

Compuestos fenólicos y actividad antioxidante en cervezas venezolanas

Polyphenolic compounds and antioxidant activity in venezuelan beers

ALICIA M RINCÓN^{1*}, LIZET BOU RACHED¹ Y FANNY C PADILLA¹

Resumen

La cerveza junto con el vino, constituyen las bebidas alcohólicas mayormente usadas, que con el café y el té aportan polifenoles con actividad antioxidante que pueden prevenir ciertas enfermedades, particularmente aterosclerosis y cáncer. Los polifenoles en la cervezas provienen de la cebada y el lúpulo. Se evaluó el contenido de polifenoles y su actividad antioxidante en cervezas y las materias primas utilizadas en su elaboración. Los polifenoles y los flavonoides fueron determinados por espectrofotometría (Folin y cloruro de aluminio), y las propiedades antioxidantes por poder reductor, capacidad antirradical y decoloración del β -caroteno. Los polifenoles de la cerveza presentaron un rango de 145,49 – 259,75 mg equivalentes de ácido gálico (EAG)/L, y los flavonoides de 17,82 – 35,84 mg equivalentes de rutina/L. El poder reductor varió de 43,26 a 86,03 mg equivalentes ácido ascórbico/L y la capacidad antirradical de 0,21 a 0,37 mM equivalentes de Trolox/L. El % de actividad antioxidante y coeficiente de actividad antioxidante variaron entre 28,10 - 51,27 y 136,36 – 268,66, respectivamente. La cebada, el maíz y el lúpulo presentaron valores de polifenoles de 383,05; 30,96 y 319,44 mg EAG/100g en base seca y los flavonoides de 108,20; 4,76 y 138,65 mg de equivalentes de rutina/100g. El contenido de polifenoles y la actividad antioxidante presentaron correlación positiva. Se deduce que la cebada y el lúpulo son los mayores contribuyentes de polifenoles y actividad antioxidante en la cerveza. El cereal usado produjo un aumento en el contenido de polifenoles. Estos resultados sugieren que el consumo moderado de cerveza podría tener efectos beneficiosos para la salud, similares a los reportados para el vino.

Palabras clave: cerveza, cebada, lúpulo, polifenoles, actividad antioxidante.

Summary

Beer is one of the most commonly consumed alcoholic beverages, which as well as wine, coffee, and tea are present in the human diet; they contain phenolic compounds with antioxidant activity which seem to prevent several human diseases, particularly atherosclerosis and cancer. Polyphenols in beer originate from barley and hops. The phenolic compounds and the antioxidant activity of malt, cereal adjuncts, and hops, and their presence in beer, were investigated. Total phenolics and flavonoids were determined by spectrophotometric methods (Folin and aluminum chloride), and the antioxidant properties by the ferric reducing power, antiradical capacity, and β -carotene bleaching methods. Beer total polyphenolic compounds range was 145.49–259.75 mg gallic acid equivalents (GAE)/L, and flavonoids 17.82–35.84 mg rutin equivalents/L. Reducing power varied from 43.26 to 86.03 mg ascorbic acid equivalents/L and the antiradical capacity presented values from 0.21 to 0.37 mM Trolox equivalents/L. The % antioxidant activity and the coefficient of antioxidant activity values range from 28.10 – 51.27 and 136.36 – 268.68 respectively. Malt, corn and hops presented values for total phenolic of 383.05; 30.96 and 319.44 mg GAE/100g dry weight and flavonoids as mg of rutin equivalents/100g were 108.20, 4.76 and 138.65. The antioxidant properties presented a positive correlation with the polyphenol content. Our results show that hops and malt are the mayor contributors of polyphenols and antioxidant activity of beer. The cereal adjunct produced an increase in beer's polyphenolic content. These results suggest that moderate beer drinking might have some health beneficial effects similar to those reported for wine.

Key words: Beer, malt, hops, polyphenols, antioxidant activity.

¹ Unidad de Análisis de Alimentos, Facultad de Farmacia, Universidad Central de Venezuela Apdo. Postal 40109, 1040-A Caracas, Venezuela.

* Autor para la correspondencia e-mail: rinconam@gmail.com

Introducción

Es bien conocido que el estrés oxidativo se encuentra asociado a altos niveles de radicales libres o especies reactivas de oxígeno, los cuales conllevan a una variedad de lesiones bioquímicas y fisiológicas que pueden resultar en disfunción metabólica y muerte celular (Ames, 1993). Existen evidencias epidemiológicas que indican que el consumo de alimentos y bebidas que contengan compuestos antioxidantes (flavonoides y otros polifenoles) tiene efectos benéficos para la salud (Pulido y col., 2000) pues ellos pueden proteger el organismo de los radicales libres y retardar el progreso de varias enfermedades crónicas. Son muchas las enfermedades relacionadas con la producción de radicales libres como aterosclerosis, cáncer, infarto al miocardio, enfermedades inflamatorias, trastornos del sistema nervioso central (Parkinson y Alzheimer), envejecimiento, etc. (Middleton y Kandaswami, 1994; Stadler y col., 1995). Estas enfermedades tienen una gran prevalencia en los países desarrollados y están directamente relacionadas con la alimentación, y sobre todo con los niveles de los antioxidantes dietarios. Por ello, Kühnau (1976) recomienda introducir en la dieta alimentos que contengan compuestos antioxidantes, como frutas, verduras, hortalizas, aceite de oliva y determinadas bebidas como el vino y la cerveza, esta última rica en polifenoles y otros compuestos fenólicos capaces de capturar radicales libres.

Se cree que los antioxidantes son esencialmente importantes para el organismo por la capacidad que tienen de proteger a las macromoléculas biológicas contra el daño oxidativo. Entre los más conocidos figuran los tocoferoles, el ácido ascórbico, los flavonoides, antocianinas, carotenoides, ácido fenólicos (Larson, 1997).

En la mayoría de los países occidentales las bebidas alcohólicas son una parte integral de la dieta (Renaud y Lorgeril, 1992) y representan cerca del 4 al 6% del consumo calórico (Christiansen y col., 1994). Se asume generalmente que a mayor contenido de polifenoles en una bebida, mayor será su actividad antioxidante (Abu-Amsha y col., 1996). Otros estudios *in vitro* e *in vivo* muestran que solamente algunos polifenoles poseen propiedades antioxidantes (Christiansen y col., 1994; Frankel y col., 1993). Sin embargo, los compuestos fenólicos presentes en alimentos y bebidas son susceptibles de transformación durante el procesamiento.

La cerveza es una bebida de bajo contenido alcohólico resultante de fermentar mediante levadura seleccionada, el mosto elaborado con malta de cebada, arroz, maíz, lúpulo y agua (Hough, 1982). Mundialmente, la cerveza es una bebida natural tradicional de

bajas calorías y sin grasa, con ácidos orgánicos y vitaminas que provienen de la malta, proteínas, lúpulo y agua. La cerveza tiene mayor contenido nutricional que otras bebidas alcohólicas debido a sus minerales y nutrientes esenciales como potasio, magnesio, calcio y sodio. El uso de cereales y malta en la producción de la cerveza puede contribuir en la ingestión de compuestos antioxidantes naturales como los polifenoles; por lo que su consumo podría tener un efecto beneficioso para la salud, no completamente elucidado (Ghiselli y col., 2000; Wei y col., 2001).

Los compuestos fenólicos antioxidantes provienen del lúpulo en un 20-30%, mientras que la malta proporciona un 70-80%. La cebada, contiene como componente antioxidante principal el ácido ferúlico, junto con proantocianidinas, monómeros hasta tetrámeros, mientras que el lúpulo contiene ácidos fenólicos, chalconas, flavonoides, catequinas y proantocianidinas (Gerhauser, 2005).

Durante el proceso de obtención de la cerveza progresivamente las moléculas grandes reducen su cantidad, presumiblemente porque son hidrolizadas, poco solubles en el medio, se precipitan fácilmente y se pierden en la etapas de macerado, cocción, fermentación, maduración, y pasteurización.

A los polifenoles se le atribuyen diversas propiedades funcionales; ellos influyen sobre la estabilidad coloidal de la cerveza, siendo responsables de la turbidez originada por la interacción con las proteínas de la cerveza y asimismo, tienen importancia en las características nutricionales y sensoriales (color, aroma, sabor).

El comportamiento antioxidante de los compuestos fenólicos parece estar relacionado con su capacidad para quelar metales, inhibir la lipoxigenasa, capturar radicales libres y descomposición de peróxidos. Los compuestos fenólicos pueden también actuar como prooxidantes quelando metales, bien de manera que mantienen o incrementan su actividad catalítica o bien reduciendo metales, incrementando así su capacidad para formar radicales libres de los peróxidos (Decker, 1997).

Para que un compuesto fenólico sea clasificado como antioxidante debe cumplir dos condiciones básicas. La primera es que cuando se encuentre en una concentración baja con relación al sustrato que va a ser oxidado pueda retrasar, reducir o prevenir la autooxidación o la oxidación mediada por un radical libre. La segunda es que el radical formado tras el secuestro sea estable y no pueda actuar en oxidaciones posteriores.

Se ha sugerido que los polifenoles como la fenilchacona y los fenilflavonoides de la cerveza ejercen

un efecto protector ya que son capaces de inhibir la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) *in vitro* (Miranda y col., 2000). Igualmente, las chalconas procedentes de la cerveza presentan actividad antioxidante, que protegen de la peroxidación lipídica inducida por terbutilhidroperóxido en hepatocitos aislados de rata (Rodríguez y col., 2001).

Tomando en consideración los beneficios que para la salud presentan los polifenoles gracias a su actividad antioxidante, aunado al hecho que no existen datos acerca del contenido de polifenoles y actividad antioxidante en las cervezas nacionales y la materia prima usada en Venezuela en su elaboración, en el presente trabajo se plantea realizar la evaluación del contenido de polifenoles y su actividad antioxidante en dichas bebidas alcohólicas.

Materiales y métodos

TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS

Las muestras sólidas: cebada y adjuntos fueron sometidas a molienda y tamizadas por un tamiz malla 60. A todas las muestras se les determinó el contenido de humedad.

Las muestras líquidas obtenidas en diferentes establecimientos comerciales se desgasificaron con ultrasonido durante 15 min. y se analizaron directamente. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

Un gramo de muestra se extrajo a temperatura ambiente con una mezcla de metanol-agua acidificada (0,8% HCl)(50:50) durante 1h con agitación constante, se centrifugó a 3000 rpm y se filtró, el residuo se extrae luego con acetona-agua (70:30), se centrifugó y se filtró, los filtrados se combinaron en el balón aforado de 100 ml y se llevó a volumen con una mezcla 50:50 de las dos soluciones extractivas (Rincón y col., 2005; Padilla y col., 2008).

Se determinaron los polifenoles totales mediante el método de Folin-Ciocalteu (Singleton y col., 1999), modificado por Dewanto y col. (2002), en una alícuota de 125 μ L del extracto que se mezclaron con 0,5 mL de agua destilada y 125 μ L del reactivo Folin-Ciocalteu, después de 6 min. se agregaron 1,25 mL de una solución de Na_2CO_3 al 7% en agua y 1 mL de agua destilada, después de 90 min. se leyó la absorbancia a 760 nm, tomando como blanco agua destilada, usando una curva patrón de ácido gálico en un rango de concentración de 20-500 μ g/ml y los resultados se expresaron como gramos equivalentes de ácido gálico (EAG) /100g de muestra seca.

Este método utiliza como reactivo una mezcla de ácidos fosfowolfrámico y fosfomolibdico en medio

básico, que se reducen al oxidar los compuestos fenólicos, originando óxidos azules de wolframio (W_8O_{23}) y molibdeno (Mo_8O_{23}).

Flavonoides totales

El contenido de flavonoides totales fue determinado usando un método colorimétrico descrito por Dewanto y col. (2002). Los flavonoides forman un complejo coloreado con el tricloruro de aluminio cuya intensidad se mide a 415 nm, la concentración de flavonoides se determina con una curva patrón de rutina y se expresa en mg de equivalentes de rutina (ERT)/ 100 g de muestra o/L. El método consiste en tomar 1 mL de la muestra o extracto, se mezcla con 1 mL de AlCl_3 en etanol (20 g/L) y se diluye con etanol a 25 mL. Se lee la absorbancia a 415 nm después de 40 min. a 20 °C. El blanco se prepara a partir de 1 mL de muestra, 1 gota de ácido acético, sin AlCl_3 y se diluye a 25 mL con etanol. Todas las determinaciones se hicieron por cuadruplicado.

β -Caroteno/Linoleato

El método β -caroteno/linoleato (Suja y col., 2005) se basa en la oxidación del ácido linoleico en presencia de O_2 , que pasa a radical hidroperóxido que oxida al β -caroteno, el cual se decolora con el tiempo. La relación dosis/respuesta de la actividad antioxidante para los extractos se determina a diferentes concentraciones e intervalos de tiempo (cada 15 min). La actividad antioxidante (AA) de los extractos es evaluada en términos de decoloración del β -caroteno usando 2-ter-butyl-4-hidroxianisol (BHA) en etanol (100 ppm) para propósitos comparativos. Un ml de una solución de β -caroteno en cloroformo (0,2 mg/mL) se mezcla en un balón aforado de 50ml con 20 mg de ácido linoleico y 200 mg Tween 40. Se evapora el cloroformo con corriente de nitrógeno, al residuo se añaden lentamente con agitación vigorosa, 10 ml de agua destilada y oxigenada por agitación, para formar la emulsión, se lleva a volumen con agua destilada. Se toman alícuotas de 4 ml de la emulsión y se colocan en tubos de ensayo que contienen: a) 0,2 ml del extracto metanólico de la muestra, b) 0,2 ml de una solución de (100ppm) BHA en metanol que se usa como comparación, c) 0,2 ml de metanol como control y. d) un blanco con 4 ml de la emulsión sin adición de β -caroteno y 0,2 ml de metanol. Se leen las absorbancias a 470 nm de todos los tubos al tiempo cero ($t=0$). Los tubos se cubren con papel de aluminio, se colocan en un baño de agua a 50 °C y se leen las absorbancias cada 15 min hasta desaparición del color del β -caroteno en el tubo control. La actividad antioxidante de los extractos se basó en tres paráme-

tros diferentes: la actividad antioxidante (AA), la relación de la velocidad de oxidación (Ror) y el coeficiente de la actividad antioxidante (CAA). El índice de actividad antioxidante (AA) fue determinada como el porcentaje de inhibición relativa al control.

$$Aa = [(R_{control} - R_{muestra}) / (R_{control})] 100$$

donde $R_{control}$ y $R_{muestra}$ representan la velocidad de decoloración del β -caroteno sin y con la adición de antioxidante respectivamente. La velocidad de degradación (Rd) fue calculada de acuerdo con cinética de primer grado:

$$Rd = \ln(A_t / A_x)(1/t)$$

donde \ln es el log natural, A_t es la absorbancia inicial a 470 nm a ($t = 0$) y A_x es la absorbancia a 470 nm a $t = 15, 30, 45, \dots$ min.

La relación de la velocidad de oxidación se calcula según:

$$R_{OR} = R_{muestra} / R_{control}$$

Donde $R_{muestra}$ y $R_{control}$ representan la velocidad de decoloración del β -caroteno sin y con la adición de antioxidante respectivamente.

El coeficiente de la actividad antioxidante (CAA) es calculado usando:

$$CAA = \left[\left(A_{m(90)} - A_{c(90)} / A_{c(0)} - A_{c(90)} \right) \right] 1000$$

donde $A_{m(90)}$ es la absorbancia de la muestra conteniendo antioxidante a un tiempo $t=90$ min., $A_{c(90)}$ es la absorbancia del control a un tiempo $t=90$ min., y $A_{c(0)}$ es la absorbancia del control a $t = 0$ min.

Poder reductor

Los antioxidantes, causan la conversión del Fe^{+3} del complejo ferricianuro usado en este método a la forma ferrosa. Se forma azul de Prusia que absorbe a 700 nm y se compara contra una curva patrón de ácido ascórbico.

El poder reductor fue determinado de acuerdo al método de Yen y Duh (1993), modificado. La modificación consistió en comparar los resultados con una curva estándar de vitamina C. Los ensayos se realizaron por triplicado, expresándose los resultados en equivalentes de Ac. Ascórbico (EAAs)mg / 100g de muestra en base seca (bs). El método consiste en tomar 1ml de muestra se añaden 2,5 ml de buffer fosfato (0,2 M, pH 6,6) y 2,5 ml de ferricianuro de

potasio al 1% en tubos de 10 mL. La mezcla se coloca por 20 min en un baño de agua a 50 °C, luego de este tiempo se le agrega 2,5 ml de ácido tricloroacético al 10% se centrifuga a 5.000 rpm por 10 min. Se toman 2,5 ml del sobrenadante se mezclan con 2,5 ml de agua destilada y 0,5 ml de cloruro férrico 0,1%. Finalmente se mide la absorbancia a 700 nm en el espectrofotómetro. Se realiza una curva patrón con ácido ascórbico en un rango de 25 a 200 ppm

Capacidad antirradical

La capacidad antirradical se determinó mediante método del radical DPPH^{*} (1,1-difenil-2-picril- hidracil) (Arnaous y col., 2002), el cual se basa en la reducción del radical DPPH^{*} por los antioxidantes de la muestra. El barrido de los radicales libres es uno de los mecanismos conocidos mediante el cual los antioxidantes inhiben la oxidación de los lípidos. El ensayo permite evaluar en forma rápida la actividad antioxidante *in vitro* de compuestos específicos o extractos. El radical (DPPH^{*}) en solución metanólica al 0,025g/L es estable y tiene una coloración púrpura que se pierde progresivamente cuando se añade la muestra conteniendo sustancias antioxidantes. La decoloración del radical se determina a 515 nm y la cuantificación se realiza empleando una curva patrón de Trolox. Este método refleja la habilidad de los compuestos antioxidantes, capaces de donar hidrógeno, para secuestrar el radical DPPH^{*} (Miller y Rice-Evans, 1997), y se define como la concentración de una solución de Trolox con un potencial antioxidante equivalente a una concentración mM del compuesto fenólico a estudiar.

El análisis se realiza sobre 0,025 mL de la muestra se mezclan con 0,975 mL de solución de DPPH (60 μ M en metanol) después de agitar se mide la absorbancia en el tiempo 0 ($t = 0$) y después de treinta minutos ($t = 30$ min). Los resultados se expresan en equivalentes de Trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico) (ETR) mM / L. Se realiza una curva patrón con Trolox en el rango de 0,08 – 1,28 mM.

Análisis estadístico

Todas las determinaciones se realizaron por triplicado y se expresaron los valores como los promedios \pm la desviación estándar (DE).

Resultados y discusión

Los polifenoles juegan un papel importante en la estabilidad del sabor y estabilidad coloidal de la cerveza (Vanderhaegen y col., 2006). Los polifenoles de

las cervezas variaron de 145.49–259.75 mg EAG/L, y los flavonoides de 17.82–35.84 mg ERT/L, mostrando el mayor valor la cerveza tipo Ice 1 para los polifenoles mientras que la tipo Pilsen 2 presentó el mayor valor de flavonoides (Tabla I). El contenido de polifenoles resultó ser similar al obtenido por Zhao y col. (2010), quienes encontraron valores entre 152,01 y 339,12 mg EAG/L,

Tabla I
Contenido de polifenoles y flavonoides en las cervezas venezolanas

Muestra	Polif.Totales EAG ¹ mg/L	Flavonoides ERT ² mg/L
Tipo Ice 1	259,75 ± 2,855	17,82 ± 1,444
Tipo Ice 2	162,16 ± 3,214	22,80 ± 1,814
Tipo Pilsen 1	212,61 ± 5,246	33,33 ± 3,441
Tipo Pilsen 2	145,49 ± 4,949	35,84 ± 2,429
Tipo Pilsen 3	152,87 ± 2,526	29,39 ± 2,110

¹ EAG = Equivalentes de ácido gálico

² ERT = Equivalentes de rutina

En cuanto a la actividad antioxidante (Tabla II) representada por el poder reductor los valores variaron de 43,26 a 86,03 EAAs mg/L donde la cerveza tipo Ice 1 presentó el valor más alto y la tipo Pilsen 2 el más bajo. Estos resultados se correlacionan bien con el contenido de polifenoles. Las propiedades reductoras están asociadas a la presencia de compuestos fenólicos que ejercen su acción a través del rompimiento de la reacción en cadena de los radicales libres por donación de un átomo de hidrógeno (Duh y col., 1999) y con la presencia de reductonas. Las procianidinas presentes en la cerveza podrían actuar de manera similar a las reductonas por donación de electrones (Jayaprakasha y col., 2001). Es de hacer notar que la diferencia en la estructura química de cada uno de los polifenoles presentes los puede hacer reaccionar como donadores de electrones o no.

La capacidad antirradical presentó valores de 0.21 a 0.37 mM Trolox/L., en este caso la Pilsen 1 y la Pilsen 2 presentaron los valores más altos y más bajos respectivamente. Estos resultados también son similares a los encontrados por Zhao y col. (2010), y representan la habilidad de los polifenoles presentes en la cerveza para donar hidrógeno a radicales libres inhibiendo de esta manera la propagación de la oxidación lipídica.

De las materias primas cebada malteada (Malta), maíz y lúpulo (Tabla III), el maíz presentó el contenido de polifenoles más bajo 30,96 mg/100g base seca y el lúpulo el más alto, resultados similares se presentaron en el caso de los flavonoides expresados

como ERT mg/100g, 4,76 para el maíz y 138,65 para el lúpulo.

Los resultados muestran que el lúpulo y la cebada (malta) son las fuentes principales de compuestos fenólicos y por lo tanto los responsables de la actividad antioxidante presente en la cerveza.

A pesar que el lúpulo es añadido en pequeñas cantidades, los resultados confirman que los polifenoles presentes contribuyen altamente con el poder reductor de la cerveza. Sin embargo la actividad antioxidante depende de la variedad, calidad y proceso de obtención. En la actualidad se usa el lúpulo isomerizado y el extraído con CO₂ supercrítico que es el que presenta mayor cantidad de polifenoles. El cereal usado como adjunto también influye en el contenido de polifenoles pues aporta cierta cantidad de ellos, lo cual se ve reflejado en las cervezas fabricadas sin el uso adicional de cereales como son la tipo Pilsen 2 y Ice 2. Los cereales usados son el arroz, maíz amarillo y blanco.

De los resultados obtenidos con el método del beta-caroteno (Tabla II) representado por los valores de actividad antioxidante (AA) y el coeficiente de actividad antioxidante (CAA) la cerveza que presentó el menor valor fue la tipo Pilsen 3, los resultados obtenidos para los diferentes tipo de cerveza fueron mucho menores que el presentado por el BHA antioxidante sintético. Sin embargo, cuando la capacidad antioxidante se expresa como poder reductor o actividad antirradical la cerveza tipo Pilsen 2 fue la que presentó el valor más bajo, lo cual se correlaciona con el contenido de polifenoles totales.

Tabla II
Actividad antioxidante de algunas cervezas venezolanas

Muestra	Pod. Reductor EAAs.mg/L	Cap. Antirrad. ETrolox mM/L	%AA ¹	CAA ²
Tipo Ice 1	86,03 ± 2,132	0,23 ± 0,014	51,27	268,66
Tipo Ice 2	61,63 ± 4,842	0,30 ± 0,034	48,35	178,13
Tipo Pilsen 1	59,21 ± 3,094	0,37 ± 0,063	44,76	261,43
Tipo Pilsen 2	43,26 ± 1,966	0,21 ± 0,024	30,12	146,69
Tipo Pilsen 3	78,48 ± 2,890	0,23 ± 0,008	28,10	136,36
BHA			94,05	887,37

¹ % AA = Porcentaje de actividad antioxidante

² CAA = Coeficiente de actividad antioxidante

Asimismo, el lúpulo y la cebada presentan el contenido más alto de polifenoles, lo que se correlaciona con todos los valores que miden la capacidad antioxidante (Tabla III y IV), sin embargo al comparar los resultados del % AA y el CAA de todas las materias primas, éstos son mucho menores que la actividad antioxidante del BHA.

De acuerdo a los resultados se puede decir que el contenido de polifenoles totales se correlaciona bien con la actividad antioxidante expresada como poder reductor (EAs g/100g), capacidad antirradical y co-

Tabla III

Contenido de polifenoles y flavonoides en la materia prima usada en la fabricación de cervezas venezolanas

Muestra	Polif. Totales EAG ¹ mg /100g (bs)	Flavonoides ERT ² mg/100g (bs)
Cebada	383,05 ± 36,329	108,20 ± 15,56
Maíz	30,96 ± 2,109	4,76 ± 1,316
Lúpulo	319,44 ± 15,19	138,65 ± 5,19

¹ EAG = Equivalentes de ácido gálico

²ERT = Equivalentes de rutina

Tabla IV

Actividad antioxidante de la materia prima usada en la fabricación de cervezas venezolanas

Muestra	Poder Reductor EAs. mg/100g (bs)	Cap. Antirrad. ETrolox mM/L	%AA ¹	CAA ²
Cebada	509,65 ± 49,888	0,371 ± 0,1229	74,99	510,09
Maíz	71,53 ± 6,481	0,098 ± 0,0796	74,54	282,37
Lúpulo	870,76 ± 21,04	1,260 ± 0,087	84,72	680,810
BHA			94,05	887,37

¹ % AA = Porcentaje de actividad antioxidante

² CAA = Coeficiente de actividad antioxidante

mo % actividad antioxidante (AA) (Tabla IV); lo que significa que a mayor presencia de polifenoles mayor actividad antioxidante, sin embargo la calificación del poder antioxidante depende del tipo de método usado y el parámetro con el cual se mide.

Conclusión

Estos resultados sugieren que las cervezas estudiadas presentan un contenido de polifenoles y por ende una actividad antioxidante que provee un medio importante para mejorar la estabilidad del sabor de la cerveza. Asimismo, pueden tener algunos efectos beneficiosos para la salud, similares a los que presenta el vino, sin embargo como toda bebida alcohólica debe ser consumida con mucha moderación.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH) de la UCV por el financiamiento de este trabajo y a las empresas Polar por el suministro de las materias primas.

Referencias bibliográficas

Abu-Amsha R, Croft KD, Puddey IB, Proudfoot JM, Beilin LJ. 1996. Phenolic content of various beverages the extent of inhibition of human serum and low density lipoprotein oxidation in vitro: identification and mechanism of action of some cinnamic acid derivatives from red wine. *Clin Sci* 91:449-458.

Ames BM, Shigena MK, Hagen TM. 1993. Oxidants, antioxidants and the degenerative disease of aging. *Proc Nat Acad Sci USA*, 90:7915-7922.

Arnaous A, Makris, DP, Kefalas, P. 2002. Correlation of pigment and flavonol content with antioxidant properties in selected aged regional wines from Greece. *J Food Comp Anal* 15:655-665.

Christiansen C, Thomsen C, Rasmussen D, Hauerslev C, Balle M, Hansen C, Hermansen K. 1994. Effect of alcohol on glucose, insulin free fatty acids and triacylglycerol responses to a light meal in non insulin dependent diabetic subjects. *Br J Nutr* 71: 449-454.

Decker EA. 1997. Phenolics: Prooxidants or antioxidants? *Nutritional Reviews* 55:396-398.

Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 3010-3014.

Duh PD, Du PC, Yen GC. 1999. Action of methanolic extract of mung hulls as inhibitors of lipid peroxidation and non lipid oxidative damage. *Food Chem Toxicol* 37:1055-1061.

Frankel EN, Waterhouse AL, Kinsella JE. 1993. Inhibition of human LDL-C oxidation by resveratrol. *Lancet* 341: 1103-1104.

Gerhauser C. 2005. Beer constituents as potential cancer chemopreventive agents. *Eur J Cancer* 41:1941-1954.

Ghiselli A, Natella F, Guidi A, Montanari L, Fantozzi P, Sczccini C. 2000. Beer increases plasma antioxidant capacity in humans. *J Nutr Biochem* 11:76-80.

Hough JS, Briggs DE, Stevens R, Young TM. 1982. In: *Malting and Brewing Science*, vol. 2, 2nd ed., Chapman and Hall, London.

Jayaprakasha GK, Singh RP, Sacariah KK. 2001. Antioxidant activity of grape seed (*Vitis vinifera*) extracts on peroxidation models in vitro. *Food Chem* 73:285-290.

Kühnau J. 1976. The flavonoids, a class of semi-essential food components: their role in human nutrition. *World Rev Nutr Diet* 24: 117-191.

Larson R. 1997. Naturally occurring antioxidants. CRC Press LLC, pp. 116.

Middleton E, Kandaswami C. 1994. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. *Food Technol* 8:115-119.

Miller NJ, Rice-Evans CA. 1997. Factors influencing the antioxidant activity determined by the ABTS⁺ radical cation assay. *Free Radical Res* 26:195-199.

- Miranda CL, Stevens JF, Ivanov V, McCall M, Frei B, Veinzer ML, Buhler DR. 2000. Antioxidant and prooxidant actions of prenylated and non-prenylated chalcones and flavonones *in vitro*. *J Agric Food Chem* 48:3876-3884.
- Padilla FC, Rincón AM, Bou-Rached L, Suárez A. 2008. *Prostium neglectum*, *Podocalis lorantoides*, and *Brosimum utile* source of flavonoids and other phenolic compounds with antioxidant activity. *Rev Fac Far, UCV*. 71:8-14.
- Pulido R, Bravo L, Saura-Calixto F. 2000. Antioxidant capacity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. *J Agric. Food Chem* 48:3396-3402.
- Renaud S, de Lorgeril M. 1992. Wine, alcohol, platelets and the French paradox for coronary heart disease. *Lancet* 339:1523-1526.
- Rincón AM, Vázquez AM, Padilla FC. 2005. Composición química y compuestos bioactivos de las harinas de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y toronja (*Citrus paradisi*) cultivadas en Venezuela. *Arch Latinoamer Nutr*.55:305-310.
- Rodríguez RJ, Miranda CL, Stevens JF, Deinzer ML, Buhler DR. 2001. Influence of prenylated and non-prenylated flavonoids on liver microsomal lipid peroxidation and oxidative injury in rat hepatocytes. *Food Chem Toxicol* 39:437-445.
- Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of the Folin-Ciocalteu reagent. *Meth Enzymol* 299:152-178.
- Stadler RH, Markovic J, Turesky RJ. 1995. In vitro anti- and pro-oxidative effects of natural polyphenols, *Biol Trace Elem Res* 47:299-305.
- Suja KP, Jayalekshmy A, Arumughan C. 2005. Antioxidant Activity of sesame cake extracts. *Food Chem* 91:213-219.
- Wei A, Mura K, Shibamoto T. 2001. Antioxidant activity of volatile Chemicals extracted from beer. *J Agric Food Chem* 49:4097-4101.
- Yen GC, Duh PD. 1993. Antioxidant properties of methanolic extracts from peanut hulls. *J Am Oil Chem Soc* 70:383-386.
- Zhao H, Chen W, Lu J, Zhao M. 2010. Phenolic profiles and antioxidant activities of commercial beers. *Food Chem* 119:1150-1158.
- Vanderhaegen B, Neven H, Verachtert H, Derdelinckx G. 2006. The chemistry of beer aging – A critical review. *Food Chem* 95:357-381.