

Influencia de la adición de hierbas aromáticas y especias sobre la fermentación alcohólica de miel

Amaury Blanco, Alexander Torres, Alejandro Palacios y Martha Cuenca

RESUMEN

El hidromiel es una bebida tradicional obtenida mediante fermentación alcohólica de una solución de miel de abejas, con la posible adición de otros productos tales como hierbas aromáticas y especias, las cuales le otorgan propiedades funcionales y medicinales. En este trabajo se evaluó la inclusión de hierbabuena, limonaria y canela en la producción de hidromiel. No se observaron diferencias en el tiempo de fermentación entre los ensayos con adición de hierbas aromáticas y canela y el de control (10 días), excepto para la fermentación con inclusión de limonaria, la cual no estabilizó durante el tiempo de monitoreo. Todos los hidromieles con inclusión de hierbas aromáticas y canela mostraron un incremento en el grado alcohólico (13,3 – 13,9%) en comparación con el ensayo de control (12,6%). El contenido de compuestos fenólicos totales en todos los ensayos (13,0-25,5 g/L de ácido cafeico) fue superior al máximo reportado para vinos; por tanto estos hidromieles pueden catalogarse como bebidas alcohólicas con propiedades funcionales.

Palabras Clave—Hidromiel, propiedades funcionales, análisis de componentes principales

I. INTRODUCCIÓN

El vino de miel o hidromiel es considerado como la primera bebida fermentada descubierta por el hombre y precursora de la cerveza. Es de gran importancia en países de Europa Oriental, donde representa el 30% del consumo de vinos. En Colombia, la elaboración de hidromiel es una actividad productiva poco desarrollada, realizada principalmente de forma casera, caracterizada por volúmenes de producción casi nulos y por una demanda que no trasciende el mercado local, conformado principalmente por el círculo familiar y de amistades del productor. A pesar de que Colombia no es un país con tradición vinícola, el consumo de vinos presentó un incremento de 0.3 a 2.4 litros per cápita entre 2007 y 2012 [1], mostrando un panorama positivo para este tipo de bebidas alcohólicas en el país.

Amaury Blanco: ajblancop@unal.edu.co, Ingeniero químico, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá

Alexander Torres: ciatorres@unal.edu.co, Ingeniero químico, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá

Alejandro Palacios: lapalaciosa@unal.edu.co, Ingeniero químico, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá

Martha Cuenca: mmcuencaq@unal.edu.co, Ingeniera química, PhD, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

Esta investigación se desarrolló en el marco del proyecto *Desarrollo de un modelo productivo de bebidas fermentadas de miel como estrategia para generar valor en el ámbito característico de la apicultura en Colombia*, financiado por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – Colciencias.

El hidromiel es una bebida alcohólica obtenida mediante fermentación alcohólica de miel de abejas utilizando levaduras de la especie *Saccharomyces cerevisiae*, que puede contener entre 8-18% en volumen de etanol [2]. Debido a las propiedades terapéuticas y nutracéuticas de la miel de abejas, y a la demanda creciente de productos gourmet y funcionales, el hidromiel ha ido ganando importancia económica en el mundo. Sin embargo, la producción de hidromiel presenta inconvenientes como fermentaciones prolongadas o incompletas, producción de sabores y olores indeseados y falta de uniformidad en las características de los hidromieles [3].

A nivel mundial, existe muy poca normatividad que regule los estándares de calidad del hidromiel. En Polonia existen publicaciones en el Diario Oficial de la Unión Europea [4]–[7] que reconocen distintos tipos de hidromieles dependiendo del proceso de producción y de las características fisicoquímicas del producto. Según [4], un hidromiel elaborado a partir de una parte de miel y dos partes de agua (denominado *Trójniak*) debe presentar un grado alcohólico entre 12 – 15% vol., un contenido de azúcares residuales entre 65 – 120 g/L, una acidez total expresada como ácido málico entre 3.5 – 8 g/L y una acidez volátil expresada como ácido acético inferior a 1.4 g/L. De igual manera, se han tomado requisitos de calidad establecidos para los vinos como referencias para la evaluación del hidromiel. Una de las recomendaciones más importantes para la calidad de los vinos es que el grado alcohólico sea superior a 11% vol., con lo cual se reduce el riesgo de que éstos se acetifiquen [8]. En Colombia, el ICONTEC publicó la NTC 708 [9], en la cual se establecen distintos parámetros de calidad para los vinos de frutas.

A nivel funcional, uno de los aspectos más importantes de los vinos es el contenido de compuestos antioxidantes, principalmente de polifenoles. Estos compuestos se encuentran de forma natural en las plantas, ofreciéndole resistencia a microorganismos e insectos y protección a la exposición del medio ambiente, a las radiaciones ultravioleta, a la contaminación y a los cambios drásticos de temperatura [10].

El consumo de productos ricos en compuestos fenólicos genera efectos positivos sobre la salud humana y contribuye a la prevención de enfermedades coronarias y de ciertos tipos de cáncer [11]. Los ácidos cafeico y gálico son compuestos polifenólicos con propiedades antioxidantes presentes en los vinos. Según la literatura el contenido de compuestos polifenólicos totales expresada en equivalentes de ácido gálico varía entre 0.1-0.25 g/L para vinos blancos [12] y entre 1.2-3.0 g/L para vinos tintos [13], [14].

La demanda actual de productos de origen orgánico y con características funcionales, ha estimulado la generación de

productos ricos en compuestos polifenólicos y en agentes antioxidantes, antimutagénicos, anticarcinógenos y antiinflamatorios [10]. En este sentido, las hierbas aromáticas y las especias son reconocidas por sus características conservantes, aromatizantes, medicinales y terapéuticas [15]. La inclusión de estos productos durante la fermentación alcohólica de miel de abejas permite obtener hidromieles denominados *metheglin*, término que proviene del vocablo galés *meddyglyn* que significa “licor medicinal”, debido a las propiedades diuréticas, antiasmáticas, antidepresivas, sedativas y bioactivas provenientes de las hierbas aromáticas y/o especias [15], [16], [17].

La actividad antioxidante de los hidromieles está asociada principalmente a la presencia de compuestos fenólicos que dependen del tipo de miel y de los ingredientes utilizados como jugos de frutas o extractos herbales [18]. La inclusión de hierbas aromáticas y especias en la elaboración de hidromiel para el aprovechamiento de todas sus propiedades bioactivas es un tópico alrededor del cual no existen trabajos de investigación científica. Por tanto se desconoce la influencia de estos productos sobre el comportamiento cinético de la fermentación alcohólica de miel de abejas y sobre las características fisicoquímicas y funcionales de los hidromieles. Este estudio tiene como objetivo evaluar la influencia de la limonaria, la hierbabuena y la canela sobre la fermentación alcohólica de miel de abejas, especialmente sobre las características bioactivas de los hidromieles obtenidos.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Miel de abejas y otras materias primas e insumos

Se utilizó miel de abejas cristalizada, proveniente del municipio de San Mateo (Boyacá, Colombia), polen apícola seco y molido proveniente del municipio de Viracachá (Boyacá, Colombia) como fuente de nutrientes, citrato de sodio (Merck) para ajustar la acidez total de los medios fermentativos y limonaria (*Cymbopogon citratus*), hierbabuena (*Mentha spicata*) y canela (*Cinnamomum verum*) frescas provenientes de un mercado local de Bogotá.

B. Cepa de levadura y condiciones de manejo

Se utilizó una cepa comercial liofilizada de levadura de la especie *Saccharomyces cerevisiae* variedad bayanus (Uvaferm BC Champagnerhefe, Lallemand Inc.). El rango de temperatura óptimo para esta levadura durante la fermentación es de 14-34°C y su tolerancia al alcohol alcanza el 21% (v/v). Las levaduras se mantuvieron almacenadas en refrigeración a 4°C.

C. Preparación del mosto de fermentación

La miel de abejas fue diluida con agua potable comercial hasta 24°Brix. Esta mezcla fue suplementada con polen apícola en una proporción de 4 g/L y se le ajustó el pH en un valor de 4.6±0,1 utilizando citrato de sodio. Se prepararon mostos con 60 g/L de limonaria, 40 g/L de hierbabuena y 12.5 g/L de canela, así como un mosto de control sin adición de hierbas aromáticas ni canela. Todos los mostos fueron sometidos a calentamiento a 65°C durante 20 minutos y enfriados rápidamente hasta temperatura ambiente.

D. Inóculo y condiciones de fermentación

El inóculo se preparó mediante la hidratación de 0.4 g/L de levadura en 10% del volumen del mosto de miel de abejas pasteurizado, a una temperatura de 37°C durante 15 minutos,

siguiendo las instrucciones del fabricante. Las fermentaciones se realizaron en recipientes de vidrio esterilizados tapados con gasa estéril para permitir la liberación del dióxido de carbono. Estos fueron incubados a 25°C durante 13 días sin agitación. Todos los ensayos fueron realizados por duplicado.

E. Monitoreo de la fermentación

Periódicamente se tomaron muestras del mosto fermentativo de miel para la medición de los sólidos solubles totales y la gravedad específica por refractometría según el método OIV-MA-AS2-02, la acidez total expresada como gramos de ácido tartárico por litro mediante titulación ácido-base según el método OIV-MA-AS313-01 y el pH mediante potenciometría según el método OIV-MA-AS313-15 de la Organización Internacional de la Viña y el Vino [19], [20].

F. Caracterización fisicoquímica y funcional

Los hidromieles obtenidos fueron caracterizados mediante la medición de los parámetros fisicoquímicos: pH, acidez total y contenido de sólidos totales según las metodologías citadas anteriormente, acidez volátil expresada como gramos de ácido acético por litro según el método de Duclaux-Gayon descrito en [8] y grado alcohólico por densimetría según el método OIV-MA-AS312-01B [19]. Se determinó la capacidad antioxidante de los hidromieles mediante la medición de la concentración de fenoles totales, expresada como gramos de ácido cafeico por litro, mediante espectrofotometría utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu, siguiendo el método OIV-MA-AS2-10, ABTS según la metodología reportada por [21] y FRAP según la metodología reportada por [22]. Los resultados obtenidos mediante ABTS y FRAP se reportaron en mmol de trolox por litro.

G. Análisis estadístico

Se calcularon los promedios y desviaciones estándar de los resultados y se realizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA), una prueba de Tukey para identificar diferencias entre los ensayos y un análisis de componentes principales (PCA), utilizando el software Matlab R2012b (The Mathworks Inc., USA).

III. RESULTADOS

A. Caracterización fisicoquímica de mostos de miel

En la Tabla 1 se presentan las condiciones iniciales de las principales características fisicoquímicas de los mostos fermentativos de miel de abejas.

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica de los mostos fermentativos de miel

	Hi-Co	Hi-Hi	Hi-Li	Hi-Ca
Gravedad específica	1.101	1.101	1.098	1.101
pH	4.46	4.60	4.55	4.46
Grados Brix	24	24	23.5	24
Acidez total (g ácido tartárico·L⁻¹)	1.70	1.64	1.36	1.07

Hi-Co: Hidromiel de control; Hi-Hi: Hidromiel con hierbabuena; Hi-Li: Hidromiel con limonaria; Hi-Ca: Hidromiel con canela

B. Monitoreo de los ensayos de fermentación

Los resultados del monitoreo de los ensayos de fermentación alcohólica mostraron una disminución acelerada del pH (Fig. 1), como consecuencia del incremento de la acidez total (Fig. 2) en los primeros seis días de fermentación.

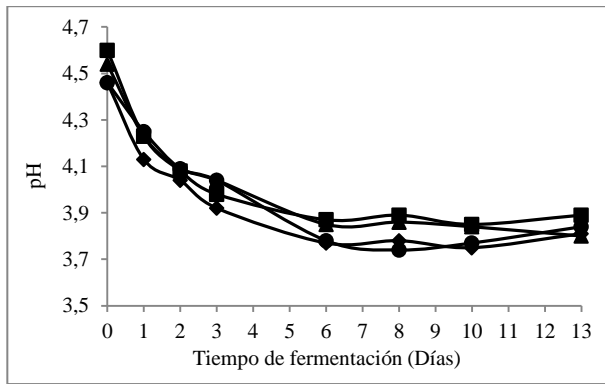


Fig. 1. Variación del pH durante los ensayos de fermentación alcohólica de control (◆), con hierbabuena (■), limonaria (▲) y canela (●)

Este comportamiento se ha reportado previamente y es atribuido a la síntesis de los ácidos acético y succínico, lo cual reduce rápidamente el pH del medio [23]. Ambos parámetros fisicoquímicos se estabilizaron a partir del sexto día de fermentación.

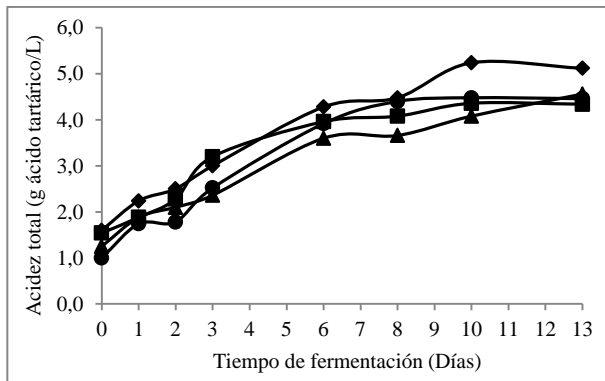


Fig. 2. Variación de la acidez total durante los ensayos de fermentación alcohólica de control (◆), con hierbabuena (■), limonaria (▲) y canela (●)

En cuanto a la acidez total, todas las fermentaciones con adición de hierbas aromáticas y canela se estabilizaron en valores cercanos a 4.5 g/L, mientras que la fermentación de control se estabilizó alrededor de 5.0 g/L, y en todos los ensayos el pH de los hidromieles se estabilizó en valores entre 3.8-3.9. De esta manera, todos los hidromieles obtenidos cumplieron los requisitos de calidad exigidos por la normatividad colombiana para la acidez total: 3.5-10 g/L, y para el pH: 2.8-4.0 [9].

El monitoreo del contenido de sólidos solubles totales, expresado como grados Brix, durante las fermentaciones mostró una tendencia similar a las obtenidas por otros autores [24], [25]. Los perfiles mostrados en la Fig. 3 no mostraron diferencias en la velocidad de consumo de los azúcares, reflejado en valores del contenido de sólidos solubles totales finales alrededor de 10°Brix, excepto para la limonaria.

Se observa también en la Fig. 3 que todos los ensayos presentaron un retraso de dos días en el inicio de la fermentación, lo cual puede estar asociado a condiciones de estrés para las células de levadura, asociadas a la concentración de azúcares, dificultando la adaptación de las mismas al medio y disminuyendo la velocidad inicial de consumo de azúcares.

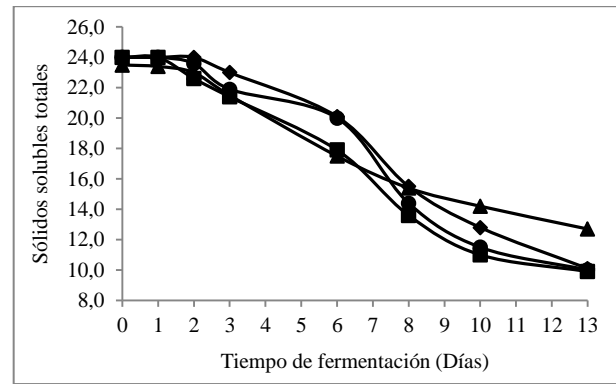


Fig. 3. Variación del contenido de sólidos solubles totales (Grados Brix) durante los ensayos de fermentación alcohólica de control (◆), con hierbabuena (■), limonaria (▲) y canela (●)

A partir de los perfiles de variación de la gravedad específica mostrados en la Fig. 4 se determinó el tiempo a partir del cual la fermentación alcohólica alcanzó la estabilización en cuanto al consumo de azúcares y la producción de etanol. El tiempo de estabilización para las fermentaciones de control y con adición de hierbabuena y canela fue de 240 horas (10 días), mientras que para la fermentación con limonaria la estabilización no se logró durante las 312 horas (13 días) de monitoreo.

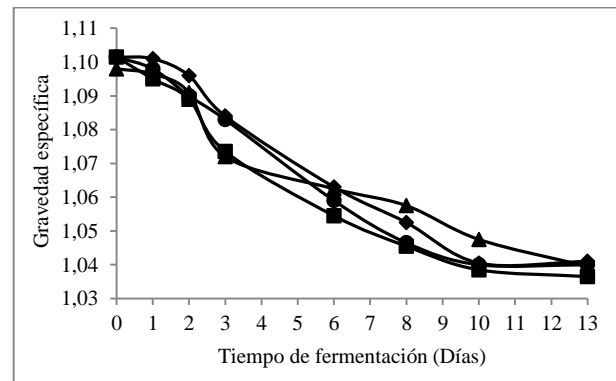


Fig. 4. Variación de la gravedad específica durante los ensayos de fermentación alcohólica de control (◆), con hierbabuena (■), limonaria (▲) y canela (●)

C. Influencia de la hierbabuena, limonaria y canela

En la Tabla 2 se presentan las principales características fisicoquímicas de calidad y funcionales de los hidromieles obtenidos con inclusión de hierbabuena, limonaria y canela.

El análisis estadístico de estos resultados mostró que no existen diferencias significativas para el contenido de sólidos solubles y el pH de los hidromieles. La adición de hierbas aromáticas y especias causó una disminución significativa de la acidez total respecto al hidromiel de control, lo cual puede tener un impacto sobre las características sensoriales de los hidromieles.

Se observa que la adición de hierbas aromáticas y canela incrementó el grado alcohólico de los hidromieles, aunque solo el resultado obtenido con inclusión de hierbabuena es significativamente diferente respecto al hidromiel de control. Esto se refleja también en la gravedad específica de la bebida, la cual es significativamente más baja para este hidromiel en comparación con los demás ensayos.

Tabla 2. Propiedades fisicoquímicas y funcionales de los hidromieles obtenidos

	Control	Hierbabuena	Limonaria	Canela
Grados Brix	10.2±0.2 ^a	9.3±0.2 ^a	9.7±0.4 ^a	9.9±0.2 ^a
Gravedad específica	1.041±0.001 ^a	1.037±0.001 ^b	1.039±0.001 ^a	1.039±0.001 ^a
pH	3.83±0.04 ^a	3.90±0.01 ^a	3.88±0.06 ^a	3.84±0.02 ^a
Acidez total (g ácido tartárico·L⁻¹)	5.16±0.07 ^a	4.45±0.18 ^b	4.62±0.19 ^b	4.51±0.07 ^b
Acidez volátil (g ácido acético·L⁻¹)	0.29±0.02 ^a	0.49±0.06 ^b	0.36±0.01 ^a	0.25±0.02 ^a
Grado alcohólico (%v/v)	12.6±0.4 ^a	13.9±0.2 ^b	13.3±0.1 ^{ab}	13.6±0.4 ^{ab}
FRAP (mmol trolox·L⁻¹)	0.215±0.007 ^a	0.451±0.006 ^b	0.21±0.01 ^a	0.247±0.005 ^a
ABTS (mmol trolox·L⁻¹)	0.615±0.015 ^a	0.903±0.003 ^b	0.60±0.04 ^a	0.766±0.032 ^c
Fenoles totales (g ácido cafeico·L⁻¹)	16.0±0.5 ^a	25.5±2.3 ^b	13.0±2.5 ^a	19.8±0.9 ^a

Letras diferentes en el superíndice de los valores dentro de la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Se observa que la adición de hierbabuena y limonaria incrementaron la acidez volátil en comparación con el ensayo de control, pero solo para el ensayo con hierbabuena el valor de este parámetro es significativamente más alto. Esto sugiere que la adición de esta hierba representó una condición de estrés adicional para las levaduras. Aunque un mayor nivel de acidez volátil puede incidir negativamente sobre el balance y equilibrio sensorial de los hidromieles, ninguno de los valores excedió el requisito máximo (1.2 g/L de ácido acético) permitido por la normatividad colombiana [9]

En la Tabla 3 se muestran las productividades alcohólicas calculadas a partir de los grados alcohólicos y los tiempos requeridos para la estabilización de las fermentaciones.

Tabla 3. Productividades de las fermentaciones alcohólicas de miel con adición de hierbabuena, limonaria y canela

	Productividad. g·(L·h) ⁻¹
Control	0.414
Hierbabuena	0.457
Limonaria	0.336
Canela	0.447

Se observa que la adición de hierbabuena y canela incrementan levemente el valor de la productividad respecto de la fermentación de control debido a la estimulación en la producción de etanol y a que el tiempo de fermentación fue

el mismo. En el caso de la limonaria, la productividad obtenida estuvo por debajo incluso de la fermentación de control puesto que no se encontraron diferencias significativas para el grado alcohólico y el tiempo de fermentación fue mucho mayor (312 horas).

A nivel funcional, tanto el hidromiel de control como los elaborados con adición de hierbabuena, limonaria y canela presentaron un contenido de polifenoles totales muy superior a lo reportado para vinos [13], [14]. Esto se atribuye a los compuestos fenólicos presentes en la miel de abejas y a los aportados por el polen, las hierbas aromáticas y la canela. Los resultados para el contenido de fenoles totales, FRAP y ABTS fueron significativamente más altos para los hidromieles con adición de hierbabuena en comparación con los demás ensayos. Aunque el hidromiel con canela presentó valores levemente mayores en comparación con el ensayo de control y con adición de limonaria, no se encontraron diferencias significativas en comparación con los ensayos de control y con adición de limonaria, excepto para ABTS.

El análisis de componentes principales (PCA) para los parámetros fisicoquímicos y funcionales presentados la Tabla 2 (Fig. 5), explicó el 70.35% de la varianza total con los dos primeros componentes principales, y mostró que los hidromieles de control, con hierbas aromáticas y canela pueden diferenciarse claramente en clases respecto a las variables evaluadas.

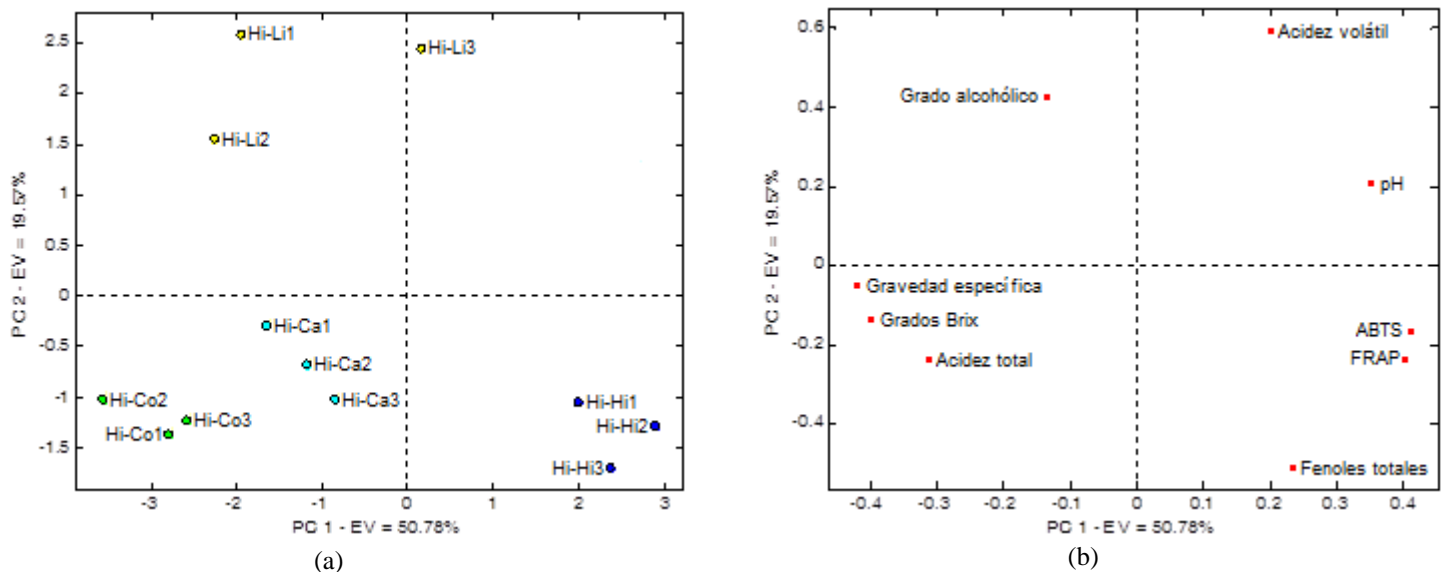


Fig. 5 (a) *Score* y (b) *loading plots* obtenidos del análisis de componentes principales para las variables evaluadas
 Hi-Co: Hidromiel de control; Hi-Hi: Hidromiel con hierbabuena; Hi-Li: Hidromiel con limonaria; Hi-Ca: Hidromiel con canela.
 Los subíndices representan las réplicas de cada uno de los ensayos.

La Fig. 5 muestra que la adición de hierbabuena en la preparación del mosto de miel influye significativamente sobre las características antioxidantes, incrementando las propiedades funcionales de los hidromieles, así como el pH y la acidez volátil de las bebidas. El hidromiel de control presentó los mayores valores para los grados Brix y la densidad, lo que a su vez está relacionado directamente con el menor nivel contenido de alcohol alcanzado en comparación con las otras fermentaciones. Se puede inferir que la adición de hierbabuena y canela potencializa las propiedades funcionales de los hidromieles y permite obtener productos con características fisicoquímicas de calidad establecidas por la normatividad colombiana.

IV. CONCLUSIONES

Los hidromieles obtenidos con adición de hierbabuena, limonaria y canela cumplieron satisfactoriamente con los requisitos de calidad exigidos por la Norma Técnica Colombiana 708 publicada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación–ICONTEC. A pesar de que estas materias primas no ejercieron una influencia significativa sobre la velocidad de la fermentación alcohólica de miel, permitieron incrementar el grado alcohólico. De igual manera, se observó un incremento en la acidez volátil al incluir hierbas aromáticas. En ambos casos, el incremento sólo fue significativo respecto al hidromiel de control cuando se adicionó hierbabuena al mosto. No obstante, ninguno de los parámetros de calidad evaluados superó los límites establecidos en las normas locales e internacionales para bebidas tipo vino, lo que garantiza que los hidromieles obtenidos sean adecuados para la comercialización en el país.

Todos los ensayos incluyendo el de control mostraron un contenido de polifenoles totales comparable con el reportado para los vinos tintos. En particular, la adición de hierbabuena produjo un incremento significativo en todos los indicadores de calidad funcional evaluados, lo que le convierte en el hidromiel con mayores propiedades antioxidantes. Estos resultados también indican que las propiedades funcionales de los hidromieles con limonaria y canela proceden exclusivamente de la miel de abejas y del polen apícola empleado, puesto que los valores para los fenoles totales, FRAP y ABTS no difieren significativamente del hidromiel de control. A pesar de ello, estos hidromieles pueden catalogarse como bebidas alcohólicas con propiedades antioxidantes que puede generar un impacto positivo sobre la salud de quienes los consuman regularmente.

Debido a que este efecto depende directamente del porcentaje de inclusión de las hierbas aromáticas y especias, se requieren estudios posteriores que permitan establecer el porcentaje de inclusión, considerando el efecto antimicrobiano de estas materias primas sobre los aspectos cinéticos de la fermentación alcohólica y el aporte de propiedades funcionales a los hidromieles.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA de la Universidad Nacional de Colombia por facilitar las instalaciones, equipos, reactivos y personal para la realización de esta investigación y a la Asociación de Apicultores de Boyacá – ASOAPIBOY por proveer la miel de abejas y el polen utilizados en este estudio.

- [1] I. Alía. (Octubre, 2012). El mercado del vino en Colombia [Online]. Disponible en <http://www.icex.es/icex/es/navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/paises/navegacion-principal/el-mercado/estudios-informes/4640807.html?idPais=CO&>null>
- [2] A. Mendes-Ferreira, F. Cosme, C. Barbosa, V. Falco, A. Inês, y A. Mendes-Faia, "Optimization of honey-must preparation and alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* for mead production," *Int. J. Food Microbiol.*, vol. 144, no. 1, pp. 193–198, Septiembre 2010.
- [3] E. Ramalhosa, T. Gomes, A. P. Pereira, T. Dias, y L. M. Estevinho, *Mead production: Tradition versus modernity*. Burlington: Academic Press, 2011, pp. 101–118.
- [4] Publicación C 265, *Diario Oficial de la Unión Europea*. Varsovia, Polonia, 2007, pp. 29–34.
- [5] Publicación C 266, *Diario Oficial de la Unión Europea*. Varsovia, 2007, pp. 27–32.
- [6] Publicación C 267, *Diario Oficial de la Unión Europea*. Varsovia, Polonia, 2007, pp. 40–45.
- [7] Publicación C 268, *Diario Oficial de la Unión Europea*. Varsovia, Polonia, 2007, pp. 22–27.
- [8] B. Hatta-Sakoda, "Fermentación alcohólica: Producción de vino", en *Mem.Capac. Fermentación alcohólica: Producción de vino*, 2012
- [9] *Bebidas alcohólicas. Vinos de frutas*, Norma ICONTEC NTC 708, 2000.
- [10] A. B. Casares Faulín, "Análisis de polifenoles en los vinos mediante técnicas de separación," Proyecto final de carrera, Dept. Quím., Univ. Politécnica de Catalunya, Barcelona, España, 2010.
- [11] C. A. Rice-Evans, N. J. Miller, y G. Paganga, "Antioxidant properties of phenolic compounds," *Trends Plant Sci.*, vol. 2, no. 4, pp. 152–159, Abril 1997.
- [12] D. Komes, D. Ulrich, K. Kovacevic Ganic, y T. Lovric, "Study of phenolic and volatile composition of white wine during fermentation and a short time of storage," *Vitis - J. Grapevine Res.*, vol. 46, no. 2, pp. 77–84, 2007.
- [13] S. M. Basha, M. Musingo, y V. S. Colova, "Compositional differences in the phenolics compounds of muscadine and bunch grape wines," *J. Biotechnol.*, vol. 3, no. 10, pp. 523–528, Octubre 2004.
- [14] S. Arranz, G. Chiva-Blanch, P. Valderas-Martínez, A. Medina-Remón, R. M. Lamuela-Raventós, y R. Estruch, "Wine, beer, alcohol and polyphenols on cardiovascular disease and cancer," *Nutrients*, vol. 4, no. 7, pp. 759–781, Julio 2012.
- [15] L. E. Craker, "Medicinal and aromatic plants —Future opportunities," in *Issues in new crops and new uses*, J. Janick and A. Whipkey, Eds. Alexandria, VA: ASHS Press, 2007, pp. 248–257.
- [16] American Mead Makers Association. (2012). Mead styles. [Online]. Disponible en: <http://www.meadmakers.org/styles.htm>
- [17] B. Burch, "Making sense of making mead," *Zymurgy*, pp. 38–61, Mayo/Junio 2000.
- [18] D. Kahoun, S. Řezková, K. Veškrnová, J. Královský, y M. Holčápek, "Determination of phenolic compounds and hydroxymethylfurfural in meads using high performance liquid chromatography with coulometric-array and UV detection," *J. Chromatogr. A*, vol. 1202, no. 1, pp. 19–33, Junio 2008.
- [19] *Compendium of international methods of wine and must analysis*, Organización Internacional de la Viña y el Vino, vol. 1, París, 2015.
- [20] *Compendium of international methods of wine and must analysis*, Organización Internacional de la Viña y el Vino, vol. 2, París, 2015.
- [21] R. Re, N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang, y C. Rice-Evans, "Antioxidant activity applying an improved ABTS

- radical cation decolorization assay,” *Free Radic. Biol. Med.*, vol. 26, no. 9–10, pp. 1231–1237, Octubre 1999.
- [22] I. F. Benzie y J. J. Strain, “The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of ‘antioxidant power’: the FRAP assay,” *Anal. Biochem.*, vol. 239, no. 1, pp. 70–76, Enero 1996.
- [23] P. Sroka y T. Tuszyński, “Changes in organic acid contents during mead wort fermentation,” *Food Chem.*, vol. 104, no. 3, pp. 1250–1257, Enero 2007.
- [24] C. Acosta Romero, “Evaluación de la fermentación alcohólica para la producción de hidromiel,” Tesis de M.Sc., Dept. Ing. Quím., Univ. Nacional de Colombia, Bogotá, 2012.
- [25] A. Blanco, M. Quicazán, y M. Cuenca, “Efecto de algunas fuentes de nitrógeno en la fermentación alcohólica de miel,” *Vitae*, vol. 19, no. 1, pp. 234–236, Junio 2012.