

Caracterización fisicoquímica de vinagres obtenidos a partir de mostos de uva (*Vitis labrusca*)

Carol Segura¹, Ernesto Posada², Andrés Revuelta³, Nathalie Bohorquez⁴, Walter Pérez Mora^{5,6}

RESUMEN

La uva isabella (*Vitis labrusca*) es una variedad de uva tinta cultivada en Colombia principalmente en los departamentos de Valle del Cauca y Huila, convirtiéndose en la fuente agroeconómica de estas regiones; el vinagre a partir de la uva isabella es un producto con potencial de comercialización constituyendo una fuente de ingresos adicionales a los agricultores, debido a su contenido nutricional por la presencia de compuestos fenólicos y antioxidantes permitiendo dar un valor agregado. En este estudio se caracterizó fisicoquímicamente el vinagre producido a partir de mostos de la uva isabella, por sistemas de producción tradicionales; midiendo parámetros como pH, contenido de ácido acético, contenido de fenoles totales, aidez titulable, contenido de minerales, sulfatos, cloruros y metales pesados contaminantes del producto. El Vinagre cumple con los parámetros exigidos por la Norma Técnica Colombiana 2188 de 2012.

Palabras Clave— NTC 2188, Uva Isabella, vinagre, compuestos fenólicos y antioxidantes.

I. INTRODUCCIÓN

La uva Isabella (*Vitis Labrusca* L) es una variedad de uva para vinificación proveniente del sur de los Estados Unidos, adaptada a los suelos Colombianos. Actualmente la producción de uva Isabella en Colombia se encuentra centralizada en el departamento de valle del cauca en los municipios de Cerrito, Guacarí y Ginebra, con 21.660 toneladas, con un porcentaje nacional de 84.5%, seguido de Huila con 3.817 toneladas con un porcentaje nacional de 14.9%, aunque también es cultivada en Boyacá y los Santanderes, con 2 cosechas al año [1,2].

Debido a su contenido de azúcares, la uva Isabella es una

1 cdsegura2@misena.edu.co, Tecnólogo en formación, Química aplicada a la Industria, Centro de gestión Industrial SENA.

2 posada0723@misena.edu.co, Tecnólogo en formación, Química aplicada a la Industria, Centro de gestión Industrial SENA.

3 afrevuelta@misena.edu.co, Tecnólogo en formación, Química aplicada a la Industria, Centro de gestión Industrial SENA.

4 nathalex@misena.edu.co, Tecnólogo en formación, Química aplicada a la Industria, Centro de gestión Industrial SENA.

5 whperez@unal.edu.co, perez.walter@ecc.edu.co, MSc Química. Instructor, Centro de gestión Industrial SENA. Docente investigador, Universidad ECCI.

buena fuente para la producción de bebidas alcohólicas y vinagres. El vinagre es el producto de una doble fermentación, alcohólica y acética, de productos de origen agrícola, es decir, la primera fermentación consiste en la degradación de azúcares fermentables a etanol por acción de levaduras; mientras la acetificación es la oxidación del etanol producido a ácido acético por bacterias acéticas. El vinagre de uva está en la clasificación de vinagre de vino, generalmente usado como condimento y conservante de alimentos [3]. El vinagre se puede diferenciar por sus sistemas de producción (cultivo superficial – cultivo sumergido), el proceso empleado en este estudio fue un sistema de producción superficial, el cual es óptimo para obtener características organolépticas particulares de la fruta fermentada. En el proceso, la transformación a ácido acético se lleva a cabo por un cultivo estático en la interfaz entre líquido y sólido con la adición de bacterias acéticas de vinagre sin pasteurizar [4], y se debe llevar un control sobre la variable temperatura, ya que la velocidad de producción de las bacterias depende de esta. La fermentación debe estar comprendida dentro del intervalo entre 28-33°C que es la temperatura óptima para obtener un mayor rendimiento, sin embargo, a temperaturas mayores se aumentan las pérdidas de alcohol y productos volátiles [5,6] por consiguiente se ha reportado que las fermentaciones llevadas a temperaturas menores a este rango tienen una mayor producción de ésteres aromáticos claves en las características organolépticas [7].

Los vinagres obtenidos por métodos tradicionales se consideran de calidad debida a su complejidad organoléptica. En este sentido es de particular interés el contenido de compuestos fenólicos, ya que están asociados con características como el color, sabor y astringencia, y además porque se consideran compuestos bioactivos por sus propiedades antioxidantes [8, 9]. Se pueden distinguir como flavonoides y no flavonoides, y pueden estar esterificados con el ácido tartárico presente en la uva [8]

El presente estudio se propone para la elaboración de vinagres, como producto de valor agregado del cultivo de la uva Isabella, por el método tradicional y se hace la medición de las características funcionales del producto obtenido haciendo énfasis en los compuestos fenólicos.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Los vinagres analizados se realizaron con uva isabella proveniente del departamento de valle del cauca, con un punto

de maduración cinco de acuerdo a la NTC 5321 de 2004 [10] llevando a cabo dos procesos fermentativos por el método tradicional, con pretratamientos diferentes.

Caracterización fisicoquímica de los frutos

Los parámetros de caracterización fisicoquímica en frutos, constituyen factores característicos de la calidad del fruto. Se hicieron medidas de pH por el método potenciométrico de acuerdo a la AOAC 981.12 [11]; Acidez total titulable (ATT) por titulación del jugo con hidróxido de sodio mediante mediciones potenciométricas de pH de acuerdo al método AOAC 942.15 [12] expresado en g/L de ácido tartárico; sólidos solubles totales (SST) por refractometría del fruto macerado en unidades de °Brix de acuerdo al método de AOAC 932.14 [13, 14]; ceniza por método gravimétrico de acuerdo a la AOAC 923.03 [15]; humedad por método gravimétrico de acuerdo a la AOAC 20,013 [16]; por último la cuantificación de azúcares reductores se realizó de acuerdo a la reacción que se presenta con el ácido 3,5-dinitrosalicílico, el cual se reduce en medio básico por reacción con estos azúcares, formando un producto de color rojo ladrillo que puede ser detectado a 540 nm. La determinación se hizo de acuerdo a [17]. Los datos fueron interpolados con la curva de calibración empleando glucosa como patrón. Los resultados se expresaron en porcentaje de glucosa.

Preparación, seguimiento y control en los procesos fermentativos.

Para la preparación de los mostos antes de la fermentación alcohólica se realizaron dos pretratamientos, al primero de ellos solamente se cortó la fruta, mientras que en el segundo se efectuó un proceso de estrujado firme de las bayas sin afectar las semillas; Se mantuvo una relación p/v 1/1 de fruta/agua con adición de azúcar morena hasta obtener un contenido de sólidos solubles disueltos de 18 °Brix con un pH inicial de 3.50, el ajuste de pH se realizó con bicarbonato de sodio, a un pH de 4. Acondicionado el mosto se toma 1/8 parte para activar la levadura *Saccharomyces cerevisiae*-LSA (levadura seca activa) agregando 1.5 g por cada litro de mosto a una temperatura de 37°C durante 5 minutos para realizar la inoculación. Cada uno de los procesos fermentativos se llevó a condiciones de aerobiosis a una temperatura de $20 \pm 2.0^\circ\text{C}$.

El seguimiento de la fermentación se realizó los días (0, 4, 5, 7, 9, 11, 13, 15) en los cuales se midieron los parámetros de pH, porcentaje de etanol de acuerdo al método [18] y contenido de azúcares con los métodos anteriormente descritos, terminada la fermentación alcohólica se procedió a realizar un proceso de filtración para separar los hollejos del mosto, para dar inicio a la fermentación acética, se realizó una dilución con agua hasta obtener una concentración final de 8 % de etanol, y se inoculó con *Mycoderma aceti* obtenida de un vinagre tradicional sin pasteurizar. Los fermentos se mantuvieron a temperatura de $20 \pm 2.0^\circ\text{C}$. Se tomaron muestras los días (20, 22, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60) midiendo los parámetros de pH y porcentaje de etanol.

Caracterización fisicoquímica de los vinagres

Para la caracterización de los vinagres se midieron los parámetros de pH, acidez total titulable, cenizas de acuerdo a los parámetros anteriormente mencionados, se realizó una

medición de sulfatos por método turbidimétrico de acuerdo [19]; determinación de contenido de cloruros por método potenciométrico utilizando un equipo multiparámetro HI 9829 (Hanna Instruments, Inc. Woonsocket, R.I. USA) con electrodo de ion selectivo.

Determinación de Compuestos fenólicos totales en vinagre

Los compuestos fenólicos se cuantificaron de acuerdo a la reacción que presentan con el reactivo de Folin-Ciocalteu (tungstosfato y molibdofosfato), el cual se reduce en solución alcalina, formando un producto de color azul que puede ser detectado a 760 nm. La determinación se hizo según [20]. Los datos fueron interpolados con la curva de calibración empleando como estándar de fenoles ácido gálico (Sigma-Aldrich). Los resultados se expresaron en μg de ácido gálico/L de vinagre. Para calcular el Índice de polifenoles totales (IPT), Índice de contenido de flavonoles y el Índice del contenido de ácidos hidroxicinámicos se realizó la medida de las absorbancias en vinagre diluido 1:100 con agua tipo 1 a 280 nm, 365nm y 320 nm respectivamente [21].

Los taninos se cuantifican como antocianógenos. El vinagre se diluyó 1:10 con agua tipo I. A un mL del vinagre diluido se le adicionó 0.5 mL de agua y 3 mL de ácido clorhídrico concentrado en tubos de ensayo con tapa. Este se calentó a 90°C durante 1 hora, se enfrió a temperatura ambiente protegido de la luz y se le adicionó 0.5 mL de etanol (A). Otro tubo con las mismas características sin el paso de calentamiento y protegido de la luz, se utilizó como blanco de procedimiento (B). Finalmente se midió la absorbancia a 550 nm. La concentración de Taninos se calcula como taninos $\left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) = 19.33 * \frac{A_A - A_B}{5}$, teniendo en cuenta el coeficiente de extinción molar de la cianidina obtenida por hidrólisis ácida de taninos condensados [22,23].

Para la medida de los antocianos totales se tomaron 0.5 mL del vinagre y se adicionó 0.5 mL de etanol y 10 mL de HCl 2%. A 5 mL de esta solución se le adicionan 2 mL de NaHSO_3 al 16 % (A), que se compara contra otra muestra a la que se le adicionan 2 mL de agua en lugar del bisulfito (B). La concentración de antocianos se calcula a partir de la ecuación de Ribereau-Gayon y Stonestreet [24] la cual se basa en el coeficiente de extinción molar de malvidina-3-glucósido, $\left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) = 875 * (A_B - A_A)$.

Determinación de ácidos orgánicos en vinagre por HPLC

Se determinó el contenido de los ácidos cítrico, málico, oxálico y acético por HPLC a 207nm. La extracción de ácidos orgánicos se realizó con base en lo descrito por [25]. Las muestras fueron analizadas en un cromatógrafo líquido HPLC Shimadzu (Shimadzu, Kioto, Región de Kinki, Japón), con una columna HPLC ROA acid organic H+ 30 cm x 7,8 mm, con un autoinyector un detector de arreglo de diodos PDA. Los datos fueron interpolados con la curva de calibración empleando estándares de ácido oxálico, ácido tartárico, ácido málico y ácido acético (Sigma-Aldrich), los resultados se expresaron en mg de ácido orgánico/L de vinagre.

Determinación de minerales por Espectrofotometría de absorción atómica

Se determinó el contenido de macronutrientes (Sodio, potasio, calcio, magnesio), micronutrientes (zinc, cobre, manganeso, hierro, molibdeno) y algunos metales contaminantes (plomo, níquel, cadmio, cromo, mercurio, arsénico). La determinación se realizó de acuerdo a Ozturk y colaboradores 2015 [26]. 10 mL del vinagre obtenido se sometieron a digestión con 5 mL de ácido nítrico y 1 mL de peróxido de hidrógeno. Se calentó a 90 °C durante 2 horas, se filtró y se diluyó a 50 mL. El análisis se realizó en un espectrofotómetro de absorción atómica de fuente continua de alta resolución ContrAA 700 (Analytik Jena, Jena, Alemania), se utilizó llama de aire/óxido nítrico para la cuantificación de calcio y molibdeno, sistema de generación de hidruros para la determinación de mercurio y arsénico, y llama de aire/acetileno para la determinación de los metales restantes. Las curvas de calibración se realizaron con patrones certificados utilizando 6 puntos de calibración y los resultados se reportan como mg de metal/L de vinagre.

Identificación de vinagres en el infrarrojo

La identificación de los vinagres obtenidos se realizó con un espectrómetro Agilent Technologies FT-IR compact-benchtop Cary 630; realizando la identificación de agua y vinagre comercial como patrones para la identificación del producto final, para aumentar las propiedades organolépticas y fitoquímicas del vinagre se mezcló orujos los cuales fueron secados hasta reducir al máximo el contenido de humedad para poder ser macerados e introducidos en el vinagre antes de su pasteurización. Las medidas se realizaron de acuerdo a [27]

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el programa XLSTAT. Se realizaron pruebas de normalidad de los datos con el método de Ryan-Joiner y pruebas de homocedasticidad, como requerimientos para realizar un análisis de varianza ANOVA ($p < 0.05$).

III. RESULTADOS

Caracterización fisicoquímica de los frutos

En la tabla 1 se observan los valores promedio de las características fisicoquímicas de uva isabella proveniente del departamento de valle del cauca. El cual es un fruto ácido de acuerdo a los valores de pH y acidez titulable. Con un alto contenido de humedad.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos en frutos de uva *Vitis labrusca* L. en estado de maduración 5.

Parámetro	Resultado
Cenizas (%)	0.49 ± 0.07
Humedad (%)	82 ± 0.44
Azúcares reductores (%Glucosa)	7.26 ± 0.11
Acidez total titulable (g ácido tartárico/L)	0.94 ± 0.11
pH a 20 °C	3.2 ± 0.02
Sólidos solubles totales (°Brix)	11.5 ± 0.5

Los valores se representan como el promedio del parámetro en cuatro réplicas biológicas y tres réplicas técnicas con la desviación estándar de las réplicas

Preparación, seguimiento y control en los procesos fermentativos.

A continuación se exponen la gráfica 1 pertenecientes al vinagre con pretratamiento con fruta estrujada, en la figura 1 se observa la evolución de tres aspectos (pH, °Brix y etanol) respecto al tiempo durante la fermentación alcohólica, se puede apreciar cómo va disminuyendo el contenido de sólidos solubles totales a la vez que el pH se mantiene constante y va aumentando la producción de etanol resultado de la acción metabólica de la levadura. Durante la fermentación acética se observa cómo va disminuyendo el pH y la concentración de etanol; (los seguimientos de los procesos fermentativos cortado y estrujado se realizaron igual para los dos pretratamientos, los resultados de las muestras de seguimiento eran a afín en gran parte de los puntos de la gráfica, por lo que muestran los resultados del proceso con pretratamiento estrujado).

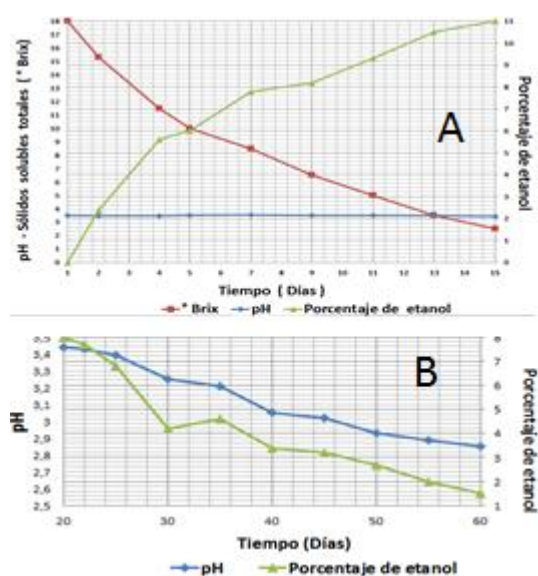


Fig. 1. Seguimiento de la fermentación alcohólica y acética para vinagre con pretratamiento de frutas estrujadas a partir de uva isabella (*Vitis labrusca*). A (fermentación alcohólica), B (fermentación acética).

Caracterización fisicoquímica de los vinagres

La caracterización de los vinagres con pretratamientos diferentes se muestra en la tabla 2, el resultado de los parámetros de cortado son diferentes respecto al estrujado. El contenido de ATT, cenizas y sulfatos es mayor a los resultados obtenidos de estrujado, el vinagre de mayor pH es el estrujado; respecto al contenido de sulfatos en estrujado es menor en comparación con cortado, sin embargo, el contenido de cloruros es mayor respecto al contenido de cloruros de cortado; la caracterización fisicoquímica es diferente para cada pretratamiento, estando en las mismas condiciones y realizadas al mismo tiempo.

Tabla 2. Caracterización fisicoquímica de vinagres elaborados a partir de uva Isabella con pretratamiento cortado y estrujado.

Parámetros	Cortado	Estrujado
ATT (%p/v)	5.50 ± 0.04 ^a	5.20 ± 0.06 ^b
pH a 20 °C	2.70 ± 0.02 ^a	2.73 ± 0.04 ^a

Cenizas (%)	0.20 ± 0.05 ^a	0.18 ± 0.09 ^a
Sulfatos (g K ₂ SO ₄ /L)	1.90 ± 0.03 ^a	1.63 ± 0.05 ^b
Cloruros (mg Cl/L)	160.3 ± 0.8 ^a	169.2 ± 1.2 ^b

En cada fila, la misma letra significa diferencias no significativas para el parámetro medido de acuerdo a un test de ANOVA con (P < 0.05).

Los valores se representan como el promedio del parámetro en cuatro réplicas biológicas y tres réplicas técnicas con la desviación estándar de las réplicas.

Determinación de Compuestos fenólicos totales

Se realizó la curva de calibración tomando como referencia el ácido gálico, dando como resultado la ecuación Absorbancia 760nm = 0.0821 (µg de ácido gálico/mL) 0.0903 que presenta un valor de R² = 0.9927, a partir de la cual se hace la comparación de las muestras problema. Los resultados se encuentran en la tabla 3. En esta tabla también se encuentran los resultados para las familias de polifenoles más relevantes de acuerdo a los métodos descritos.

Tabla 3. Caracterización de fenoles y familias de polifenoles en vinagres elaborados a partir de uva Isabella con pretratamiento cortado y estrujado.

Compuestos fenólicos	Cortado	Estrujado
Fenoles (mg de ácido gálico/L)	28.6 ± 0.6 ^a	179.5 ± 3.4 ^b
Taninos (mg/L)	1.38 ± 0.04 ^a	3.1 ± 0.4 ^b
Antocianinas (mg/L)	3.76 ± 0.12 ^a	26.0 ± 1.1 ^b
Índice de fenoles totales (IPT/L)	6.2 ± 0.2 ^a	10.0 ± 0.3 ^b
índice de ácidos hidroxicinámicos (IAH/L)	1.12 ± 0.05 ^a	2.15 ± 2 ^b
Índice de contenido de flavonoles (ICF/L)	4.7 ± 0.1 ^a	6.0 ± 0.1 ^b

Determinación de ácidos orgánicos por HPLC.

Las curvas de calibración se realizaron con el ácido orgánico de interés y las ecuaciones se pueden observar en la tabla 4.

Tabla 4. Ecuaciones de las curvas de calibración para los ácidos orgánicos medidos por HPLC utilizando un detector de arreglo de diodos PDA

Ácido	Curvas de calibración	R ²
Acético	Absorbancia 207nm = 1030 X - 2978	0.9997
Oxálico	Absorbancia 207nm = 28332 X - 35403	0.9939
tartárico	Absorbancia 207nm = 2710 X - 141.4	0.9921
Málico	Absorbancia 207nm = 1562 X - 1435	0.9932

En la figura 2 Se pueden observar los cromatogramas que tienen tiempos de retención para ácido oxálico de 14.2 min, para ácido tartárico de 18.3 min, para ácido málico de 21.4 min y ácido acético de 34.2 min. En la tabla 5, se pueden observar los resultados obtenidos después del análisis con el software de análisis.

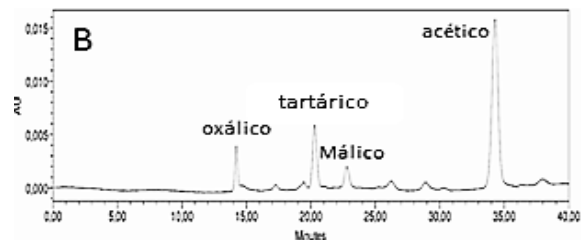
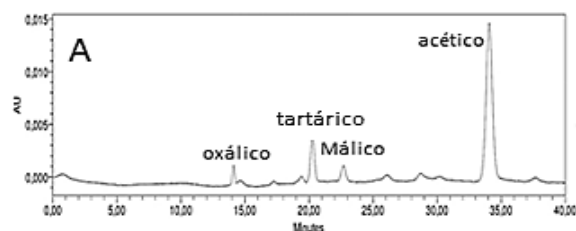


Fig. 2. Cromatogramas de vinagres: A (cortado), B (estrujado), analizados con el software Empower™ 3.

Tabla 5. Contenido de algunos ácidos orgánicos en vinagres elaborados a partir de uva Isabella con pretratamientos diferentes.

Ácido	Cortado	Estrujado
Acético (%)	2.50 ± 0.04 ^a	2.56 ± 0.01 ^b
Oxálico (%)	0.11 ± 0.01 ^a	0.27 ± 0.01 ^b
Tartárico (%)	0.35 ± 0.03 ^a	0.71 ± 0.06 ^b
Málico (%)	0.025 ± 0.02 ^a	0.45 ± 0.03 ^b

En cada fila, la misma letra significa diferencias no significativas para el parámetro medido de acuerdo a un test de ANOVA con (P < 0.05).

Los valores se representan como el promedio del parámetro en cuatro réplicas biológicas y tres réplicas técnicas con la desviación estándar de las réplicas

Determinación de minerales por Espectrofotometría de absorción atómica

Se realizó el análisis de macronutrientes y micronutrientes en los vinagres fabricados. Los resultados se observan en la tabla 6. En general se observa que el pretratamiento que mejores contenidos de minerales presenta es el que se adecuó con fruta macerada para los macronutrientes. Igualmente para micronutrientes, a excepción de hierro y molibdeno los cuales tienen contenidos por debajo del límite de detección de la técnica analítica para los dos vinagres, y cobre para el vinagre preparado con fruta cortada. Se aclara que el contenido de sodio se eleva al usar bicarbonato de sodio como regulador de acidez en la fermentación alcohólica como parte de la adecuación inicial del mosto. Los contenidos de los demás minerales serán provenientes de la fruta utilizada como materia prima.

Tabla 6. Contenido minerales en vinagres con pretratamientos diferentes a partir de Uva isabella (*Vitis labrusca*)

Metal	Cortado	Estrujado
K (mg/L)	578.5 ± 6.5 ^a	758.0 ± 4.0 ^b
Na (mg/L)	449.9 ± 4.8 ^a	473.8 ± 1.9 ^b
Ca (mg/L)	21.8 ± 1.4 ^a	46.3 ± 2.3 ^b
Mg (mg/L)	11.6 ± 0.2 ^a	24.6 ± 1.1 ^b
Zn (mg/L)	1.54 ± 0.03 ^a	2.42 ± 0.04 ^b
Mn (mg/L)	0.61 ± 0.02 ^a	0.92 ± 0.02 ^b
Cu (mg/L)	> 0,034	0.338 ± 0.002
Fe (mg/L)	> 0,08	> 0,08
Mo (mg/L)	> 0,36	> 0,36

En cada fila, la misma letra significa diferencias no significativas para el parámetro medido de acuerdo a un test de ANOVA con (P < 0.05).

Los valores se representan como el promedio del parámetro en cuatro réplicas biológicas y tres réplicas técnicas y entre paréntesis la desviación estándar de las réplicas

Se midieron también los contenidos de contaminantes. La norma NTC 2188 de 2012 segunda actualización, exige reportar los contenidos de metales contaminantes arsénico

(>0.5 mg/kg), plomo (>0.5 mg/kg), y mercurio (>0.05 mg/kg). En el análisis realizado se encuentra que el contenido de estos contaminantes están debajo del límite de detección de la técnica, los cuales son menores a los límites permitidos en la norma. Además de los metales reglamentados en la NTC, se midieron también otros contaminantes como cromo, cadmio y níquel. El resultado obtenido es que no se pueden determinar porque están debajo del límite de detección de la técnica para cada metal.

Identificación de vinagres por infrarrojo.

Se realizó la identificación infrarroja del agua y vinagre comercial de frutas como indicadores del producto obtenido, en la figura 3 se encuentran los espectros de los resultados obtenidos; los espectros (C) cortado y (D) estrujado son semejantes al espectro (B) el cual es vinagre comercial de frutas; sin embargo, los espectros (E) cortado y (F) estrujado se les adiciono orujos secados y estrujados obtenidos de la filtración de fermentación alcohólica, con la adición de estos se aumentó la presencia de compuestos en el rango de 1500-900 cm^{-1} donde se encuentran los enlaces de fenoles, ésteres, éteres y ácidos carboxílicos aumentando sus propiedades organolépticas.

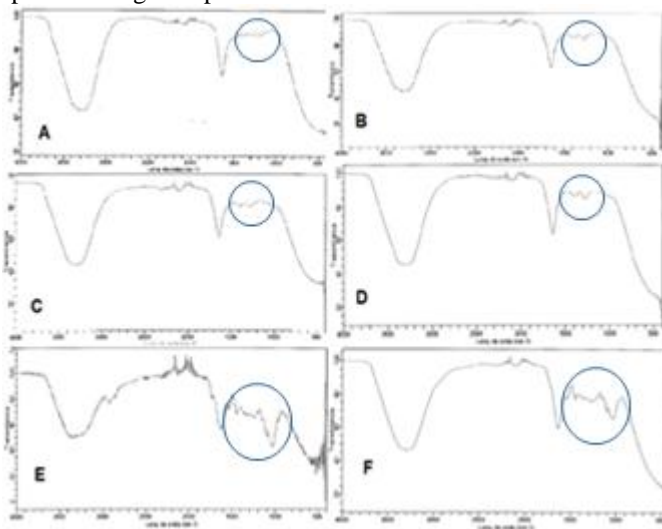


Fig. 3. Espectros de A (agua), B (vinagre comercial de frutas), C (vinagre cortado) D (vinagre estrujado) E (vinagre cortado con adición de semillas) F (Vinagre estrujado con adición de semillas) a una longitud de onda de 4000 – 500 con una transmitancia de 0 – 100.

IV. DISCUSIÓN

Las propiedades antioxidantes principalmente atribuidas a compuestos fenólicos, son estudiados en los vinagres debido a su impacto en la calidad; el contenido de fenoles y familia de polifenoles en vinagres preparados con bayas de uva isabella presentaron un contenido de fenoles totales de 28.6 ± 0.6 mg de ácido gálico/L para el vinagre con fruta cortada (contenido bajo) y 179.5 ± 3.4 mg de ácido gálico/L para el vinagre con fruta estrujada, un contenido que se encuentra en el promedio en comparación con veinte vinagres de frutas elaborados tradicionalmente, los cuales presentan un contenido de fenoles totales en el siguiente rango del más alto al más bajo (2228 mg de ácido gálico/L a 74 mg de ácido gálico/L) [26]. Comparando estos contenidos con el de cinco vinagres comerciales los cuales presentaron un contenido de fenoles

totales de (112 mg de ácido gálico/L a 42.0 mg de ácido gálico/L) se encuentra que el vinagre preparado con fruta estrujada presenta mayores contenidos de compuestos fenólicos, mientras que el otro tratamiento se encuentra por debajo de los contenidos tanto de vinagres tradicionales como de comerciales obtenidos en diferentes regiones de Turquía [26]. Por otra parte se reporta que los vinagres con procesos de envejecimiento en madera se adecuan para aumentar de manera natural los compuestos polifenólicos por la interacción de la madera en el vinagre, en los que se reportaron contenido de fenoles totales entre 1393 y 1923 mg de ácido gálico/L lo cual indica que los vinagres realizados por el método tradicional con añejamiento tienen una actividad antioxidante mayor que los vinagres tradicionales sin este proceso como los elaborados en este estudio [28, 29, 30, 31]. Respecto al contenido de antocianinas presentes en el vinagre de uva es inferior en comparación con vinagres de Arándanos los cuales presentan un contenido de (19.70 mg/L a 28. mg /L) [32]. Respecto al contenido de minerales en los vinagres contiene niveles altos de potasio (K) 578.5 ± 6.5 mg/L y sodio (Na) 449.9 ± 4.8 mg/L con este último se tiene en cuenta que para el ajuste de pH en la fermentación alcohólica se utilizó bicarbonato de sodio, el contenido de minerales en vinagres se encuentra para el potasio valores máximos y mínimos de (4079.20 mg/L – 5.60 mg/L) y Sodio (6.357 mg/L - 15.90 mg/L) en vinagres turcos [26] y potasio (3825 mg/L - 141.3 mg/L) y sodio (327 mg/L – 62.6) en vinagres españoles [33] teniendo en cuenta que no se especifican si se les ha adicionado suplementos a los mostos para mejorar la actividad de los microorganismos presentes en el proceso. De los espectros infrarrojos se encuentra que los dos vinagres elaborados tienen características similares a un vinagre de frutas comercial, y cuando se realiza el proceso de enriquecimiento con orujos de uva aumenta la intensidad de bandas típicas de los compuestos polifenólicos entre 1500 y 900 cm^{-1} como sucede en los procesos de fabricación del vino [34].

El vinagre obtenido por pretratamiento estrujado presenta mejores resultados fitoquímicos de contenido de fenoles, macronutrientes y micronutrientes en comparación con los resultados de pretratamiento cortado, debido a que la mayor parte de estos compuestos se encuentran en los hollejos, al ser estrujados se incorporan mejor en los mostos. El contenido de estos compuestos confiere al vinagre múltiples beneficios para la salud ya que aportan hasta 10 veces más actividad antioxidante que el consumo de vitamina C mediante alimentos ricos en ésta, tienen efectos beneficiosos como antiaterogénicos, antitrombogénicos, antiosteoporosis, antiinflamatorios y antivirales.

Los vinagres realizados para este estudio cumplen con los parámetros de pH, acidez, cenizas, sulfatos y cloruros, de acuerdo a lo especificado en la norma NTC-2188 [35] además que la utilización de los residuos del proceso de fermentación alcohólica contienen compuestos fitoquímicos los cuales pueden ser utilizados para aumentar las propiedades organolépticas del vinagre además que se da un uso a estos subproductos.

V. CONCLUSIONES

La uva Isabella contiene un alto contenido de polifenoles, lo que confiere al vinagre una mayor actividad antioxidante convirtiéndose en una alternativa viable para su incorporación en la dieta, ya que aporta nutrientes necesarios para satisfacer las necesidades nutricionales y cumple con las especificaciones técnicas de la NTC 2188 -2012 vinagre para consumo humano.

Para el aumento de propiedades fitoquímicas en el vinagre es mejor realizar un proceso de maceración el cual proporciona mayor riqueza de compuestos fenólicos, macronutrientes y diversificación en compuestos volátiles, lo que se traduce en un producto organolépticamente más complejo y completo.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de gestión industrial del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y al semillero de investigación en Química de residuos agroindustriales y alimentos QuiRAL y el grupo de investigación en procesos industriales.

A La Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales ECCI y el Grupo de Investigación en Simulación, Análisis y Modelación en Ciencias Básicas SIAMO.

REFERENCIAS

- [1] R. Villalba, J.F. Gómez, M. Parra. Manual técnico cultivo de uva (*Vitis labrusca*) en el departamento del Huila. 2006. Neiva Colombia: Secretaria técnica productiva frutícola, Huilaunido.
- [2] C. Garcés, J. Arroyo, A. Valverde, G. Márquez. Boletines socioeconómicos subregión centro. 2013. Valle del cauca Colombia: Departamento administrativo de planeación subdirección de estudios socioeconómicos y competitividad regional Valle del cauca, Colombia. ISSN: 2346-0970 No.5, pág. 117-122.
- [3] Norma técnica colombiana (NTC), Industria alimentaria vinagre; producto alimenticio, requisitos; métodos de ensayo, segunda actualización, editada 2012-02-28.
- [4] A. Mas, M. Torjia, M. García, A. Trocoso. Acetic acid bacteria the production and quality of wine vinegar. 2014. The Scientific World Journal. PMC: 3918343, National Library of medicine National institutes of Health.
- [5] W. Tesfaye, M. Morales, M. García, A. Troncoso. Improvement of Wine Vinegar Elaboration and Quality Analysis: Instrumental and Human Sensory Evaluation. 2009 Spain. Taylor and Francis grupo, LLC. Nutrición y Bromatología Universidad de Sevilla.
- [6] Solieri L, Giudici P. Vinegars of the World. Berlin, Germany: Springer; 2009.
- [7] Bosch, Joan Miquel Canals, et al. "La maceración prefermentativa en frío: Efectos en la extracción del color y los compuestos fenólicos, e influencia del nivel de maduración de la uva." ACE: Revista de enología 60 (2005): 11.
- [8] Ana Belén Cerezo Lopéz; Composición polifenólica de vinagres de vino tinto: influencia de la acetificación y la madera; Universidad de Sevilla facultad de farmacia, Sevilla, 2009 pág 17-26 ; 29-33.
- [9] Arroyo, Gladys C. Arias. "Estudio químico bromatológico y screening fitoquímico del fruto de Pourouma cecropiifolia C. Martius "uvilla". " Ciencia e Investigación 14.2 (2011): 9-11.
- [10] Normatividad técnica Colombiana NTC 5321 Frutas frescas Uva Isabella especificaciones 01-12-2004 I.C.S. 67.080.10.
- [11] AOAC Official Method 981.12. 2005. pH of acidified foods. Official Method of Analysis of AOAC International, ed 18, cap 37.
- [12] AOAC Official Method 942.15. 2005. Acidity (Titrable) of fruit products. Official Method of Analysis of AOAC International, ed 18, cap 37: 10.
- [13] Orjuela, N.M.; Moreno, L.; Hernández, M.S.; Melgarejo, L.M. 2011. Caracterización fisicoquímica de frutos de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) bajo condiciones de almacenamiento. Capítulo 3 en Poscosecha

- de la Gulupa Sims. Editoras: Luz Marina Melgarejo y María Soledad Hernández. Universidad Nacional de Colombia.
- [14] AOAC Official Method 932.12. 2005. Solids (soluble) in fruit, and fruit products. Official Method of Analysis of AOAC International, ed 18, cap 37.
 - [15] AOAC official Method 923.03 2005. Total ashes Food Samples, Official Methods of Analysis 18th edition cap 32, pág. 2.
 - [16] AOAC International: "Official Methods of Analysis". 17ª ed. Gaithersburg, USA, 2000.
 - [17] N. Narkpransom, R. Assavarachan, P. Wongputtisin. 2013. Optimization of Reducing Sugar Production from Acid Hydrolysis of Sugarcane Bagasse by Box Behnken Design. Journal of Medical and Bioengineering Vol. 2, No. 4: 238-241.
 - [18] ICONTEC. NTC 5113 Bebidas alcohólicas métodos para determinar el contenido alcohólico, Bogotá 2003
 - [19] Rodríguez A., et al. determinación de sulfato por el método turbidimétrico. Revista cubana de química 2010
 - [20] Ainsworth, E.A., Gillespie, K. M. 2007. Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using folin-Ciocalteu reagent. *Nature Protocol*, Vol. 2, pp 875-877.
 - [21] Andrés-Lacueva, C. Lamuela-Raventós, R.M. Buxaderas, S. de la Torre-Boronat, M.C. 1997. Influence of Variety and Aging on Foaming Properties of Cava (Sparkling Wine). 2. J. Agric. Food Chem. 45, 2520-2525.
 - [22] Ribéreau-Gayon, P. & Stonestreet, E., 1966. Dosage des tannins dans le vin rouge et détermination de leur structure. Chim. Anal. 48, 188-196.
 - [23] Lan, Y.Y. Tao, Y.S. Tian, T. Z. Hu, Y. Peng. C. T. 2014. The Effect of Pre-fermentative Freezing Treatment on the Sensory Quality of 'Meili' Rosé Wine. S. Afr. J. Enol. Vitic., Vol. 35, No. 2, 257-263.
 - [24] Ribereau-Gayon, P., Stonestreet, E., (1965). Le dosage des anthocyanes dans le vins rouge. Bull. Soc.Chim. 9: 2649-2652.
 - [25] Chinnici F., Sinabelli U., Riponi C., Amati A. 2005. Optimization of the determination of organic acids and sugars in fruit juices by ion-exclusion liquid chromatography. Journal of Food Composition Analysis. 18:121-130.
 - [26] Ozturk, I., Caliskan, O., Tornuk, F., Ozcan, N., Yalcin, H., Baslar, M., Sagdic, O. 2015. Antioxidant, antimicrobial, mineral, volatile, physicochemical and microbiological characteristics of traditional home-made Turkish vinegars, LWT - Food Science and Technology, 63, 1, 144-151.
 - [27] Slaughter, D. C., and J. A. Abbott. 2004. Analysis of Fruits and Vegetables. In Near-Infrared Spectroscopy in Agriculture. Agronomy Monograph No. 44. Amer. Soc. of Agronomy. Madison, WI, USA.
 - [28] Labbé Pino, M. A. López Bonillo, F. 2008. Tratamientos Postfermentativos del Vinagre: Conservacion en botella, envejecimiento Acelerado y Eliminacion del Plomo. España: Universitat rovir i Virgili.
 - [29] Verzelloni, E, Tagliacuzzi, D. Conte. A. 2007. Relationship between the antioxidant properties and the phenolic and flavonoid content in traditional balsamic vinegar. Food Chemistry 105.2: 564-571.
 - [30] Cerezo, A B. Tesfaye, W. Torjia, J. Mateo, E. García-Parrilla, M.C. Troncoso, A. 2008. The phenolic composition of red wine vinegar produced in barrels made from different woods. Food Chemistry 109.3: 606-615.
 - [31] Arboleda Echavarría, C. Jaramillo Yepes, F. Palacio Torres, H. 2012. Determinación del potencial antioxidante en extractos de vinagre *Guadua angustifolia* Kunth para aplicaciones alimenticias. Rev Cubana Plant Med. 17(4): 330-342.
 - [32] Scheihing, P., and Pamela Soledad. Elaboración de Vino de Arándano (*Vaccinium corymbosum*) como Materia Prima para la Producción de Vinagre. Diss. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Valdivia-Chile. pp: 3, 11, 15, 19, 2005.
 - [33] Guerrero MI, Herce-Pagliai C, Cameán AM, Troncoso AM, González AG. 1997. Multivariate characterization of wine vinegars from the south of Spain according to their metallic content. Talanta. 19; 45(2):379-86.
 - [34] Agatonovic-Kustrin, S. Morton, D.W. Yusof, A. 2013. The Use of Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy and Artificial Neural Networks (ANNs) to Assess Wine Quality. Modern Chemistry & Applications 1: 110. doi:10.4172/2329-6798.1000110.
 - [35] ICONTEC. NTC 2188 Industria alimentaria del vinagre; I.C.S: Bogotá 2012.