



Conciencia Tecnológica
ISSN: 1405-5597
contec@mail.ita.mx
Instituto Tecnológico de Aguascalientes
México

Caracterización Físico-química de Cerveza Artesanal don Adjunto de Maíz Azul y Derivados de Caña de Azúcar

Castorena-García, J.H.; Juárez-Pérez, V.; Cano-Hernández, M.; Santiago-Santiago, V.; López-Mejía, O. A. Caracterización Físico-química de Cerveza Artesanal don Adjunto de Maíz Azul y Derivados de Caña de Azúcar

Conciencia Tecnológica, núm. 60, 2020

Instituto Tecnológico de Aguascalientes, México

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94465715001>

Caracterización Físico-química de Cerveza Artesanal don Adjunto de Maíz Azul y Derivados de Caña de Azúcar

Physical-chemical Characterization of Craft Beer with Addition of Blue Corn and Sugarcane Derivatives

J.H. Castorena-García
Tecnológico Nacional de México, México
jh.castorena@gmail.com

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94465715001>

V. Juárez-Pérez
Tecnológico Nacional de México, México

M. Cano-Hernández
Tecnológico Nacional de México, México

V. Santiago-Santiago
Tecnológico Nacional de México, México

O. A. López-Mejía
Tecnológico Nacional de México, México

Recepción: 07 Septiembre 2020
Aprobación: 04 Diciembre 2020

RESUMEN:

El consumo de cervezas artesanales está en crecimiento, se debe a los nuevos estilos, sabores y aromas únicos que muchas microcervecías están produciendo. El objetivo del estudio fue evaluar seis estilos de cerveza artesanal propuestos a partir de dos formulaciones, modificando las proporciones de malta de cebada con cascarilla de maíz azul y ajustando los sólidos solubles con sacarosa o dulce piloncillo. El estudio se realizó bajo un diseño en bloques denominados Fo-1 (levadura Imexa® y sacarosa) y Fo-2 (levadura Fermentis S-33® y piloncillo). Las proporciones de malta:cascarilla de maíz azul fueron 75:25, 50:50, 25:75. Las variables físico-químicas evaluadas fueron contenido de alcohol, amargor, color y fenoles totales. También, una evaluación sensorial (aroma, sabor y cuerpo) para conocer el gusto por los estilos propuestos. Los resultados fueron estadísticamente significativos ($0.05 \leq P$) para las variables evaluadas. Para Fo-2 se obtuvo cinco veces contenido de alcohol y 2.5 veces en color escala SRM, mientras que para Fo-1 se obtuvo 3.8 veces contenido de fenoles totales. Para amargor se obtuvo numéricamente ligera diferente debido a la misma cantidad de lúpulo utilizado en todos los estilos. Con respecto al análisis sensorial, Fo-2 mostró el doble de preferencia en los atributos evaluados.

PALABRAS CLAVE: cerveza artesanal, maíz azul, amargor, *Saccharomyces cerevisiae*, alcohol.

ABSTRACT:

The consumption of craft beers is expanding, this is due to the new styles, flavors and unique aromas that many microbreweries are producing. The aim of the study was to evaluate six styles of craft beer proposed from two formulations, modifying proportions of barley malt with blue corn husk and setting the soluble solids with sucrose or sweet brown sugar. A block design experimental was carried out where Fo-1 (Imexa® yeast and sucrose) and Fo-2 (Fermentis S-33® yeast and brown sugar). The malt:corn blue husk ratios were 75:25, 50:50, 25:75. The physical-chemical variables evaluated were alcohol content, bitterness, color and total phenols. Also, a sensory evaluation (aroma, flavor and body) to know the taste for proposed styles. The results were statistically significant ($0.05 \leq P$) for the variables evaluated. For Fo-2, five times the alcohol content and 2.5 times the SRM scale color were obtained, while for Fo-1, 3.8 times the total phenol content was obtained. For bitterness slightly different was obtained due to the same quantity of hops used in all styles. Regarding the sensory analysis, Fo-2 showed double preference in the evaluated attributes.

NOTAS DE AUTOR

Contacto: jh.castorena@gmail.com

KEYWORDS: craft beer, blue corn, bitterness, *Saccharomyces cerevisiae*, alcohol.

Tradicionalmente, la cerveza se elabora a partir de cebada malteada como fuente de azúcares fermentables, levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) microorganismo biológico responsable de llevar a cabo la fermentación, reacción que consiste en transformar los nutrientes de mosto en alcohol y CO₂, lúpulo responsable del sabor amargo característico y agua. La cerveza es una bebida alcohólica que se consume ampliamente en todo el mundo y por volumen se ubica después del agua y el té como la tercera bebida más popular [1].

Recientemente, cereales como maíz, trigo y sorgo, incluso frutas, han sido incorporados en el proceso con la finalidad de hacer modificaciones en los atributos sensoriales, esto obedece como respuesta a la tendencia de consumir productos con mayores beneficios para la salud denominados alimentos y bebidas funcionales [2]. La modificación de cervezas tradicionales mediante la adición de adjuntos, como trigo, maíz, arroz y frutas, puede agregar nuevas características sensoriales a la bebida, pero también aumentar los niveles de compuestos bioactivos. Por lo tanto, los cerveceros e investigadores buscan fuentes alternativas de materias primas para integrar al proceso de elaboración con el fin de mejorar el perfil sensorial de la cerveza [3].

En muchos países utilizan el maíz como complemento en la elaboración de cerveza por ser de los cereales con mayor disponibilidad en el mundo. Las variedades de maíz pigmentado se distinguen por su elevado contenido de compuestos fenólicos del grupo de los flavonoides, sobre todo antocianinas [4]. En la estructura del grano, las antocianinas pueden estar presentes tanto en el pericarpio como en la capa de aleurona [5]. Varios estudios resaltan que las antocianinas están asociadas con la capacidad antioxidante, con beneficio para la salud de las personas.

El objetivo de esta investigación fue evaluar propiedades físico-químicas de estilos de cerveza artesanal elaboradas utilizando como adjunto cascarilla de maíz azul y fuentes diversas azúcares.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La cerveza se elabora utilizando agua, malta, levadura y lúpulo. La composición de una cerveza oscila entre 88% a 95% de agua, por lo que contribuye en parte a las características sensoriales de la cerveza, su pureza y dureza son claves para una cerveza de excelente calidad [6]. La malta es el resultado de un proceso de transformación del almidón de cebada u otro cereal, consiste en modificar el almidón a azúcares simples fácilmente fermentables por levaduras. El Lúpulo es la responsable del amargor de la cerveza debido a los componentes en α -ácidos (humulonas), β -ácidos (lupulonas) y la oxidación productos de los ácidos amargos, su aporte depende de su solubilidad [7]. La levadura *Saccharomyces cerevisiae* es la responsable directa de la fermentación en diferentes productos tradicionales ampliamente conocidos (pan, vino y cerveza), las condiciones de pH más favorables para su actividad oscilan entre 4.5 a 6.5 [7].

La fermentación tiene lugar entre 7 a 13 oC para la cerveza tipo “Lager” y entre 16 a 23 oC para la cerveza tipo “Ale”. La levadura se mezcla con el mosto enfriando por debajo de 30 oC y es colocado en fermentador, durante la fermentación la levadura capta los azúcares y aminoácidos del mosto los cuales son metabolizados hasta producción de dióxido de carbono y etanol en condiciones anaerobias. También, los aminoácidos son utilizados para el crecimiento de las células de modo que al final de la fermentación las levaduras habrán aumentado su masa unas 10 veces, las células de las levaduras flocculan cuando se forman agregados o bien suben y flotan en la superficie del líquido [8].

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó bajo un diseño en arreglo en bloques. El bloque 1 y 2, fueron denominados como Fo-1 y Fo-2. En su formulación, el primero utilizó levadura Imexa®, México y sacarosa, y el segundo levadura Fermentis S-33®, Francia y piloncillo. La Tabla 1, muestra las combinaciones para cada estilo propuesto.

TABLA 1.
Componentes de cada tratamiento.

Bloque	Estilo	Proporción Malta:Cascarilla de Maíz	Nivel de Brix
Fo-1	1	75:25	8, 10, 12
	2	50:50	8, 10, 12
	3	25:75	8, 10, 12
Fo-2	4	75:25	8, 10, 12
	5	50:50	8, 10, 12
	6	25:75	8, 10, 12

Proceso tecnológico de elaboración de cerveza.

La cebada utilizada fue malteada previamente por el equipo de trabajo, como adjunto se utilizó cascarilla de maíz azul para enriquecer el producto con fenoles totales. La cebada malteada fue macerada (65 oC, 1 h), el residuo se retira para que se incorpore la cascarilla de maíz azul (60 oC, 30 min). También, el residuo se retira y el mosto obtenido se ajusta en volumen y en sólidos solubles de ensayo. El lúpulo americano cascade con 4-6% de alfa-ácidos se incorpora cuando el mosto se encuentra a 80 oC, 1 h. Posteriormente, se enfría a temperatura (28-30°) para inocular la levadura. La fermentación se mantiene por 15 días a temperatura ambiente (18-25 oC). Se envasa en botella de vidrio ámbar y se mantiene en maduración, igualmente a temperatura ambiente por otro período más de 15 días para que se produzca el gas dentro de botella que se requiere para una buena corona de espuma cuando esta sea analizada o consumida según sea el caso. Las variables físico-químicas evaluadas fueron: alcohol, fenoles totales, amargor y color.

Evaluación de contenido de alcohol. La cerveza fue destilada con un equipo de evaporación rotatorio (IKA® RV10, Alemania). Cada muestra de cerveza fue de 250 mL. Se utilizó un densímetro a escala Gay-Lussac (G.L) para medir el contenido de etanol en el líquido evaporado y recuperado. El contenido de etanol (% G.L) se determinó con la ecuación (1):

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \quad (1)$$

Concentración de etanol en cerveza (C_1) y líquido evaporado (C_2). Volumen de muestra de cerveza (V_1), de líquido evaporado (V_2).

Medición de fenoles totales. El contenido fenoles totales de la cerveza se determinó mediante el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu (F-C) [9]. Se agregaron 0.5 mL de muestras de cerveza o estándar

de ácido gálico en un matraz aforado de 10 mL conteniendo 2 mL de agua destilada y 2.5 mL de reactivo F-C. Después de 3 min, se añadieron 2.5 mL de una solución acuosa al 20% de carbonato de sodio. La reacción se mantuvo 1 hora en la oscuridad a temperatura ambiente. Se midió la absorbancia a 765 nm en un espectrofotómetro (Vela Quin UV-Vis modelo 5600BV, México). Se realizó el mismo procedimiento para cuatro concentraciones de estándares de ácido gálico (0, 100, 200, 300 y 400 mg/L), y se construyó una curva de calibración por regresión lineal. El contenido de fenoles totales se expresó como mg Equivalentes de Ácido Gálico (mg EAG/L).

Determinación de amargor. Las sustancias amargas se extrajeron según el método EBC 9.8 o también conocido como IBU [10]. La cerveza fue desgasificada previamente, en un tubo de centrífuga se colocan 10 mL de cerveza sin filtrar, 1 mL de ácido clorhídrico (3N) y 20 mL de iso-octano, el tubo se agitó durante 5 minutos a temperatura ambiente a 250 rpm y luego se centrifugó durante 15 minutos a 4000 rpm. La fase transparente del iso-octano se decantó en un tubo de ensayo limpio y seco, el tubo de muestra se cubrió y se dejó reposar en la oscuridad durante 30 minutos, se mide la absorbancia a 275 nm (A_{275}) en una celda de cuarzo con iso-octano puro como referencia. Los resultados son expresados como IBU, y su cálculo se obtiene con la ecuación (2):

$$\text{Amargor (IBU)} = A_{275} \times 50 \quad (2)$$

Medición de color. Se utilizó *The Standard Reference Method* (Unidades SRM) adoptado en 1958 por la *American Society of Brewing Chemists* (ASBC). Se midió la absorbancia a una muestra de cerveza desgasificada a una longitud de onda de 430 nm [6], el contenido de SRM se obtuvo con la ecuación (3):

$$\text{SRM} = 12.7 \times D \times A_{430} \quad (3)$$

Absorbancia de la muestra a 430 nm (A_{430}) y dilución de la muestra (D).

Evaluación sensorial. Los atributos sensoriales evaluados para muestras de estilos de cerveza artesanal fueron aroma, sabor y cuerpo. Se utilizó una escala hedónica de cinco puntos (1=desagrada mucho, 2=desagrada, 3= me es indiferente, 4=gusta, 5 = gusta mucho). Las muestras fueron evaluadas por 20 jueces (10 hombres y 10 mujeres) entre 19-23 años de edad. A cada panelista se le proporcionaron cuatro muestras de cerveza a una temperatura de 15°C en vasos transparentes, conteniendo un volumen de 50 mL.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2, muestra resumen del Análisis de Varianza (ANOVA) de las características evaluadas en este estudio. Para la característica contenido de alcohol, fenoles, amargor y color se obtuvieron diferencias estadísticas significativa ($0.05 \leq P$) para las fuentes de variación, en el modelo considerado.

TABLA 2.
Cuadrados medios del ANOVA y Valor-P de cada característica a ($\alpha=0.05$).

F. V.	Alcohol	Fenoles	Amargor	Color
Estilo	40.91	407075	6.35	243
	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Brix	8.27	5331	0.124	37
	<0.001	0.475	<0.001	<0.001
E x B	3.61	16929	0.526	35
	<0.001	0.02	<0.001	<0.001
Error	0.019	7015	0.015	0.36
R ²	0.99	0.89	0.99	0.99
C.V	3.19	25	0.28	6.3
CME	0.14	83	0.04	0.60

Fuente de variación (F.V), estilo (E), brix (B), coeficiente de determinación (R), coeficiente de variación (C.V), raíz cuadrada en los cuadrados medios del error (CME). Alcohol (%), fenoles (mg EAG/ L), amargor (unidades IBU) y color (unidades SRM).

Evaluación del contenido de alcohol. La Figura 1 muestra el porcentaje de alcohol promedio por estilo y su correspondiente nivel de sólidos solubles ajustados al inicio de la fermentación medidos como grados Brix.

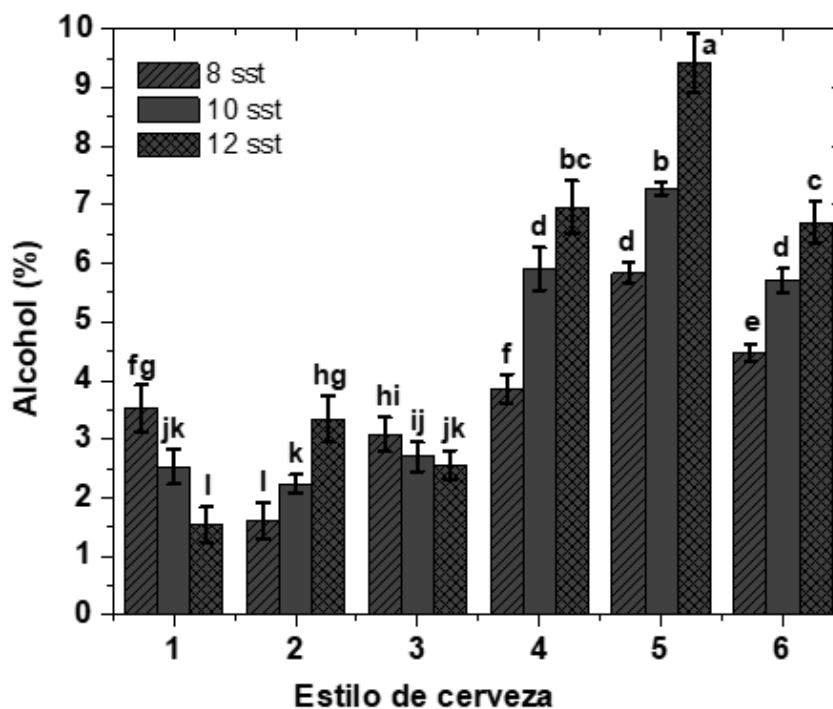


FIGURA 1.
Contenido de alcohol por estilo. Letras iguales son tratamientos estadísticamente iguales (prueba Tukey, $\alpha=0.05$ y DMS=0.43).

El contenido de alcohol porcentual (v/v) promedio para la formulación 1 y 2 fueron $2.57b \pm 0.25$ y $6.24a \pm 0.45$ respectivamente. Fue evidente que la levadura S-33 Fermentis® de uso especial para cerveza utilizada en el estudio y representada en los estilos 4, 5 y 6, fue superior en la cantidad de alcohol que genera.

La mayoría de las cervezas producidas tienen un contenido de alcohol entre 3 a 6% (v/v). Sin embargo, este ha dejado de ser de los componentes importantes. Actualmente, la producción de cerveza sin alcohol (<0.5%) y con bajo contenido de alcohol (0.5-1.2%) está en aumento en todo el mundo debido a necesidades de productos alternativos para grupos espaciales de consumidores [11]. Las cervezas sin alcohol se recomiendan para grupos específicos de personas como mujeres embarazadas, profesionales del deporte, personas con patologías cardiovasculares y hepáticas y personas medicadas, los consumidores en tales condiciones están dispuestos a tomar una cerveza lo más cercana posible a los tipos convencionales desde el punto de vista sensorial [12].

Evaluación del contenido de fenoles totales. La Figura 2, muestra el contenido de fenoles totales por estilo. El contenido de fenoles totales expresados en mg equivalente al ácido gálico/L registrados para las formulaciones 1 y 2 fueron $526^a \pm 26$ y $139^b \pm 16$. Para este análisis se resalta que la formulación uno fue cuatro veces superior. Se resalta que un elevado contenido alcohol afecta negativamente la cantidad de fenoles totales y que una cerveza artesanal es más valorada nutricionalmente por su contenido de fenoles totales.

Los componentes fenólicos en la cerveza pueden inhibir el desarrollo de cáncer en próstata, mama, intestino, ovario y sangre [13]. El contenido de polifenoles en la cerveza es muy variado que depende de las materias primas utilizadas y del proceso.

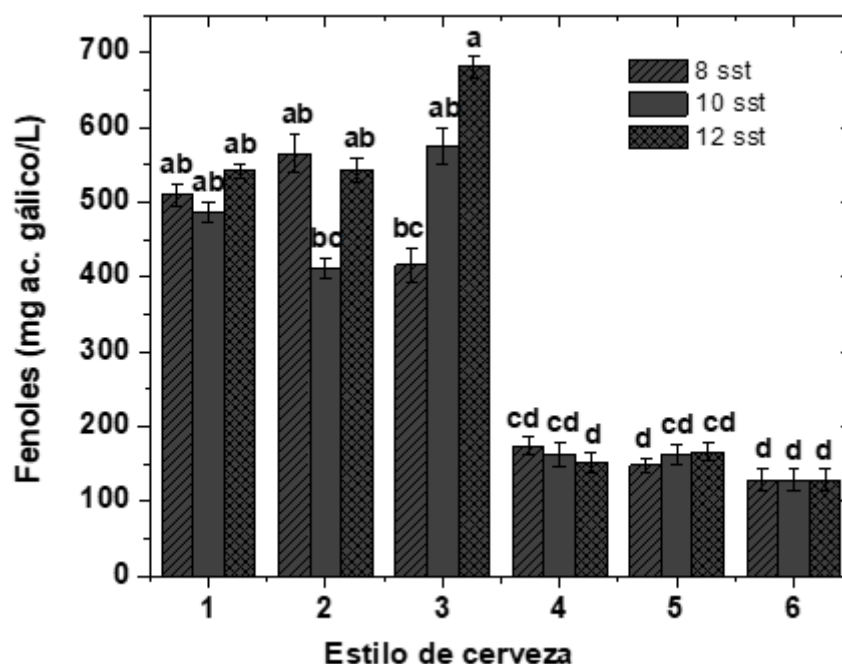


FIGURA 2.
Contenido de fenoles totales por estilo. Letras iguales son tratamientos estadísticamente iguales (prueba Tukey, $\alpha=0.05$ y DMS=256).

Piazzon, *et al.* [14] reporta contenido de polifenoles de 366 ± 73 en cervezas sin alcohol, 452 ± 86 en lager y 563 ± 52 en ale, con concentraciones de hasta 875 ± 168 mg ac. gálico/L en una cerveza estilo Bock. A su vez, Zhao, *et al.* [15] en 34 cervezas lager comerciales de los mercados chinos reporta entre (152–339 mg EAG/L).

Una nueva área de exploración esta asociada a utilizar frutas como adjuntos y potenciar propiedades asociadas a una mejor nutrición. Se evaluaron ocho estilos de cerveza con fruta como adjunto, encontrando polifenoles totales en rango de (399 - 767) mg EAG /L, mientras que en las cervezas convencionales sin frutas

el rango fue de (321 - 482) mg EAG/L. Para cerveza con cereza (747-767), frambuesa (465-536), durazno (510), chabacano (454), uva (621), ciruela (598), naranja (639) y manzana (399), valor en mg EAG/L [16].

Evaluación de amargor. Para la evaluación del amargor evaluado como IBU, los valores obtenidos para las formulaciones 1 y 2 fueron $13.4^b \pm 0.61$ y $14.6^a \pm 0.53$. La Figura 3, muestra el contenido de amargor por estilo de cerveza. Se observa una mínima diferencia, posiblemente porque se utilizó la misma cantidad de lúpulo en todos los estilos propuestos. Las diferencias son asociadas a las reacciones que se producen durante la tapa de calentamiento del mosto (80 oC, 1 hora).

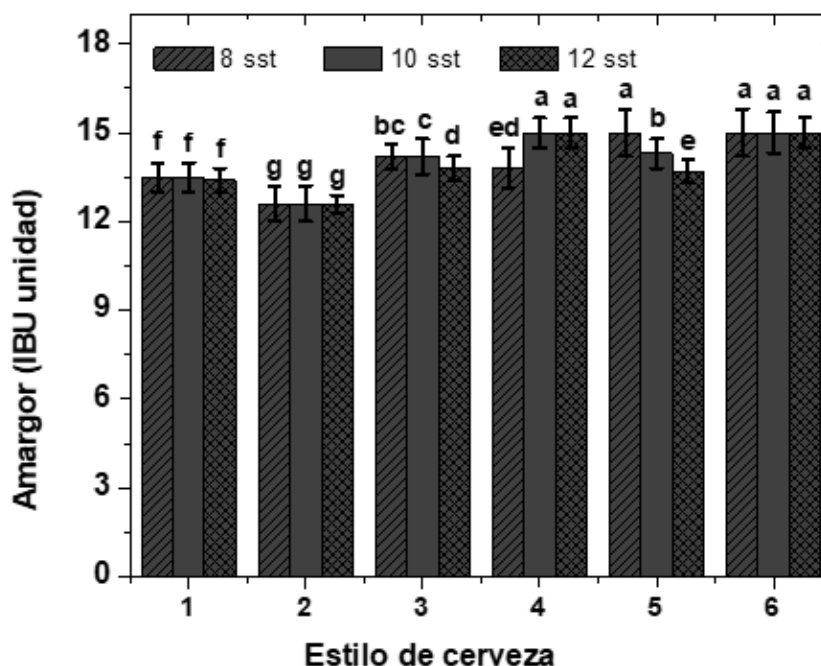


FIGURA 3.

Contenido de amargor por estilo. Letras iguales son tratamientos estadísticamente iguales (prueba Tukey, $\alpha=0.05$ y DMS=0.122).

La aparición de características amargas y aromáticas en la cerveza está fuertemente relacionada con la composición química del lúpulo, la cantidad añadida, el tipo de lúpulo y el momento de la dosificación del lúpulo al mosto. Convencionalmente, el amargor de la cerveza se consigue añadiendo lúpulo al mosto caliente al comienzo de la ebullición. La razón principal para una adición de lúpulo en este momento es asociada al que se produzca reacción térmica de los ácidos amargos del lúpulo (α -ácidos) en amargos de sabor (iso- α -ácidos) y solubles en agua; el rendimiento de iso- α -ácidos aumenta con el tiempo de ebullición, y la mayoría de los volátiles se pierde por evaporación [17].

Evaluación de color. Para el color evaluado en SRM en la formulaciones 1 y 2 se obtuvieron $5.3^b \pm 0.73$ y $13.7^a \pm 1.89$. Los efectos en los diferentes estilos derivados en las proporciones de malta:maíz azul (cascarilla) utilizados en las formulaciones se muestran en la Figura 4.

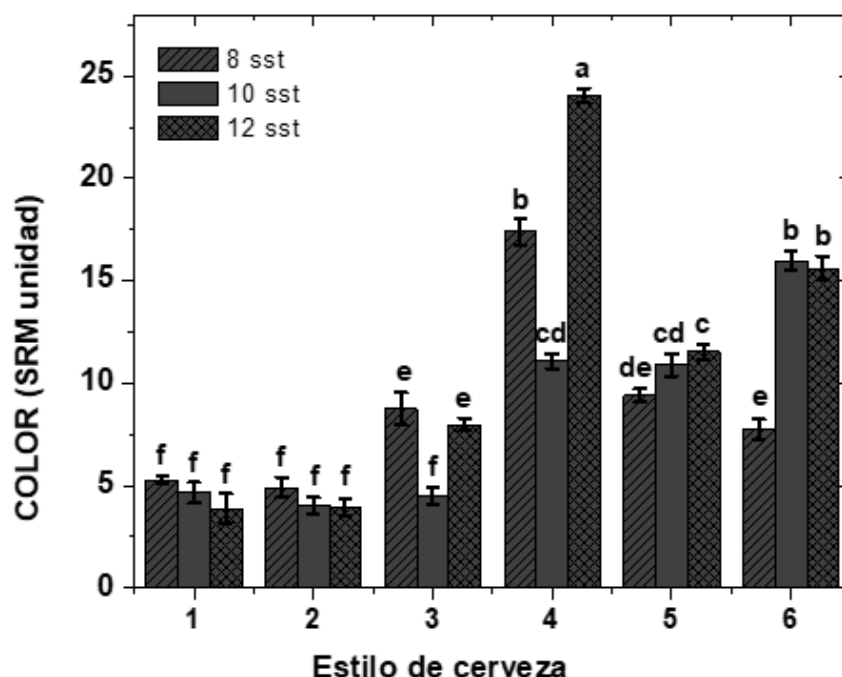


FIGURA 4.

Color de escala SRM por estilo. Letras iguales son tratamientos estadísticamente iguales (prueba Tukey, $\alpha=0.05$ y DMS=1.84).

El maíz azul es considerado una excelente fuente de antocianinas con hasta 1989.9 $\mu\text{g/g}$. Los mayores porcentajes son cianidina 3-glucósido, pelargonidina 3-glucósido y peonidina 3-glucósido. Estos compuestos son solubles en agua, dependiendo del pH le dan tonalidad azul – morado al producto. La percepción del color es un atributo sensorial poco utilizado en descriptores sensoriales para elaborar un perfil de cerveza [4].

Preferencia de los estilos de cerveza. En base a la escala hedónica previamente establecida, se obtuvo mayor valoración para Fo-2 en los atributos evaluados (Tabla 3). Los atributos sensoriales evaluados están muy ligados a las materias primas utilizadas y a su proceso tecnológico. Un cambio mínimo en sus variantes, estadísticamente puede ser de poca importancia, pero sensorialmente puede ser definitivo en la preferencia y gusto de los consumidores. El sabor y aroma son los atributos sensoriales que más influyen en la elección de una cerveza en el mercado. Además de que el consumo de cerveza sin alcohol está en aumento, esta tendencia desafía a la industria cervecera en ofrecer productos más saludables con mejores características sensoriales para los consumidores [18].

TABLA 3.
Valoración de los atributos sensoriales.

Bloque	Estilo	Aroma	Sabor	Cuerpo
Fo-1	1	1.8±0.51	1.55±0.51	1.75±0.72
	2	2.0±0.63	1.80±0.41	1.90±0.72
	3	1.7±0.66	1.45±0.60	1.55±0.76
Fo-2	4	4.35±0.59	4.50±0.51	4.40±0.59
	5	4.45±0.51	4.40±0.75	4.35±0.49
	6	4.35±0.50	4.65±0.59	4.25±0.44

CONCLUSIONES

Los estilos de cerveza artesanal propuesto mejoran en la calidad nutritiva en cuanto a fenoles disueltos. Se demostró que la cascarilla de maíz azul es una excelente fuente de antocianinas que contribuyen a mejorar la apariencia del producto final. Además, el piloncillo contribuyó a incrementar los sólidos solubles totales iniciales con la para mejorar la fuente energética y de minerales que favorecen el metabolismo anaerobio de las levaduras utilizadas. Una combinación de diferentes levaduras y lúpulos también puede mejorar los atributos sensoriales de este tipo de bebidas.

AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala. Proyecto de Investigación calve: 5551.19-P, financiado en convocatoria 2019.

REFERENCIAS

- [1] Donadini, G., Fumi, M. D., Kordialik-Bogacka, E., Maggi, L., Lambri, M., and Sckokai, P. (2016) Consumer interest in specialty beers in three *European markets*, *Food Res. Int.* 85, 301–314.
- [2] Mayer, H., Ceccaroni, D., Marconi, O., Sileoni, V., Perretti, G., & Fantozzi, P. (2016). Development of an all rice malt beer: A gluten free alternative. *LWT – Food Science and Technology*, 67, 67–73.
- [3] Zapata, P. J., Martínez-Esplá, A., Gironés-Vilaplana, A., Santos-Lax, D., Noguera-Artiaga, L., & Carbonell-Barrachina, A. A. (2019). Phenolic, volatile, and sensory profiles of beer enriched by macerating quince fruits. *LWT-Food Science And Technology*, 103, 139–146.
- [4] Hernández-Quintero, J.; Rosales-Nolasco, A.; Molina-Macedo, A.; Miranda-Piliado, A.; Willcox, M.; Hernández-Casillas, J. M.; Palacios, N. (2017). Cuantificación de antocianinas mediante espectroscopia de infrarrojo cercano y cromatografía líquida en maíces pigmentados. *Revista Fitotecnia Mexicana*.40(2), 219-225.
- [5] Salinas-Moreno, Y., Pérez-Alonso, J., Vázquez-Carrillo, G., Aragón-Cuevas, F., and Velázquez-Cardelas, G. (2012). Anthocyanins and antioxidant activity in maize grains (*Zeamays L.*) of Chalqueño, Elotes Cónicos and Bolita Races, *Agrociencia* 46, 693–706.
- [6] Álvarez, B.D y Araque, C.A. (2020). Elaboración de cerveza artesanal tipo golden ale con cebada (*hordeum vulgare*) y arroz (*Oryza sativa* l.). Tesis Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil, Ecuador.
- [7] Suárez-Machín, C., Garrido-Carralero, N. A., Guevara-Rodríguez, C. A. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica ICIDCA, Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, vol. 50, núm. 1, pp. 20-28.
- [8] Flores-Calderón, A., Luna, H., Escalona-Buendía, H., Verde-Calvo, J. (2017). Chemical characterization and antioxidant capacity in blue corn (*Zea mays L.*) malt beers. *Journal Institute Brewing*. 123: 506–518. DOI 10.1002/jib.444
- [9] Vieira, B.; Silva, K.; Kleveston, J.; Lessa, I.; de Abreu, G.; Batista, T.; Souza, B.; Druzian, I.; Canielas, L.; da Costa, M.; Ferreira, F. (2020). Physicochemical and sensory profile of Beaugard sweet potato beer. *Food Chemistry*, 312, 126087. doi.org/10.1016/j.foodchem. 2019.126087.
- [10] Popescu, V.; Soceanu, A.; Dobrin, S.; Stanciu, G. (2013). A study of beer bitterness loss during the various stages of the Romanian beer production process. *Journal Institute Brewing*, 119:111-115.
- [11] Brányik, T., Silva, D. P., Baszczyński, M., Lehnert, R., and Almeida e Silva, J. B. (2012). A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer production, *J. Food Eng.* 108, 493–506.
- [12] Sohrabvandi, S., Mousavi, S. M., Razavi, S. H., Mortazavian, A. M. and Rezaei, K. (2010) 'Alcohol-free Beer: Methods of Production, Sensorial Defects, and Healthful Effects. *Food Reviews International*, 26: 4, 335 — 352. DOI: 10.1080/87559129.2010.496022

- [13] Sohrabvandi, S., Mortazavian, A.M. Rezaei, K. (2012). Health-Related Aspects of Beer: A Review. *International Journal of Food Properties*, 15:2, 350-373, DOI: 10.1080/10942912.2010.487627.
- [14] Piazzon, A., Forte, M., and Nardini, M. (2010) Characterisation of phenolics content and antioxidant activity of different beer types, *J. Agric. Food Chem.* 58, 10677–10683.
- [15] Zhao, H., Chen, W., Lu, J., and Zhao, M. (2010) Phenolic profiles and antioxidant activities of commercial beers. *Food Chem.* 119, 1150–1158.
- [16] Nardini, M.; Garaguso, I. (2020). Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. *Food Chemistry*. 305: 125437. Doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125437.
- [17] Rettberg, N.; Biendl, M.; Garbe, L. (2018). Hop Aroma and Hoppy Beer Flavor: Chemical Backgrounds and Analytical Tools—A Review. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 76:1, 1-20, DOI: 10.1080/03610470.2017.1402574.
- [18] Andrés-Iglesias, C.; Montero, O; Sancho, D. A Blanco, C. (2015). New trends in beer flavour compound analysis. *J Sci Food Agric.*, 95: 1571–1576.