



INNOTEC
ISSN: 1688-3691
ISSN: 1688-6593
innotec@latu.org.uy
Laboratorio Tecnológico del Uruguay
Uruguay

DE LA ROSA AGUILAR, ANA CRISTINA; FIGUEROA-GONZÁLEZ, JUAN JOSÉ; CRUZ GUILLÉN, FRANCISCO JAVIER; LEYVA MALDONADO, ARELI; ÁVILA ONTIVEROS, MARTHA

Propiedades fisicoquímicas de cerveza artesanal a partir de malta de cebada y malta de quinua con zorzamora deshidratada

INNOTEC, núm. 29, e666, 2025, Enero-Junio
Laboratorio Tecnológico del Uruguay
Montevideo, Uruguay

DOI: <https://doi.org/10.26461/29.02>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=606182066002>

- ▶ [Cómo citar el artículo](#)
- ▶ [Número completo](#)
- ▶ [Más información del artículo](#)
- ▶ [Página de la revista en redalyc.org](#)

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de revistas científicas de Acceso Abierto diamante
Infraestructura abierta no comercial propiedad de la academia

Propiedades fisicoquímicas de cerveza artesanal a partir de malta de cebada y malta de quinua con zarzamora deshidratada

Physicochemical properties of craft beer from barley malt and quinoa malt with dehydrated blackberry

Propriedades físico-químicas de cerveja artesanal elaborada com malte de cevada e malte de quinua com amora desidratada

ANA CRISTINA DE LA ROSA AGUILAR (1)

JUAN JOSÉ FIGUEROA-GONZÁLEZ (2)

FRANCISCO JAVIER CRUZ GUILLÉN (1)

ARELI LEYVA MALDONADO (1)

MARTHA ÁVILA ONTIVEROS (1)

- (1) Departamento de Ingeniería en Industrias Alimentarias (IIA), Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte (ITSZN). Río Grande, Zacatecas, México.
- (2) Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas. Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México.

RECIBIDO: 14/8/2024 → APROBADO: 1/4/2025 ✉ figueroa.juan@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue desarrollar cerveza artesanal de malta de cebada y malta de quinua con fruta deshidratada y evaluar las propiedades fisicoquímicas. Se realizaron diez tratamientos (malta de cebada-malta de quinua) de cerveza; en los cuales se analizaron el color, las antocianinas, el pH, la acidez titulable total (ATT), la acidez volátil, el alcohol y la densidad. En color, se obtuvieron resultados de L^* (luminosidad) de 25.26 a 39.84, a^* (rojo-verde) de 1.85 a 7.11 y para b^* (azul-amarillo) de 9.38 a 15.76. El contenido de antocianinas fue de 8.81 a 17.14 mg de cianidina 3-glucósido/L. El pH fue estadísticamente igual ($p \leq 0.05$) en todos los tratamientos. El contenido de alcohol alcanzó hasta 7.13 % v/v. La cerveza artesanal es aceptable debido a que la adición de la malta de quinua y zarzamora deshidratada no afectaron la calidad en antocianinas, acidez titulable total, pH, contenido alcohólico y acidez volátil de la cerveza artesanal.

Palabras clave: antocianinas, bebida alcohólica, contenido de alcohol, malta.

ABSTRACT

This work aimed to develop a malt-barley and malta-quinoa craft beer with dehydrated fruit and evaluate the physicochemical properties. Ten treatments (barley-quinoa) of beer were carried out and analyzed; the different treatments were analyzed for color, anthocyanins, pH, total titratable acidity (ATT), volatile acidity, alcohol and density. In color, results were obtained for L^* (luminosity) from 25.26 to 39.84, a^* (red-green) from 1.85 to 7.11 and b^* (blue-yellow) from 9.38 to 15.76. The anthocyanin content was 8.81 to 17.14 mg of cyanidin 3-glucoside/L. The pH was statistically the same ($p \leq 0.05$) in all treatments. The alcohol content reached up to 7.13 % v/v. The craft beer is acceptable because adding quinoa malt and dehydrated blackberry did not affect the quality of anthocyanins, total titratable acidity, pH, alcohol content and volatile acidity of the craft beer.

Keywords: anthocyanins, alcoholic beverage, alcohol content, malt.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma cerveja artesanal de malte de cevada e malte de quinoa com frutas desidratadas e avaliar as propriedades físico-químicas. Foram realizados e analisados dez tratamentos (cevada-quinoa) de cerveja; os diferentes tratamentos foram analisados quanto à cor, antocianinas, pH, acidez total titulável (ATT), acidez volátil, álcool e densidade. Na cor, foram obtidos resultados para L^* (luminosidade) de 25.26 a 39.84, a^* (vermelho-verde) de 1.85 a 7.11 e para b^* (azul-amarelo) de 9.38 a 15.76. O teor de antocianinas foi de 8.81 a 17.14 mg de cianidina 3-glicosídeo/L. O pH foi estatisticamente igual ($p \leq 0.05$) em todos os tratamentos. O teor alcoólico atingiu até 7.13 % v/v. A cerveja artesanal é aceitável porque a adição de malte de quinoa e amora desidratada não afetou a qualidade em antocianinas, acidez total titulável, pH, teor alcoólico e acidez volátil da cerveja artesanal.

Palavras-chave: antocianinas, bebida alcoólica, teor alcoólico, malte.

INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un pseudocereal y una de las plantas más antiguas cultivadas en el continente americano, con evidencias arqueológicas que datan de 5000 a 3000 a.C. (Schmidt et al., 2021). La quinua tiene un alto perfil nutricional, con un 10-18 % de proteínas y un 4.1-8.8 % de grasas. Es ideal para pacientes celíacos porque no contiene gluten. La planta entera puede utilizarse como alimento tanto para humanos como para el ganado (Afzal et al., 2022). Por otro lado, la producción de maltas con propiedades de procesamiento y sabor mejoradas podría impulsar el desarrollo de una amplia gama de productos a base de malta en la industria de alimentos y bebidas, y ampliar las aplicaciones de estos pseudocereales. Se dispone de datos limitados sobre el malteado de quinua (Almaguer et al., 2024); además, en los últimos años de estudio, la cerveza a base de quinua se ha caracterizado por poseer compuestos aromáticos exclusivos, pureza en sabor, aroma, textura y el amargor típico, todos ellos satisfactorios

para los consumidores. A pesar de ser un alimento libre de gluten, la quinua también aporta un alto contenido de proteínas, lo que se traduce en tiempos de filtración largos y se asocia a problemas de fermentación durante la elaboración de la cerveza (López-Rodríguez et al., 2024).

Las zarzamoras se consumen normalmente frescas o procesadas en jugo. Se consideran una excelente fuente de antioxidantes y pueden incluirse en la lista de frutas con los beneficios nutricionales más importantes (Halim et al., 2022). La cerveza artesanal se compone básicamente de cuatro ingredientes principales: agua, malta, lúpulo y levadura (Ambra et al., 2021; Cunha et al., 2023). Posteriormente a la fermentación, se forma alcohol y CO₂ (Cunha et al., 2023). La malta y el lúpulo contienen naturalmente compuestos fenólicos; sin embargo, durante la producción de cerveza, estas moléculas sufren modificaciones químicas y se forman nuevas moléculas que influyen tanto en el rendimiento como en las características finales de una cerveza. El aroma, los sabores, el gusto, la astringencia, el cuerpo y la plenitud son el resultado de la actividad metabólica de los microorganismos sobre las materias primas, y aquí se resumen las evidencias científicas que sugieren que todos ellos están influenciados por el contenido de fenoles (Ambra et al., 2021).

Por lo tanto, sería interesante añadir las frutas y otros adjuntos no malteados siempre durante las etapas frías de la producción de cerveza (fermentación o maduración) para enriquecer la bebida con compuestos de interés (Cunha et al., 2023). La cerveza es la bebida milenaria más consumida en el mundo. En 2021 su producción alcanzó los 1.860 millones de hectolitros, siendo China, Estados Unidos y Brasil los principales países fabricantes (PaucarMenacho, 2022).

La popularidad de la cerveza artesanal suscita un interés creciente en varios países y ofrece alternativas a la producción de cerveza convencional. En Europa, América del Sur y América del Norte, la cerveza artesanal es muy conocida; de hecho, se trata de uno de los segmentos en crecimiento en el sector de las bebidas. Este aumento está asociado con la "generación millennial" (personas de entre 21 y 30 años), que se percibe interesada en explorar nuevos sabores de cerveza y dispuesta a pagar precios más altos. Los bebedores de cerveza artesanal están particularmente interesados en probar sabores diferentes a los habituales y conocidos productos comerciales (Einfalt, 2021).

Por otro lado, múltiples estudios de investigación epidemiológica reportan que un consumo moderado de cerveza disminuye la mortalidad cardiovascular debido a cambios en el perfil lipídico y aumenta la capacidad antioxidante. Además, el consumo regular y moderado de cerveza se asocia con un menor riesgo de enfermedad de Alzheimer, diabetes y osteoporosis. En consumidores moderados de cerveza, se ha encontrado una disminución del 20 al 25 % en la tasa de mortalidad por enfermedad coronaria. Todos estos beneficios se atribuyen a los nutrientes de las materias primas y a los creados durante el propio proceso de elaboración de la cerveza (Cadenas et al., 2021).

Tradicionalmente, la cerveza se prepara a partir de la fermentación de cereales malteados (generalmente cebada), lúpulo, levadura y agua, dando como resultado una bebida alcohólica con un sabor amargo característico. Sin embargo, la fórmula puede variar según la región, adaptándose a las preferencias y necesidades del consumidor. Las cervezas presentan valores de pH de 2 a 5, el contenido de alcohol (% v/v) es de 2 a 20 %, la acidez total presenta un máximo valor de 10 g de ácido láctico/L y la acidez volátil debe

de estar por debajo de 1.2, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (Estados Unidos Mexicanos. Secretaría de Economía. Dirección General de Normas, 2017). Hoy en día la industria busca materias primas que produzcan bebidas con sabores únicos, al mismo tiempo que los consumidores buscan opciones de alimentos más saludables y nutritivos (PaucarMenacho, 2022). Bajo este contexto el objetivo de este trabajo fue desarrollar cerveza artesanal de malta de cebada y malta de quinua con fruta deshidratada y evaluar las propiedades fisicoquímicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo de la investigación se realizó en el laboratorio de alimentos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Zacatecas (22° 54' N, 102° 39' O), Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México, con una altitud de 2 197 msnm, donde se evaluaron 10 diferentes tratamientos de cerveza artesanal con diferentes mezclas de malta de cebada-malta de quinua saborizada con o sin polvo deshidratado de zarzamora (Tabla 1).

TABLA 1. Tratamientos de cerveza artesanal con malta de cebada y malta de quinua saborizada con o sin polvo deshidratado de zarzamora.

Tratamiento de cerveza artesanal	Malta de cebada (%)	Malta de quinua (%)	Con o sin zarzamora
T1	100	0	con
T2	100	0	sin
T3	90	10	con
T4	90	10	sin
T5	80	20	con
T6	80	20	sin
T7	70	30	con
T8	70	30	sin
T9	30	70	con
T10	30	70	sin

Obtención de la malta de quinua

Los granos de quinua se adquirieron en el mercado local. Se limpiaron de impurezas (paja) y se lavaron con agua destilada en tres ocasiones; el agua de deshecho se eliminó con apoyo de un colador. Después, se realizó la hidratación de los granos en una relación de 1:1.5 (quinua: agua) y se dejaron reposar dentro de la estufa de secado (Fisher Scientific, Modelo 655G, U.S.A.) por 44 h a 30 °C. Posteriormente, los granos de quinua se colocaron

en bandejas de acero inoxidable para dejarlos germinar a 22-23 °C por 26 h. Los granos de quinua se llevaron al secador durante 53 h a 50 °C hasta alcanzar una humedad de 5 a 7 % y así proceder con el quebrado del grano. En tanto, la malta de cebada (Canada Malting Superior Pale Ale), importada y distribuida por BEERMEX, fue adquirida en línea para el desarrollo del proyecto.

Preparación de la cerveza artesanal

La preparación de la cerveza artesanal se realizó de acuerdo con el protocolo de Deželak et al. (2014). El agua (4 L) se calentó (90 °C) para agregar las diferentes mezclas de las maltas en una proporción de 0.65 g de malta/2.5 L agua. La mezcla formada se calentó a 67 °C por 60 min para formar el mosto. Posteriormente, el mosto se filtró y se dejó en maceración a 80 °C por 90 min. Durante el tiempo de la maceración, se agregó en dos partes el lúpulo (1 g/L); la primera adición del lúpulo fue a los 40 min y la segunda adición fue a los 65 min. Después con un baño de agua fría se bajó la temperatura a 23 °C. Se agregó la bentonita (4 g diluidos en 300 mL del mosto) y también se activó la levadura. Se vertió con mucho cuidado la cerveza en recipientes de vidrio (ocupando la mitad del recipiente), a los cuales se les acopló una trampa de aire rústica. Por otro lado, la fruta deshidratada fue previamente triturada en grandes trozos con ayuda del mortero y se adicionó 20 g/L a la cerveza. Transcurridos 8 días de fermentación se realizó el trasiego y se procedió al envasado. Previamente al envasado, se preparó una solución de sacarosa (4 g/L) que se agregó a la botella de cerveza antes de sellarla.

Propiedades fisicoquímicas en la cerveza

Color. Se colocó una muestra de cerveza en una caja Petri, se midió con el colorímetro en cinco puntos distintos y se reportaron los valores de L , a^* y b^* .

Antocianinas totales. La cuantificación de antocianinas totales se realizó según el método desarrollado por Abdel-Aal y Hucl (1999). En un tubo Falcon se pesaron 50 mg de cerveza y se agregaron 24 mL de etanol acidificado. La muestra se agitó en un vórtex a 8000 rpm/30 min. Se determinó el pH y de ser necesario se ajustó el pH a 1 con HCl 4.0 N. La muestra se centrifugó a 5000 rpm/15 min. En matraces aforados de 50 mL se recuperó el sobrenadante y se aforó con etanol acidificado. Se agitó vigorosamente y se leyó en el espectrofotómetro a una absorbancia de 535 nm. El contenido de antocianinas totales se reportó como mg de cianidina 3-glucósido/L de muestra.

Acidez titulable total (ATT). La cerveza (60 mL) se desgasificó por 5 min. Se agregaron 3 gotas de azul de bromotimol y se tituló con NaOH 0.1 N y el proceso terminó hasta que viró a un color azul verde. Los datos se reportaron como acidez total (g de ácido láctico/L).

Acidez volátil (AV). Se midieron 10 mL de cerveza desgasificada, 250 mL de agua destilada y 0.30 mg de ácido cítrico. La muestra se destiló hasta recolectar 100 mL del destilado. Al destilado se le agregaron tres gotas de fenolftaleína y se tituló con NaOH

0.1 N hasta obtener un vire rosa pálido. Se anotaron los mL de NaOH gastados y la acidez volátil se reportó como g de miliequivalentes de ácido láctico/L.

Contenido de alcohol. En un matraz aforado se midieron 250 mL de cerveza (20 °C) y se vertieron en un matraz bola de 1000 mL. El matraz aforado se lavó tres veces con 50 mL de agua destilada y en cada lavado, la porción se agregó al matraz de destilación. Después, la cerveza se neutralizó con 10 mL de óxido de calcio y una gota de antiespumante. La muestra se colocó en el destilador y el proceso terminó cuando se recuperaron 200 mL. La muestra se dejó enfriar a 20 °C, se aforó con agua destilada (20 °C) y se vertió en una probeta de 250 mL. Se colocó el alcoholímetro, se midió y se reportaron los datos como contenido de alcohol en % v/v.

Análisis estadístico

Se realizó un diseño completamente al azar. Todos los análisis se realizaron por triplicado, y los resultados se expresaron como media \pm desviación estándar. Los resultados de los análisis fueron sometidos a un Análisis de Varianza y se realizó la prueba de medias de Tukey con un nivel de significancia del $p \leq 0.05$ (SAS Institute, 2023).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Color

En la Figura 1 se presentan las diferentes cervezas artesanales de malta de cebada-malta de quinua. Los tratamientos T1, T3, T5, T7 y T9 presentaron colores más rojizos debido a la presencia de zarzamora. Las muestras T2, T4, T6, T8 y T10 presentaron colores ámbar debido a que no contienen fruta.

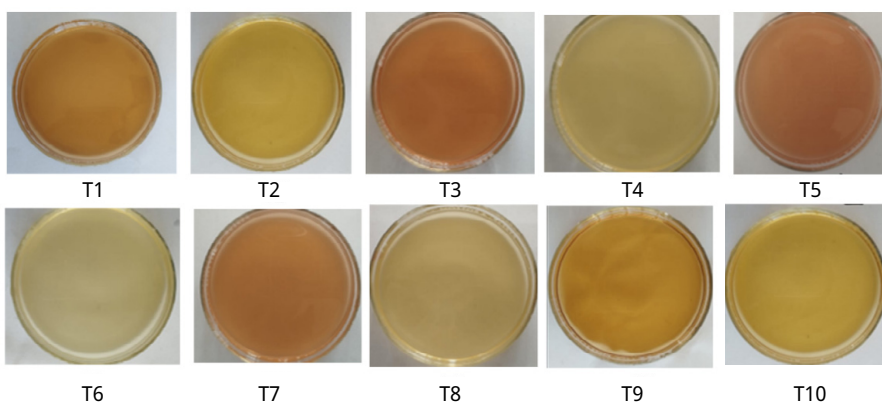


FIGURA 1. Colorimetría en las diferentes cervezas artesanales de malta de cebada-malta de quinua con o sin zarzamora.

En la Tabla 2 se aprecia la colorimetría de los diferentes tratamientos de cerveza artesanal. Los valores de L^* fueron mayores en T1 con respecto a T3, T5, T7 y T9, tratamientos que tienen zarzamora. Sin embargo, los valores de luminosidad disminuyen cuando no se agrega zarzamora a la cerveza; el T2 presentó menores valores de L^* con respecto a T4, T6, T8 y T10. Por lo tanto, T6 y T8 fueron estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$) a los otros tratamientos, mientras que el T3 presentó el valor más bajo de luminosidad. Los valores de a^* en T1 presentan un color rojizo, el cual se adopta en mayor proporción en T3 y T5. Este color disminuye en T7 y T9, que contienen entre 20 y 10 % de malta de quinua con zarzamora, respectivamente. Además, los valores de a^* en T2 disminuyen conforme disminuye la concentración de malta de cebada. El parámetro b^* presentó valores positivos en los diferentes tratamientos. El T2, T3 y T4 fueron estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$) con valores mayores al T7, T8 y T10. Asimismo, los valores de b^* incrementan en T3 y T5 con respecto al T1, es decir, tornan un color azulado, el cual disminuye conforme se reduce la cantidad de malta de quinua en T7 y T9. La cerveza de malta de cebada-malta de quinua que no contiene zarzamora disminuye significativamente ($p \leq 0.05$) en los diferentes tratamientos con respecto a T2.

TABLA 2. Colorimetría en las diferentes cervezas artesanales de malta de cebada-malta de quinua con o sin zarzamora.

Tratamiento	L^*	a^*	b^*
T1	33.6 ± 1.1bc	6.1 ± 0.0b	14.5 ± 0.5ab
T2	28.3 ± 1.5cd	7.1 ± 0.2a	14.8 ± 0.6ab
T3	33.3 ± 0.4bc	2.3 ± 0.1de	11.1 ± 0.3cde
T4	33.4 ± 1.2bc	2.6 ± 0.3d	11.6 ± 0.7cd
T5	38.5 ± 0.5a	1.9 ± 0.2de	9.3 ± 1.0e
T6	30.8 ± 1.0c	1.8 ± 0.2e	10.7 ± 0.5de
T7	39.8 ± 2.3a	3.9 ± 0.5c	12.7 ± 0.9bc
T8	28.9 ± 0.4c	6.0 ± 0.1b	15.1 ± 0.7a
T9	32.8 ± 2.4c	6.9 ± 0.2a	14.6 ± 0.7ab
T10	25.2 ± 1.6d	6.6 ± 0.3ab	15.7 ± 0.1a

Los valores promedio en las columnas con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$) de la prueba de medias de Tukey.

Antocianinas totales

En la Figura 2 se observan los niveles de antocianinas presentes en los diferentes tratamientos de cerveza. El T1 presentó valores más altos de antocianinas con respecto al T3 (90 % de malta de cebada y 10 % de malta de quinua) y T5 (80 % de malta de cebada y 20 % de malta de quinua); pero el T1 disminuye los valores de antocianinas en T7 y T9,

es decir en cervezas que presentan mayor concentración de quinua, 30 y 70 % de quinua, respectivamente. La misma tendencia la presentó el T2 (17.1 mg de cianidina 3-glucósido/L de muestra), en relación con T4, T6, T8 y T10, cervezas sin adición de zarzamora. Los altos valores de antocianinas en T2 pueden ser resultado del color puro de la cerveza por su malta base y por los altos valores de b^* (Tabla 2). El contenido de antocianinas en las diferentes cervezas de malta de cebada-malta de quinua les aporta cierta funcionalidad, es decir, pueden ser caracterizadas como cervezas funcionales, principalmente en las elaboradas con 30 % de malta de cebada y 70 % de malta de quinua.

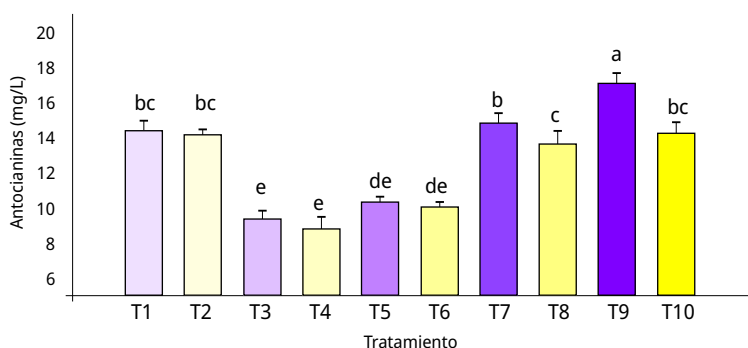


FIGURA 2. Antocianinas totales (mg de cianidina 3-glucósido/L de muestra) en los diferentes tratamientos de cerveza artesanal de malta de cebada-malta de quinua con o sin zarzamora. Letras minúsculas diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la prueba de medias de Tukey.

pH y acidez titulable total (ATT)

El pH en las cervezas que incluían zarzamora en la producción presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$). El T9 presentó los valores de pH más bajos, siendo estadísticamente diferente ($p \leq 0.05$) a T1, T3, T5 y T7 (Tabla 3). Asimismo, las cervezas de malta de cebada-malta de quinua que no contenían zarzamora también presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$); siendo el T10 el que mostró los valores más bajos de pH con respecto a T2, T4, T6 y T8 (Tabla 3).

Por otro lado, en la ATT los tratamientos fueron significativamente diferentes ($p \leq 0.05$). El T1, T3, T4, T5, T6, T7 y T9 fueron estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$); pero estadísticamente diferentes a T2, a T8 y T10. El valor de ATT aumenta cuando se utiliza malta de cebada y malta de quinua al 30 y 70 %, respectivamente; esto es en cervezas con zarzamora. En tanto, las cervezas T2 y T10 que no contenían zarzamora presentaron la misma tendencia que aquella que incluía zarzamora en la formulación. Además, las diferentes cervezas de malta de cebada-malta de quinua presentan valores de pH y ATT dentro del rango marcado por la Norma Oficial Mexicana (Estados Unidos Mexicanos. Secretaría de Economía. Dirección General de Normas, 2017).

TABLA 3. pH y acidez titulable total (ATT, expresado en g de ácido láctico/L) en las diferentes cervezas artesanales de malta de cebada-malta de quinua con o sin zarzamora.

Tratamiento	pH	Acidez titulable total (g ácido láctico/L)
T1	3.9 ± 0.06ab	0.15 ± 0.01cd
T2	4.2 ± 0.22a	0.22 ± 0.0b
T3	4.3 ± 0.16a	0.13 ± 0.00cd
T4	3.8 ± 0.16ab	0.11 ± 0.01d
T5	3.9 ± 0.17ab	0.10 ± 0.00d
T6	4.3 ± 0.23a	0.14 ± 0.02cd
T7	4.4 ± 0.22a	0.11 ± 0.01d
T8	3.7 ± 0.19bc	0.26 ± 0.01a
T9	3.3 ± 0.16c	0.11 ± 0.01d
T10	2.4 ± 0.09d	0.17 ± 0.01c

Los valores promedio en las columnas con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$) de la prueba de medias de Tukey.

Acidez volátil (AV)

La AV presentó valores de 0.11 ± 0.001 a 0.47 ± 0.001 g de miliequivalentes de ácido láctico/L (Figura 3). Los diferentes tratamientos presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$). En cervezas con sabor a zarzamora el T1 incrementó los valores de AV en T3 (malta de cebada-malta de quinua, 90-10 %) y en T9 (malta de cebada-malta de quinua, 70-30 %), pero disminuyó significativamente ($p \leq 0.05$) en T5 (malta de cebada-malta de quinua, 80-20 %) y T7 (malta de cebada-malta de quinua, 70-30 %). Las cervezas sin zarzamora presentaron valores altos de AV en T2 (malta de cebada, 100 %) y la AV disminuyó significativamente ($p \leq 0.05$) en T4 (malta de cebada-malta de quinua, 90-10 %). Además, los valores de AV incrementaron cuando la concentración de malta de cebada disminuyó y, a su vez, incrementó la concentración de malta de quinua en T6, T8 y T10. Los valores de AV en las diferentes cervezas de malta de cebada-malta de quinua permiten una mayor conservación y un mejor equilibrio de las bebidas.

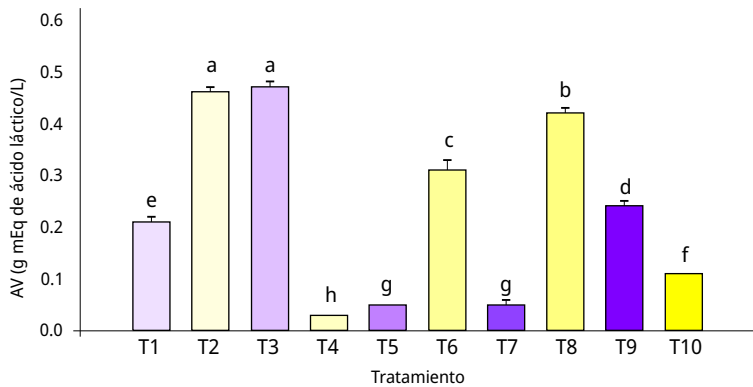


FIGURA 3. Acidez volátil (AV, g de miliequivalentes de ácido láctico/L) en los diferentes tratamientos de cerveza artesanal de malta de cebada-malta de quinua con o sin zarzamora. Letras minúsculas diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la prueba de medias de Tukey.

Alcohol

En la Figura 4 se pueden apreciar valores de 4.0 a 7.1 % v/v de alcohol en las diferentes cervezas artesanales. La cerveza con adición de zarzamora (T1) y la cerveza sin zarzamora (T4) fueron las que presentaron mayor contenido de alcohol. Es decir, las cervezas que presentaron mayor contenido de malta de cebada fueron las que presentaron el mayor contenido alcohólico y fueron estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$) entre sí. Asimismo, las cervezas que presentaron menor contenido de alcohol fueron la T2 (con zarzamora), T3, T5 y T9; las cuales no contenían zarzamora añadida y fueron estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$) al resto de los tratamientos. El contenido de alcohol puede aportar una mayor estabilidad en el almacenamiento y mayor maduración de aromas y sabores sensorialmente, aportando un mejor cuerpo a la cerveza.

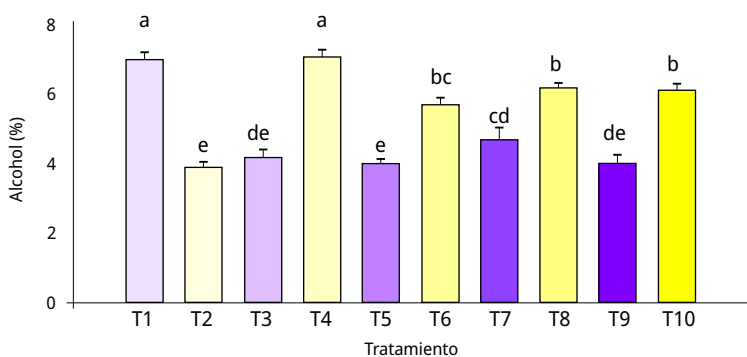


FIGURA 4. Contenido de alcohol (% v/v) en los diferentes tratamientos de cerveza artesanal de malta de cebada-malta de quinua con o sin zarzamora. Letras minúsculas diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la prueba de medias de Tukey.

CONCLUSIONES

Se mostraron cambios significativos en los parámetros de color debido al efecto de la adición de zarzamora deshidratada, proporcionando a la cerveza un tono más rojizo o ámbar (dependiendo de si presenta o no zarzamora). Asimismo, las diferentes concentraciones y mezclas de malta de cebada y malta de quinua son una alternativa para la producción de cerveza artesanal con un enfoque funcional, por su contenido en antocianinas. La cerveza artesanal de malta de cebada-malta de quinua con polvo de zarzamora deshidratada presentó una excelente calidad fisicoquímica (pH, acidez titulable total, acidez volátil y contenido de alcohol) de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana; lo cual le permite tener un mejor y mayor cuerpo. Además, el proceso de la cerveza artesanal de malta de cebada-malta de quinua (70-30 y 30-70 %) puede ser una alternativa comercial por sus propiedades fisicoquímicas.

REFERENCIAS

- Abdel-Aal, E. S. M. y Hucl. P., 1999. A rapid method for quantifying total anthocyanins in blue aleurone and purple pericarp wheats. En: *American Association of Cereal Chemists, Inc.*, 76(3), pp. 350-354. DOI: <https://doi.org/10.1094/CCHEM.1999.76.3.350>.
- Afzal, I.; Basra, S. M. A.; Rehman, H. U.; Iqbal, S. y Bazile, D., 2022. Trends and limits for quinoa production and promotion in Pakistan. En: *Plants*, 11(12), 1603. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11121603>.
- Almaguer, C.; Kollmannsberger, H.; Gastl, M., y Becker, T., 2024. Influence of the malting conditions on the modification and variation in the physicochemical properties and volatile composition of barley (*Hordeum vulgare* L.), rye (*Secale cereale* L.), and quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) malts. En: *Food Research International*, 196, 114965. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114965>.
- Ambra, R., Pastore, G., y Lucchetti, S. 2021. The role of bioactive phenolic compounds on the impact of beer on health. En: *Molecules*, 26(2), 486. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26020486>.
- Cadenas, R.; Caballero, I.; Nimubona, D. y Blanco, C. A., 2021. Brewing with starchy adjuncts: Its influence on the sensory and nutritional properties of beer. En: *Foods*, 10(8), 1726. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10081726>.
- Cunha, A. C. D.; Lopes, N. D.; Barcia, M. T.; Sautter, C. K. y Augusto Ballus, C., 2023. Production and characterization of craft beers with different additions of native fruits and agro-industrial residues: a review. En: *Ciência Rural*, 53(9), e20220194. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20220194>.
- Deželak, M.; Zarnkow, M.; Becker, T. y Košir, I. J., 2014. Processing of bottom-fermented gluten-free beer-like beverages based on buckwheat and quinoa malt with chemical and sensory characterization. En: *Journal of the Institute of Brewing*, 120(4), pp. 360-370. DOI: <https://doi.org/10.1002/jib.166>.
- Einfall, D., 2021. Barley-sorghum craft beer production with *Saccharomyces cerevisiae*, *Torulaspota delbrueckii* and *Metschnikowia pulcherrima* yeast strains. En: *European*

- Food Research and Technology*, 247, pp. 385-393.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03632-7>.
- Estados Unidos Mexicanos. Secretaría de Economía. Dirección General de Normas, 2017. NOM-199-SCFI-2017: *Bebidas alcohólicas-denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba*. México: Dirección General de Normas.
- Halim, M. A.; Kanan, K. A.; Nahar, T.; Rahman, M. J.; Ahmed, K. S.; Hossain, H. y Ahmed, M., 2022. Metabolic profiling of phenolics of the extracts from the various parts of blackberry plant (*Syzygium cumini* L.) and their antioxidant activities. En: *Lwt*, 167, 113813. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113813>.
- López-Rodríguez, W. E.; Ramírez-Gutiérrez, J. L.; Valdiviezo, M. D. M.; Muñoz-Agreda, J. E.; Paredes-Barrios, K. S.; Ponce-Ramírez, J. A. y Aguirre, E., 2024. Evaluation of *Chenopodium quinoa* (Willdenow) malting conditions and supplementation on the quality of a Red Ale craft beer of Pilsen base malt and Caramel malt. En: *Journal of Cereal Science*, 104085. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2024.104085>.
- Paucar-Menacho, L. M.; Salvador-Reyes, R.; Castillo-Martinez, W. E.; Símpalo-López, W. D.; Verona-Ruiz, A.; Lavado-Cruz, A. y López-Rodríguez, W., 2022. Use of Andean pseudocereals in beer production. En: *Scientia Agropecuaria*, 13(4), pp. 395-410. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.036>.
- SAS Institute, 2023. SAS. Vers. 9.4. Cary: SAS Institute.
- Schmidt, D.; Verruma-Bernardi, M. R.; Forti, V. A. y Borges, M. T. M. R., 2021. Quinoa and amaranth as functional foods: A review. En: *Food Reviews International*, 39(4), pp. 2277-2296. DOI: <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1950175>.