimentos para animales*. Determinación de la materia grasa. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/541.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica (INEN). (1980). Ecuatoriana NTE INEN 542. *Alimentos para animales*. Determinación de la Fibra Cruda. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/542.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 543. (INEN) (1980). *Alimentos para animales*. Determinación de la proteína cruda. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/543.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 544. (INEN) (1980). *Alimentos para animales*. Determinación de las Cenizas. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/544.pdf>
- Kirin Beer University Report, (2015). *Kirin Beer University Report Global Beer Consumption by Country in 2014 | News Releases | Kirin Holdings*.
- Liñán-Montes, A., De la Parra-Arciniega, S. M., Garza-González, M. T., García-Reyes, R. B., Soto-Regalado, E. and Cerino-Córdova, F. J. (2014). Characterization and thermal analysis of agave bagasse and malt spent grain. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 115(1), 751-758.
- Medina-Saavedra, T., Arroyo-Figueroa, G., Herrera-Méndez, C., Gantes-Alcántar, M., Mexicano-Santoyo, L. y Mexicano-Santoyo, A. (2018). Análisis químico proximal en residuos sólidos de cerveza artesanal y su aceptación en cerdas. *Abanico Veterinario*, 8(3), 86-93. <https://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.83.6>
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. (2019). *Alimentos Argentinos*. Disponible en http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/Revista/AA_76.pdf
- Monteiro, C., Malavazi, B., Mendes, M., Berwig, K., Raniero, G., Monteiro, A. and Clifford, M. (2019). Biomaterial based on brewing waste and vegetable resin: Characterization and application in product design. *Chemical Engineering Transactions*, 75, 475-480. <https://www.cetjournal.it/index.php/cet/article/view/CET1975080>
- Nigam, P. (2017). An overview: Recycling of solid barley waste generated as a by product in distillery and brewery. *Waste Management*, 62, 255-261. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.02.018>
- Onofre, B., Bertoldo, C., Abatti, D. and Refosco, D. (2018). Physicochemical characterization of the brewers' spent grain from a brewery located in the southwestern region of Paraná-Brazil. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 5(9). <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.5.9.3>
- Pinheiro, T., Coelho, E., Romani, A. and Domingues, L. (2019). Intensifying ethanol production from brewer's spent grain waste: Use of whole slurry at high solid loadings. *New Biotechnology*, 53, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2019.06.005>
- Sheldon, R. A. (2016). Green chemistry, catalysis and valorization of waste biomass. *Journal of Molecular Catalysis. A, Chemical*, 422, 3-12. <https://doi.org/10.1016/j.molcata.2016.01.013>

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Oscar Luis Torres Barberán	Diseño de la investigación; revisión bibliográfica; análisis e interpretación de los datos; edición y preparación del manuscrito; corrección de estilo.
Wagner Antonio Gorozabel Muñoz	Diseño de la investigación; análisis estadístico e interpretación de los datos.