

Efecto Del Tipo De Fermentación Y Estilo Cervecerero Sobre La Quimiometría De Cervezas Comerciales Mexicanas

Jorge A. Clorio-Carrillo, MSc¹, Perla A. Ramos-Parra, PhD¹, Irma C. De Anda-Lobo, MSc¹, Raul Villareal-Lara, PhD¹, Erick Heredia-Olea, PhD¹, Esther Perez-Carrillo, PhD¹, Carmen Hernández-Brenes, PhD¹

¹Tecnologico de Monterrey, Mexico, jclorio@tec.mx, perlaramos@tec.mx, a01192237@tec.mx, raulvl@tec.mx, erickho@tec.mx, perez.carrillo@tec.mx, chbrenes@tec.mx

Resumen— El crecimiento continuo de la industria cervecera mexicana en la actualidad se debe a la popularidad del consumo a nivel nacional e internacional. Entre las moléculas incorporadas durante su elaboración, la hordenina es un alcaloide con mayor presencia en la malta que se ha relacionado con respuestas emocionales positivas en el consumidor y por brindar efectos antioxidantes y antiinflamatorios. Se analizaron las diferencias en las concentraciones de hordenina en cervezas mexicanas con respecto a las variaciones en porcentaje de alcohol por volumen, pH, color, acidez relativa, densidad, amargor, sólidos disueltos totales, e iso- α -ácidos. Los estilos de cerveza para este estudio incluyeron cervezas de baja y alta fermentación. Se siguieron los métodos oficiales de la Sociedad Estadounidense de Químicos Cerveceros y las técnicas de UPLC para medir las propiedades fisicoquímicas y la hordenina, respectivamente. La hordenina no mostró correlación significativa con el color (SMR) el cual se encuentra relacionado con el tipo de malta, sin embargo sí mostró correlaciones positivas con cuatro variables fisicoquímicas (acidez, pH, unidades de amargor (IBU), e iso- α -ácidos). Las cervezas de alta fermentación mostraron las concentraciones más altas en todas las variables quimiométricas, explicando que el proceso cervecero de las cervezas tipo Ale puede favorecer su extracción y estabilización. Adicionalmente se logró establecer que la presencia de hordenina se ve afectada principalmente por el tipo de fermentación Ale, específicamente los estilos IPA, que se caracterizan por tener concentraciones altas de iso- α -ácidos (400 – 700 mg·mL⁻¹).

Palabras clave— cerveza, hordenina, iso-alfa-ácidos, estilos cerveceros, cromatografía líquida.

I. INTRODUCCIÓN

Las cervezas se caracterizan por su complejidad en componentes naturales que le brindan diferentes aspectos físicos, sabores, aromas, texturas y alto valor nutricional [1]. El uso de maltas de diferentes estilos, cepas de levadura de alta y baja fermentación, y las cantidades de lúpulo adicionales generan la variedad de estilos cerveceros. Estos generan diferentes compuestos que brindan color, aspectos sabores, aromas y finalmente diferentes niveles de alcohol por volumen (%ABV) por efecto de la fermentación [2].

Recientemente, surgió interés en el estudio del alcaloide hordenina, la cual se ha relacionado como una molécula benéfica a la salud por brindar efectos positivos por sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias estudiadas *in vitro* [3, 4]. Adicionalmente, se ha sugerido un efecto placentero por su consumo en cerveza [5].

El interés de caracterizarla surge en relacionar los efectos que tienen los ingredientes y el tipo de fermentación. Por esto, el objetivo de este estudio es relacionar los parámetros fisicoquímicos, la concentración de iso- α -ácidos y tipo de fermentación, con hordenina, caracterizada por cromatografía de ultra alto rendimiento en cervezas mexicanas.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Muestreo y selección de cervezas de diferentes estilos y tipos de fermentación comercializadas en México.

Las cervezas seleccionadas con base en la variedad de estilos y tipos de fermentación son: Pilsner sin alcohol, cerveza ligera estilo Pilsner, Pilsner, Múnich Dunkel, Vienna, India Pale Ale (IPA) americana, Pale Ale americana, cerveza de trigo estilo Ale y Lager, Porter, Stout y Session IPA. Todas las cervezas fueron procesadas como muestra la Fig. I. Los parámetros fisicoquímicos fueron medidos con base en los métodos oficiales de La Sociedad Estadounidense de Químicos Cerveceros [6].



Fig. 1 Metodología para el Análisis Físicoquímico & Analítico de las Muestras de Cerveza Seleccionadas

B. Análisis de hordenina por UPLC-MS/MS-ESI+ e iso- α -ácidos por UPLC-PDA

El alcaloide hordenina se cuantificó en las muestras de cerveza con base en metodología ajustada para el estudio de [5, 7] y el perfil de iso- α -ácidos en las muestras de cerveza como en [7].

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Propiedades fisicoquímicas, iso- α -ácidos y hordenina.

En la Tabla I se observa que las cervezas Ale mostraron cantidades máximas en los rangos presentados en cervezas lager (sólidos solubles totales, pH, porcentaje de alcohol por volumen y acidez titulable). Los rangos de las concentraciones de hordenina son variados para las cervezas lager y ale, sin embargo, los estilos IPA, Pale Ale, Stout, Vienna, Pilsner y cerveza ligera presentaron concentraciones de al menos 7 mg·mL⁻¹. Igualmente, los rangos de iso- α -ácidos totales presentaron cantidades mayores para las cervezas Ale, con un máximo aproximadamente de 700 mg·mL⁻¹ en la cerveza IPA. Algunas de estas diferencias pueden explicarse por los cambios en el proceso cervecero para cada tipo de fermentación, como son el tipo de levadura, el tipo de lúpulo y subproductos generados por la fermentación [8, 9].

TABLA I
RANGOS QUIMIOMÉTRICOS EN CERVEZAS MEXICANAS ALE Y LAGER

Estilo cervecero	Ale					
	India Pale Ale	Pale Ale	Porter	Session IPA	Stout	Cerveza de trigo
Color (°SRM) ^a	7.1 - 8.1	6.1 - 7.2	8.6 - 8.6	4.9 - 5.4	6.4 - 8.3	5.2 - 6.7
TDS ^b (°Brix)	7.1 - 8.1	6.1 - 7.2	8.6 - 8.6	4.9 - 5.4	6.4 - 8.3	5.2 - 6.7
Acidez (LA) ^c	1.91 - 3.02	1.62 - 2.63	2.79 - 2.97	1.42 - 2.18	1.55 - 2.50	1.51 - 2.59
pH	4.41 - 4.74	4.39 - 4.74	4.47 - 4.52	4.47 - 4.77	4.20 - 4.66	4.17 - 4.69
Densidad (mg/mL)	1.02	1.02	1.02	1.01 - 1.03	1.02	1.02
Amargor (IBU) ^d	43.45 - 61.30	28.50 - 53.60	25.90 - 30.00	34.25 - 50.10	26.55 - 40.80	8.05 - 32.00
Etanol (% ABV)	4.51 - 7.38	4.06 - 6.56	5.68 - 6.71	4.18 - 5.35	3.47 - 6.34	3.44 - 4.38
Hordenina	4.69 - 12.35	6.46 - 10.35	6.31 - 6.82	4.37 - 7.39	4.37 - 9.36	1.85 - 3.53
IAA ^e Totales	399.44 - 705.77	309.20 - 398.76	299.21 - 314.90	270.91 - 533.08	230.33 - 458.43	97.35 - 264.73

Estilo cervecero	Lager					Cerveza de trigo
	Cerveza Ligera	Cerveza Sin Alcohol	Munich	Pilsner	Vienna	
Color (°SRM) ^a	3.6 - 4.1	4.7 - 4.9	6.8 - 6.9	4.9 - 5.9	5.0 - 7.2	6.2 - 6.2
TDS ^b (°Brix)	0.79 - 2.63	1.12 - 1.78	2.21 - 2.36	0.81 - 2.57	1.24 - 2.34	2.33 - 2.51
Acidez (LA) ^c	4.08 - 4.46	4.06 - 4.45	4.19 - 4.20	4.18 - 4.45	4.08 - 4.32	4.40 - 4.41
pH	1.01 - 1.02	1.02 - 1.03	1.02	1.01 - 1.02	1.01 - 1.02	1.02
Densidad (mg/mL)	6.20 - 15.20	12.35 - 15.65	13.00 - 13.95	10.70 - 18.85	11.05 - 17.95	12.65 - 13.25
Amargor (IBU) ^d	2.53 - 4.81	0	4.76 - 5.86	3.75 - 5.45	3.10 - 5.63	5.07 - 5.68
Etanol (% ABV)	1.05 - 6.10	2.15 - 3.98	1.91 - 2.60	1.29 - 7.12	1.47 - 7.36	3.11 - 3.74
IAA ^e Totales	13.49 - 179.86	185.13 - 246.90	188.98 - 204.76	125.10 - 277.35	94.05 - 306.42	163.24 - 180.58

^a Método de referencia estándar, por sus siglas en inglés

^b Sólidos solubles totales

^c Acidez titulable como ácido láctico

^d International Bitterness Units, por sus siglas en inglés ^e iso- α -ácidos totales

B. Relaciones entre los estilos cerveceros, propiedades fisicoquímicas, y moléculas químicas de la cerveza.

En el análisis de componentes principales (Fig. II), se agrupan los tipos de fermentación Ale y Lager en el lado derecho e izquierdo, respectivamente, excepto por la cerveza de trigo. También, se observa que los iso- α -ácidos, hordenina, α -ácidos y el etanol se asocian con las cervezas Ale. La amargura y pH se ven mayormente relacionadas en cervezas de los estilos IPA, Pale Ale y Session IPA. Los datos sugieren que la reducción del pH que tienen al isomerizarse los α -ácidos proporciona estabilidad a la molécula. La Figura II explica una relación fuerte entre las cervezas de alta fermentación con el contenido de hordenina y los iso- α -ácidos, por lo que su relación se determina mediante las implicaciones del proceso cervecero, donde se involucra la fermentabilidad del mosto, el tipo de malta, las cantidades y tiempos de ebullición del mosto con lúpulo, y finalmente estilo de la cerveza [5, 10].

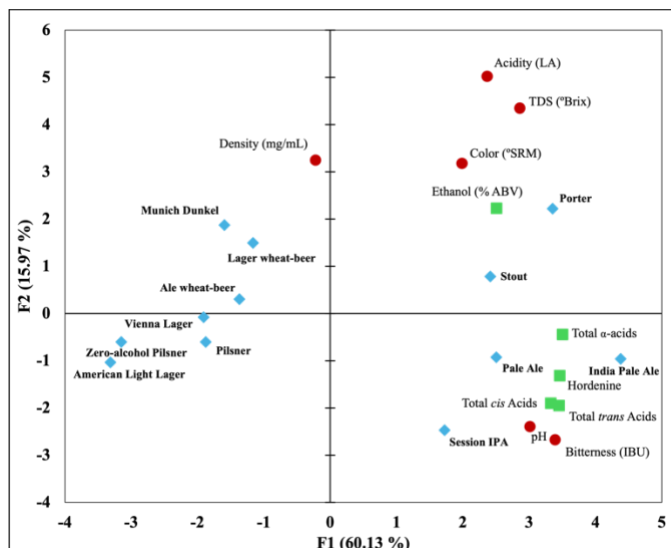


Fig. 2 Análisis de componentes principales entre los estilos cerveceros (♦), propiedades fisicoquímicas (•) y moléculas químicas (■).

IV. CONCLUSIONES

Las cervezas Ale mostraron valores quimiométricos más altos (acidez, pH, unidades de amargor (IBU), e iso- α -ácidos). Las cervezas de los estilos IPA, Pale Ale y Session IPA tuvieron altas concentraciones de hordenina, sugiriendo que el proceso cervecero de las cervezas tipo Ale ayuda a extraerla o estabilizarla. Este presente estudio logró establecer que la presencia de hordenina se ve afectada principalmente por el tipo de fermentación Ale, y específicamente se incrementa en estilos IPA, caracterizados por tener mayores concentraciones de iso- α -ácidos (400 – 700 mg·mL⁻¹).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Consejo de Investigación sobre Salud y Cerveza de México, A. C. por el fondo otorgado al Tecnológico de Monterrey – Universidad de Melbourne. Al Consejo Nacional de Investigación y Tecnología de México (CONAHCYT) por las becas de los autores ICDL (CVU No. 1204407) y JACC (CVU No. 1078290).

REFERENCIAS

- [1] Muy-Rangel, D., Urias-Orona, V., Heredia, J. B., Hernández-García, L., Rubio-Carrasco, W., Contreras-Angulo, L., Contreras-Martínez, R., & Niño-Medina, G. (2018). Differences in physicochemical, mineral and nutraceutical properties between regular, light and zero beers. *Farmacia*, 66(4), 697–701. <https://doi.org/10.31925/farmacia.2018.4.20>
- [2] Baxter, E. D., & Hughes, P. S. (2001). *Beer: Quality, safety and nutritional aspects*. Royal Society of Chemistry.
- [3] Su, S., Cao, M., Wu, G., Long, Z., Cheng, X., Fan, J., Xu, Z., Su, H., Hao, Y., Li, G., Peng, J., Li, S., & Wang, X. (2018). Hordenine protects against hyperglycemia-associated renal complications in streptozotocin-induced diabetic mice. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 104(May), 315–324. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.05.036>
- [4] Su, Y., Liu, Y., He, D., Hu, G., Wang, H., Ye, B., He, Y., Gao, X., & Liu, D. (2022). Hordenine inhibits neuroinflammation and exerts neuroprotective effects via inhibiting NF- κ B and MAPK signaling pathways in vivo and in vitro. *International Immunopharmacology*, 108(February), 108694. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2022.108694>
- [5] Sommer, T., Dlugash, G., Hübner, H., Gmeiner, P., & Pischetsrieder, M. (2019). Monitoring of the dopamine D2 receptor agonists hordenine and N-methyltyramine during the brewing process and in commercial beer samples. *Food Chemistry*, 276(October 2017), 745–753. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.067>
- [6] Beer10. Beer Color; Beer 23. Beer Bitterness; Beer 8. Total Acidity. Approved (1958), rev (2018). American Society of Brewing Chemists, St. Paul, MN, U.S.A. doi:10.1094/ASBCMethod-Beer10
- [7] Gonzalez-Viejo, C., Villarreal-Lara, R., Torrico, D. D., Rodríguez-Velazco, Y. G., Escobedo-Avellaneda, Z., Ramos-Parra, P. A., Mandal, R., Singh, A. P., Hernández-Brenes, C., & Fuentes, S. (2020). Beer and consumer response using biometrics: Associations assessment of beer compounds and elicited emotions. *Foods*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/foods9060821>
- [8] Seo, S. H., Kim, E. J., Park, S. E., Park, D. H., Park, K. M., Na, C. S., & Son, H. S. (2020). GC/MS-based metabolomics study to investigate differential metabolites between ale and lager beers. *Food Bioscience*, 36, 100671. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100671>
- [9] Sánchez-Picón, M. (2020). *Análisis fisicoquímicos para el control de calidad en la producción de cerveza*. 116. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/92817/fichero/TFG-2817+PICÓN-SÁNCHEZ%2C+MARÍA.pdf>
- [10] Huang, Y., Tippmann, J., & Becker, T. (2017). Kinetic studies of main wort flavor compounds and iso- α -acids during wort boiling: a review. *European Food Research and Technology*, 243(9), 1485–1495. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2858-6>