

Contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de bebidas elaboradas con panela

Jhoana Colina, Marisa Guerra, Doralys Guilarte, Carlos Alvarado

Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos. Universidad Simón Bolívar.

Departamento de Producción e Industria Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias,

Universidad Central de Venezuela. Venezuela.

RESUMEN. El objetivo de este trabajo fue determinar el contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante en bebidas elaboradas con panela (edulcorante natural obtenido de la concentración del jugo de caña), a fin de evaluar su potencial como fuentes de antioxidantes. En bebidas elaboradas con tres marcas de panela (A, B y C) sabor a limón, mandarina y durazno, se determinó el contenido de polifenoles totales utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu y la capacidad antioxidante por tres métodos: Eficiencia antirradical DPPH, poder reductor férrico (FRP) y capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC). El contenido de polifenoles varió de 0,76 a 1,26 g EAG/mL y 0,73 a 1,32 g EAT/mL, observando un mayor contenido para la bebida sabor a limón seguido por mandarina y durazno. Las bebidas tienen una Eficiencia Antirradical (EA) baja y los compuestos antioxidantes presentes muestran una cinética lenta. El poder reductor férrico fue de 8,28 a 10,41 mmol Fe²⁺/L. Los valores de ORAC variaron desde 1.536 hasta 5.220 µmol ET/100mL, siendo las elaboradas con la marca B la de mayor ORAC, seguida por la marca A y C. La interacción marca-sabor afecta de forma significativa el contenido de polifenoles totales y la EA, además el procesamiento térmico afecta significativamente la EA ($p < 0,05$). Los valores de polifenoles encontrados y la capacidad antioxidante mostrada por las bebidas elaboradas con panela indican que son productos potencialmente con capacidad antioxidante.

Palabras clave: Panela, antioxidantes, polifenoles, bebida.

SUMMARY. Polyphenols content and antioxidant capacity in beverages made with panela. The objective of this work was to determine the total polyphenols content and antioxidant capacity in beverages made with panela (a natural sweetener obtained after drying the unrefined whole sugarcane juice) in order to assess their potential as sources of antioxidants. In beverages made with three panela brands (A, B and C) with lemon, tangerine and peach flavors, the total polyphenols content was determined using the Folin-Ciocalteu's reactive and antioxidant capacity was determined by three methods: antiradical efficiency DPPH, ferric reducing power (FRP) and oxygen radical absorbance capacity (ORAC). The total polyphenols content ranged from 0.76 to 1.26 EAG g/mL and 0.73 to 1.32 EAT g/mL. The lemon flavored beverage showed the highest total polyphenols content followed by tangerine and peach flavored beverages. The three beverages had a low antiradical efficiency (AE) and the antioxidant compounds present in the beverages showed a slow kinetic. The ferric reducing power ranged from 8.28 to 10.41 mmol Fe²⁺/L. The ORAC values ranged from 1,536 to 5.220 µmol ET/100mL. The brand B showed the highest ORAC, followed by brands A and C. The brand-flavor interaction significantly affects the total polyphenols content and the EA, thermal processing also significantly affect the AE ($p < 0.05$). The values of polyphenols and antioxidant capacity found in the beverages made with panela indicate that they are products potentially with antioxidant capacity.

Key words: Panela, antioxidants, polyphenols, beverages.

INTRODUCCIÓN

La panela es un edulcorante natural obtenido por concentración y secado del jugo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), consumida en las diversas regiones productoras del mundo. Actualmente debido a su obtención artesanal, ha sido prácticamente desplazada por la azúcar refinada industrial. En la India y Pakistán, se le conoce como “gur” y “jaggery”, “ko-kuto” en Japón, “rapadura” en Brasil, “chancaca” en Chile, Bolivia, Perú y Argentina; “panela” en Colom-

bia, Ecuador, Guatemala y otros países de Centroamérica, “piloncillo” en México, y “panela” o “papelón” en Venezuela. Según el *Codex Alimentarius*, la panela es el producto de cualquier forma o presentación proveniente de la evaporación del jugo de caña de azúcar, sin centrifugar.

La panela es un ingrediente importante en la gastronomía de Mesoamérica, Colombia, Perú, Venezuela y Ecuador, se utiliza para la elaboración del melado o miel de panela (una especie de caramelo), que es base de muchos postres y dulces tradicionales, también se

utiliza para la elaboración de bebidas. Una de ellas es la bebida tradicional de Colombia, Venezuela y Ecuador, llamada Aguapanela, o "Papelón con Limón" o Aguadulce, que se prepara dejando disolver un bloque de panela en agua hirviendo, al que luego se le agrega limón, para su posterior consumo ya sea en frío o caliente. Otra bebida que se hace a partir de la panela es el guarapo, que es producto de la fermentación alcohólica del agua de panela (1).

La panela se caracteriza por su alta concentración de azúcares, contenido de minerales y trazas de vitaminas (2), sin embargo, la altura sobre el nivel del mar del sitio donde se cultiva la caña con que se elabora la panela puede tener efecto sobre la calidad del producto (3). Además, contiene un alto contenido de polifenoles, con propiedades antioxidantes potencialmente importantes (4,5).

Los polifenoles son importantes por sus propiedades biológicas, sus efectos antioxidantes, y su posible función en la prevención de enfermedades crónicas degenerativas que involucran el estrés oxidativo, así como también su efecto protector contra la oxidación de lipoproteínas de baja densidad (LDL) (6). Este beneficio a la salud ha originado muchas investigaciones con el fin de identificar los alimentos que los contienen, para así promover su consumo.

En diversos estudios se ha evaluado el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante del jugo de caña, *in vitro e in vivo*, en modelos celulares y animales. Así se encontró que protege eficientemente el ADN y aumenta la supervivencia de cultivos celulares sometidos a radiación (7). También se demostró que previene las lesiones de engrosamiento de la íntima aórtica por efecto de los lípidos, en codornices japonesas (8). Así mismo, en comparación con el azúcar morena y azúcar blanca refinada, la panela mostró la más alta protección contra la oxidación del ADN, seguida por el azúcar morena y el azúcar blanco refinado (9).

En Venezuela, es habitual el consumo de agua panela con sabor a limón como bebida refrescante preparada en el hogar. Con el objeto de diversificar el uso de la panela y ofrecer productos saludables a la población, se ha industrializado y comercializado una bebida elaborada con panela, con sabores a limón, mandarina y durazno. El objetivo de esta investigación fue determinar el contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante de bebidas industrializadas y elaboradas con diferentes marcas de panela, a fin de

evaluar su potencial como fuentes de antioxidantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras

Se analizaron bebidas comerciales de tres sabores: limón, mandarina y durazno, elaboradas con tres marcas de panela producidas con caña de azúcar. La panela B y C fue producida de caña cultivada en la región andina (Estado Táchira, Venezuela) y la A proviene de caña cultivada en zona baja de la región central (Estado Lara, Venezuela). Las bebidas fueron elaboradas con agua donde se disolvió la panela hasta obtener un contenido de sólidos solubles entre 10 y 14 °Brix. Posteriormente, se sometieron a un proceso térmico (85 °C por 15 min) antes de añadir el saborizante natural en una cantidad fijada y se envasaron en botellas de vidrio de 330 mL. Se enfriaron en un túnel hasta alcanzar 30 °C. Con el objeto de evaluar el efecto de este procesamiento térmico sobre el contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante, se analizó la bebida sin saborizante elaborada con las tres marcas de panela, sin y con procesamiento térmico.

Contenido de polifenoles

Se determinaron los polifenoles totales con el reactivo de Folin-Ciocalteu (10) usando una curva patrón de ácido gálico y tánico (Sigma-Aldrich, Steinheim, Alemania) en un rango de concentración de 0,05 – 0,60 mg/mL. A una alícuota de 100 µL de muestra y solución estándar, se agregaron 5 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu (10%) (Merck, Darmstadt, Alemania), se dejó reposar por 8 min, luego se añadieron 3,5 mL de una solución de carbonato de sodio al 12%, se agitaron e incubaron en un baño termostático (Jouan, Virginia, USA) a 40 °C por 1 h. Se enfriaron a temperatura ambiente y se leyó absorbancia a 765 nm en un espectrofotómetro Génesis 6 (Thermo Scientific, USA). Los resultados se expresaron como equivalentes de ácido gálico y tánico en g/mL de bebida (g EAG/mL y g EAT/mL), también se expresaron en g EAG/kg de panela. El análisis se hizo por triplicado.

Eficiencia antirradical DPPH

La capacidad antioxidante se determinó usando el método del radical DPPH* (1,1-difenil-2-picril- hidracil), que se basa en la utilización del radical libre del (DPPH*) en solución metanólica al 0,025g/L (11). La

reacción se realizó usando 3,9 mL de esta solución de DPPH y 0,1 mL de la muestra a diferentes concentraciones. La absorbancia se leyó a 515 nm en un espectrofotómetro Génesis 6 (Thermo Scientific, USA), a intervalos diferentes hasta que la reacción alcanzó un equilibrio. El análisis se hizo por triplicado. El porcentaje de DPPH* remanente fue calculado como sigue:

$$\%DPPH_{REM} = [(Abs_{515} \text{ muestra}) / (Abs_{515} \text{ control})] \times 100$$

A partir del gráfico de este porcentaje versus la concentración de la muestra se obtuvo el EC_{50} definido como la cantidad de muestra (g) necesaria para disminuir en un 50% la absorbancia. El tiempo necesario para alcanzar el equilibrio a la concentración de EC_{50} (TEC_{50}) se calculó gráficamente. Como el EC_{50} y el TEC_{50} afectan la capacidad antirradical, se calculó la eficiencia antirradical (EA) que combina estos dos factores:

$$EA = 1 / (EC_{50} \times TEC_{50})$$

Poder reductor férrico (FRP)

La actividad antioxidante fue medida utilizando el Potencial Reductor Férrico (FRP) (12). A 50 μ L de bebida previamente desproteinizada con ácido tricloroacético 10%, se le adicionaron 100 μ L del reactivo FRP (1,5 mL de solución de $FeCl_3$, 1 mL de $K_3Fe(CN)_6$ y 15 mL de tampón acetato pH 3,6), se homogeneizaron y se dejaron en reposo durante 1 h a temperatura ambiente. Se midió la absorbancia contra un blanco de agua a 720 nm en un lector de microplacas modelo ELx800 (BioTek Instruments, EEUU). El FRP se expresó como la cantidad de hierro reducido (mmol Fe^{+2}/L), utilizando como solución patrón al $FeSO_4$ (250 – 1.000 mmol/L). El análisis se hizo por triplicado.

Capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC)

Se determinó la capacidad antioxidante in vitro siguiendo el método ORAC (13). Como solución estándar se utilizó Trolox (ácido 6-hidroxi-2, 5, 7,8-tetrametilcromo-2-carboxílico, de Sigma–Aldrich, Steinheim, Germany), un análogo de la vitamina E soluble en agua. La reacción se llevó a cabo en 75 mM tampón fosfato (PBS) pH 7,4 y el volumen de reacción final fue de 200 μ L. Se preparó un blanco usando tampón fosfato en lugar del antioxidante y se prepararon ocho soluciones de Trolox (0,2-1,6 nmoles, con-

tenido final en mezcla de reacción). Los blancos, las soluciones estándares, las diluciones de la bebida (20 μ L) y la fluoresceína (de Sigma–Aldrich, Steinheim, Alemania; 120 μ L de 70 nM de concentración final) fueron colocadas, por triplicado, en una microplaca negra de 96 pozos fondo plano y preincubadas por 10 minutos a 37 °C. Rápidamente con una pipeta multi-canal se dosificaron, en cada pozo, 60 μ L de una solución, 12 mM de concentración final, de AAPH (2,2'-Azobis (2-amidinopropano) dihidrocloruro; Sigma–Aldrich, Steinheim, Alemania). Inmediatamente la microplaca fue introducida en un fluorómetro TECAN GENIOS (Tecan Trading AG, Suiza) con filtros de 485 nm excitación y 520 nm emisión, programado para registrar la fluorescencia cada minuto después de la adición del AAPH, durante 137 minutos (104 ciclos), con 10 seg de agitación antes de cada lectura por ciclo. Todas las medidas se expresaron en relación a la lectura inicial. El resultado fue calculado usando la diferencia de áreas bajo las curvas de decaimiento de la fluoresceína entre el blanco y la muestra, estos fueron expresados como micromoles equivalentes de Trolox por 100 mL (μ mol ET/100 mL).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza con el fin de determinar el efecto de la marca y el sabor sobre los polifenoles y la capacidad antioxidante ($\alpha = 0,05$) y para la validez de los resultados obtenidos se procedió a verificar los supuestos de normalidad, homogeneidad de varianza e independencia. La prueba *a posteriori* utilizada fue la prueba de rango múltiple de Duncan. Para determinar el efecto del procesamiento térmico sobre los polifenoles y la capacidad antioxidante de las bebidas, se realizó una t pareada con un nivel de confianza de $\alpha = 0,05$.

RESULTADOS

El contenido de polifenoles es un buen indicativo de la actividad antioxidante de un producto, ya que un mayor contenido de polifenoles implica una mayor concentración de antioxidantes (5). En la Figura 1a y 1b se muestra el contenido de polifenoles de las bebidas de panela sabor a limón, mandarina y durazno expresados en g EAG/mL bebida y g EAT/mL bebida. Los valores obtenidos para la bebida sabor a limón variaron de 0,78-1,26 g EAG/mL y 0,75-1,32 g EAT/mL,

para el sabor a mandarina vario de 0,76-1,03 g EAG/mL y 0,73-1,01 g EAT/mL, y para el sabor a durazno se encontraron entre 0,84 – 0,96 g EAG/mL y 0,78-0,92 g EAT/mL. Se encontró diferencias significativas entre la marca ($p=0,0019$), siendo A diferente a B y C, y los sabores ($p=0,0032$), siendo limón diferente a mandarina y durazno, sin embargo, se obtuvo que la interacción de los factores (marca-sabor) afecta de forma significativa el contenido de polifenoles totales ($p=0,0000$).

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos para la capacidad antioxidante de las bebidas, expresada mediante los parámetros EC_{50} (concentración de muestra necesaria para disminuir la concentración inicial del sustrato al 50%), $T_{EC_{50}}$ (tiempo necesario para alcanzar el estado estacionario a la EC_{50}), Eficiencia Antirradical (EA), poder reductor férrico (FRP) y capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC). Se detectaron diferencias significativas entre la EC_{50} y la EA entre las bebidas, siendo la interacción marca-sabor la que influye sobre estos parámetros ($p=0,0000$).

Los valores de poder reductor férrico obtenidos para las bebidas variaron en un rango de 8,28 a 10,41 mmol Fe^{+2}/L (Tabla 1), sin embargo, no se encontraron diferencias significativas para la marca ($p=0,8214$), el sabor (0,2563) ni la interacción de estos factores ($p=0,0585$).

Para la capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC), los valores variaron desde 1.536 \pm 564 μ mol ET/100mL, para la marca C sabor a mandarina, hasta 5.220 \pm 780 μ mol ET/100mL, para la marca B sabor a limón (Tabla 1). Se

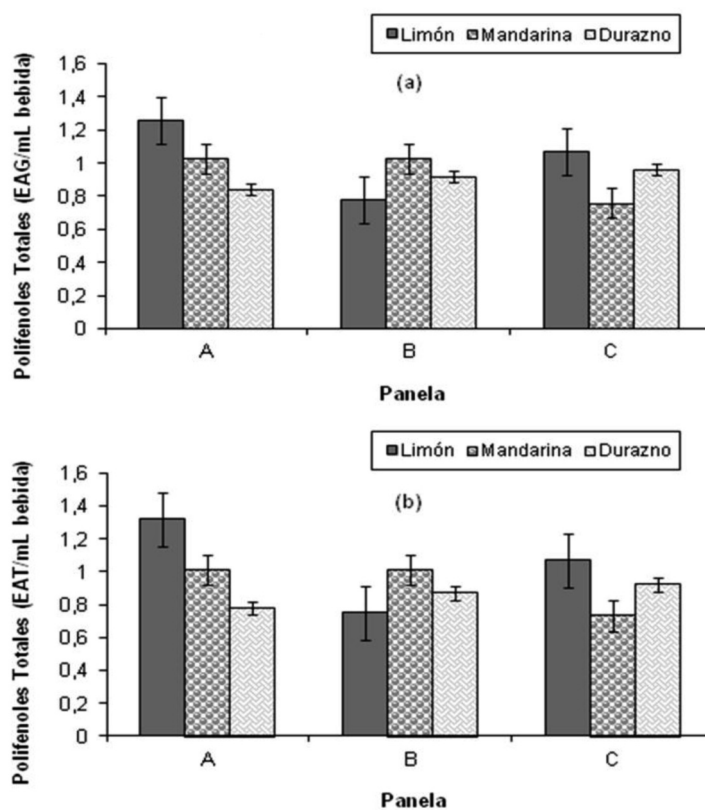


FIGURA 1

Contenido de polifenoles de las bebidas elaboradas con panela sabor a limón, mandarina y durazno, (a) expresados en g EAG/mL bebida, (b) expresados en g EAT/mL bebida.

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LAS BEBIDAS ELABORADAS CON PANELA

Marca de panela	Sabor de la bebida	EC_{50} (g/Kg DPPH)	$T_{EC_{50}}$ (min)	EA (1/ EC_{50} * $T_{EC_{50}}$)	FRP (mmoles Fe^{+2}/L)	ORAC (μ mol ET/100mL)
A	Limón	97,29 \pm 1,40 ^a	120	8,57*10 ^{-5a}	10,30 \pm 0,38 ^a	3.576 \pm 396 ^{ad}
	Mandarina	83,46 \pm 2,70 ^b	120	9,98*10 ^{-5b}	10,01 \pm 0,61 ^a	4.392 \pm 504 ^{ade}
	Durazno	68,21 \pm 7,86 ^c	100	1,47*10 ^{-5c}	9,15 \pm 0,52 ^a	2.292 \pm 300 ^{ae}
B	Limón	147,21 \pm 1,35 ^d	70	9,70*10 ^{-5d}	10,02 \pm 0,60 ^a	5.220 \pm 780 ^{bf}
	Mandarina	154,60 \pm 4,48 ^e	100	6,47*10 ^{-5e}	8,28 \pm 0,50 ^a	2.976 \pm 456 ^{bfg}
	Durazno	84,10 \pm 3,43 ^f	120	9,91*10 ^{-5f}	10,80 \pm 0,99 ^a	4.224 \pm 108 ^{bg}
C	Limón	226,64 \pm 22,09 ^g	103	4,28*10 ^{-5g}	9,93 \pm 0,42 ^a	1.560 \pm 420 ^{ch}
	Mandarina	127,44 \pm 1,71 ^h	76	1,03*10 ^{-4h}	9,93 \pm 0,56 ^a	1.536 \pm 564 ^{chi}
	Durazno	127,83 \pm 11,71 ⁱ	100	7,82*10 ⁻⁵ⁱ	10,41 \pm 0,31 ^a	2.100 \pm 156 ^{ci}

EC_{50} concentración extracto que atrapa el 50% de radical DPPH*, $T_{EC_{50}}$ tiempo necesario para alcanzar el estado de equilibrio a la concentración correspondiente a EC_{50} ; EA Eficiencia antirradical. Los resultados son promedio de un triplicado \pm desviación estándar. Letras diferentes en una misma columna indican que existen diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$).

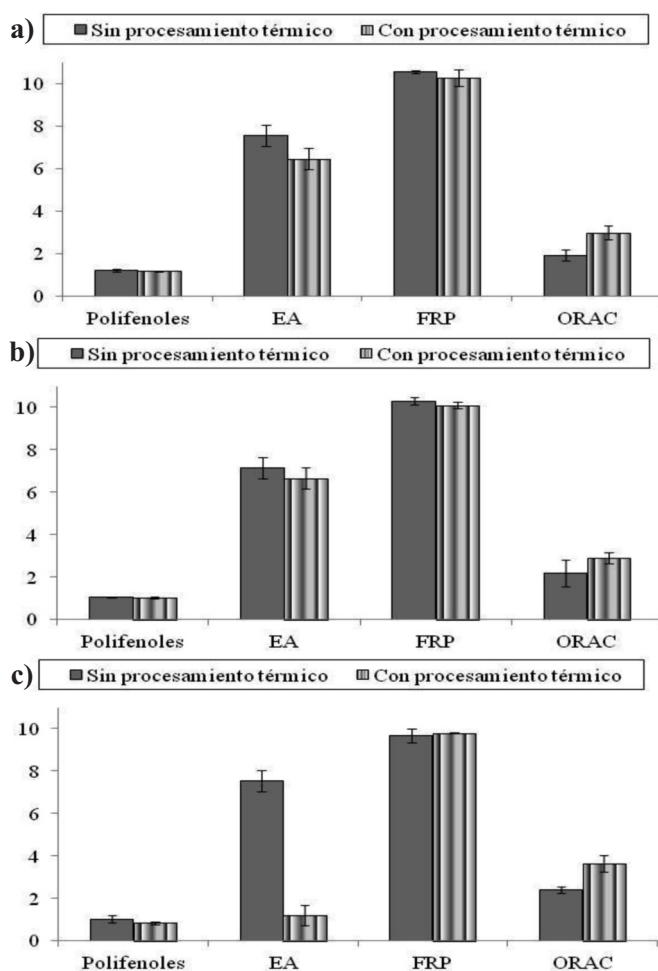


FIGURA 2

Efecto del procesamiento térmico sobre el contenido de polifenoles totales (g EAG/mL), la eficiencia antirradical (EA*10⁵), el poder reductor (mmoles Fe⁺²/L) y la capacidad de absorción de radicales de oxígeno (µmol ET/100g de panela *10⁴) para la bebida elaborada con panela: a) marca A, b) marca B y c) marca C.

TABLA 2

Contenido de polifenoles de las bebidas elaboradas con panela, expresado en g EAG/kg panela

Marca de panela	Sabor de la bebida		
	Limón	Mandarina	Durazno
A	10,54±0,85 ^a	8,57±0,04 ^b	7,04±0,44 ^b
B	6,52±0,44 ^a	8,57±1,29 ^b	7,66±0,22 ^b
C	8,92±0,56 ^a	6,31±0,26 ^b	7,99±0,09 ^b

Los resultados son promedio de un triplicado ± desviación estándar. Letras diferentes en una misma fila denota que existen diferencias estadísticamente significativas (p<0,05).

observó un efecto significativo (p = 0,0002) de la interacción marca-sabor sobre este parámetro, siendo la marca B la de mayor ORAC, seguida por la marca A y finalmente la marca C.

En cuanto al efecto del procesamiento térmico (Figura 2), se observó que éste no afecta de forma significativa el contenido de polifenoles (p=0,1927), el poder reductor férrico (p=0,8109) y la ORAC (p=0,1945) en las bebidas, sin embargo, si disminuye de forma significativa la eficiencia antirradical (p=0,0032).

DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra el contenido de polifenoles totales de las bebidas expresado en equivalentes de ácido gálico (Figura 1a), patrón utilizado por la mayoría de la literatura y en equivalente de ácido tánico (Figura 1b) para que puedan ser utilizados con fines comparativos cuando éste es utilizado como patrón, además, experimentalmente los resultados son comparables a los obtenidos con ácido gálico. La panela constituye el ingrediente principal (10-14 g/100mL) que aporta los polifenoles a la bebida, se ha reportado que ésta es fuente de polifenoles y el contenido varía de 1,97 a 5,08 g EAG/kg de panela (4, 5, 9). En un estudio previo (4) se determinó el contenido de polifenoles en las mismas marcas de panela utilizadas en esta investigación y se obtuvo que éste fue menor para la panela B (3,52 g EAG/kg) seguido por la marca C (3,88 g EAG/kg) y la A (4,58 g EAG/kg). Con fines comparativos se expresaron los resultados en g EAG/kg de panela (Tabla 2) y se observa que el menor contenido de polifenoles lo muestra la marca B, lo que coincide con el estudio previo, esto posiblemente es debido a que la panela es fabricada con caña cultivada a mayor altitud, lo que afecta la composición (3). Sin embargo, en las bebidas el contenido es mucho mayor que lo que aportan las panelas utilizadas para la elaboración de las mismas, esto se puede deber a los polifenoles presentes en los saborizantes naturales, ya que se ha reportado que el limón, la mandarina (14) y el durazno (15) tienen polifenoles en su composición.

La diferencia estadística presentada por las marcas puede deberse a la variedad de la caña de azúcar y otros factores de cultivo y procesamiento, porque las panelas son obtenidas por pequeños productores a

nivel artesanal, además, a que provienen de zonas altas y bajas del país (3, 4). En cuanto al sabor, esto probablemente se deba a la concentración de polifenoles presentes en el saborizante, ya que el de limón es jugo de limón deshidratado por lo tanto más concentrado, mientras que los saborizantes de mandarina y durazno son emulsiones, lo que pudiera hacer que los polifenoles estén en mayor cantidad en el limón que en los otros saborizantes. Sin embargo, el contenido de polifenoles totales no es proporcional en las bebidas elaboradas con las diferentes panelas y saborizantes (Figura 1), observándose un menor contenido en la bebida sabor a limón elaborada con la marca B, esto posiblemente se deba a que se ha reportado que el método de Folin-Ciocalteu no es específico para compuestos fenólicos. Muchos compuestos no fenólicos, como el ácido ascórbico y sacáridos presentes en frutas y vegetales, pueden reducir el reactivo de Folin-Ciocalteu (16). La panela contiene azúcares reductores y es buena fuente de minerales, como el calcio, hierro y magnesio, además, se ha reportado que el contenido de éstos varía dependiendo de la caña de azúcar y el procesamiento utilizado en la elaboración de la panela (2, 3, 4), por lo que estos compuestos pudieran reducir el reactivo de Folin-Ciocalteu e interferir en la cuantificación de los polifenoles.

Por otra parte, al comparar estos resultados con datos de varios alimentos considerados como buenas fuentes de antioxidantes incluidos en la base de datos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) (17), se observa que la panela está en el mismo rango que en las nueces y bayas, productos no cultivados en Venezuela.

Los valores obtenidos muestran que las bebidas tienen una EA considerada como baja ($EA \leq 1 \times 10^{-3}$) y los compuestos antioxidantes presentes en las bebidas muestran una cinética lenta ($T_{EC50} > 30$ min) de acuerdo a la clasificación previa con estándares (11, 18). Se ha reportado para el jaggery (panela hindú), utilizando el método del DPPH, una EC_{50} de 7,81 $\mu\text{g}/\text{mL}$, siendo menor al del azúcar morena 59,38 $\mu\text{g}/\text{mL}$, lo que señala una mayor capacidad antioxidante (10). Otros autores reportan valores de porcentaje de inhibición del radical DPPH* entre un 22,1 y 96 para la panela (4,5) y de 802,8 a 1.066,4 $\mu\text{mol ET}/100$ g para kokuto (panela de Japón) (19), sin embargo, estos datos no son comparables debido a la diversidad de métodos utilizados en la determinación de

la capacidad antioxidante, además algunos polifenoles muestran diferente actividad antioxidante, dependiendo del método de ensayo utilizado.

Se ha encontrado un poder reductor férrico para la panela de 0,204 $\text{mmol Fe}^{+2}/100$ g (20), expresando los resultados en esta unidad, se observa que este parámetro para las bebidas varió de 0,690 a 0,900 $\text{mmol Fe}^{+2}/100$ g, pero los tiempos de reacción fueron diferentes, 4 y 60 min respectivamente, siendo esto una de las desventajas de los métodos para la determinación de la capacidad antioxidante a la hora de hacer comparaciones con otras investigaciones. Sin embargo, se puede señalar que las bebidas podrían presentar una capacidad antioxidante intermedia, tomando como referencia la clasificación hecha por estos autores (21).

Los valores de ORAC obtenidos expresados en $\mu\text{mol ET}/100$ g de panela (12.800 a 43.500), son comparables a los de productos derivados de la caña de azúcar, estando las melazas entre 4.440 a 11.370 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$ y el jugo de caña concentrado con 26.400 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$ (22), siendo los valores de las melazas inferiores a los obtenidos en esta investigación, destacando que las bebidas muestran una ORAC superior a la reportada para alimentos considerados fuentes de antioxidantes según la USDA (17).

Las propiedades antirradicales de la panela se deben principalmente a la presencia de compuestos bioactivos con capacidad antioxidante como los ácidos benzoicos, ácidos cinámicos, glucósidos fenólicos, lignanos y otros componentes, como la vanilina, 3-hidroxi-1-(4-hidroxi-3,5-dimetoxifenil)-1-propanol y el ácido 4-hidroxifenilacético (5, 9). Varios autores han reportado una correlación positiva entre el contenido de polifenoles totales y la actividad antioxidante en frutos como el túpico (23); sin embargo, en las bebidas no se observó una buena correlación con ninguno de los métodos, resultado que coincide con la bibliografía (5). El contenido de polifenoles no es el único factor influyente en la capacidad antioxidante de una muestra, ya que hay otros compuestos bioactivos presentes (péptidos, vitaminas, ácidos orgánicos, entre otros), además del efecto intrínseco de la sinergia entre los componentes del alimento (5, 18).

Por otra parte, el mecanismo de acción de los diferentes compuestos utilizados en los métodos para medir la actividad antioxidante afecta los resultados, porque se ha indicado que los polifenoles son antioxidantes que terminan la reacción en cadena en la oxi-

dación. Asimismo, que el FRP solo reporta una capacidad antioxidante total (21, 24) basada en la actividad reductora del hierro III, lo cual no necesariamente es relevante desde el punto de vista fisiológico y de mecanismo (25), debido a que todos los compuestos que sean capaces de reducir al Fe (III) forman parte de esta capacidad antioxidante. Además, en el método ORAC, cuyo mecanismo está basado en la reacción de transferencia de un átomo de hidrógeno entre un radical libre y un oxidante, como en el DPPH, los resultados reflejan actividad para atrapar radicales peróxido, por lo que no se puede decir que mide la “capacidad antioxidante total”, en vista de que las especies reactivas al oxígeno también incluyen O_2 , $HO\cdot$, $ONOO$ y oxígeno singlete (25). También se puede adicionar a este hecho, el efecto del solvente utilizado en la preparación del extracto y el tiempo de reacción (21). Esto indica que es necesario seguir investigando acerca de un método que permita determinar esta “capacidad antioxidante total” y que sea importante desde el punto de vista fisiológico, por ende estos métodos pueden ser utilizados con fines comparativos entre metodologías donde las condiciones experimentales sean las mismas, proporcionando un acercamiento al potencial antioxidante que pueda tener el alimento.

En cuanto al procesamiento térmico no se observaron cambios en el contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante medida a través del poder reductor férrico y la ORAC, solo se observó una disminución significativa en la eficiencia antirradical. Se ha señalado que un procesamiento térmico de 5 h a 98 °C no tiene efecto en la ORAC de productos derivados de la caña (22), aunque también se indica que la capacidad antioxidante de los alimentos depende de la forma como estos son consumidos, bien sea de forma natural o procesados y se ha considerado que el tratamiento térmico es la principal causa de la alteración del contenido de antioxidantes naturales presentes en alimentos (26), ya que puede ser responsable tanto del aumento como de la disminución de la acción antioxidante, dependiendo de muchos factores, tales como: la estructura química, el potencial de óxido-reducción, la localización en la matriz y las posibles interacciones con otros alimentos.

CONCLUSIONES

En general, los valores de polifenoles obtenidos y

la capacidad antioxidante mostrada por las bebidas elaboradas con panela, indican que son productos potencialmente con capacidad antioxidantes, además el tratamiento término no afecta significativamente este potencial.

AGRADECIMIENTOS

Innovaciones Alimentarias, C.A. (INNOVALCA) por el financiamiento de la investigación.

REFERENCIAS

1. Restrepo C. Historia de la panela colombiana, su elaboración y propiedades. Historia de la Cocina y la Gastronomía. O.N.G. Grupo de Gastronautas. 2007 [Consultada en Agosto 2011] Disponible en: <http://www.historiacocina.com/paises/articulos/colombia/panela.htm>.
2. Hernández E, Amaya F. Referencia tecnológica para el proceso de obtención de panela de calidad. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Venezuela. 2000.
3. Mujica MV, Guerra M, Soto N. Efecto de la variedad, lavado de la caña y temperatura de punteo sobre la calidad de la panela granulada. Interciencia. 2008 [Consultada en Agosto 2011]; 33 (8): 598 - 603. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S03788442008000800010&lng=es&nrm=iso
4. De Andrade S. Evaluación de la funcionalidad de panelas artesanales como antioxidante y fuente de minerales. Trabajo Especial de Grado para optar al título de Licenciado en Química. Universidad Simón Bolívar. Venezuela. 2008.
5. Payet B, Cheong Sing A, Smadja J. Assessment of Antioxidant Activity of Cane Brown Sugars by ABTS and DPPH Radical Scavenging Assays: Determination of their Polyphenolic and Volatile Constituents. J Agric Food Chem. 2005; 53: 10074 - 10079.
6. Narasimhan R, Toshihiko O, Hirotoomo O, Shun K. The contribution of plant food antioxidants to human health. Trends Food Sci Technol. 1995; 6: 75 – 82.
7. Kadam US, Ghosh SB, Strayo De, Suprasanna P, Devasagayam TPA, Bapat VA. Antioxidant activity in sugarcane juice and its protective role against radiation induced DNA damage. Food Chem. 2008; 106: 1154 – 1160.
8. Inafuku M, Toda T, Okabe T, Wada K, Takara K, Iwasaki H, et al. Effect of Kokuto, a non-centrifugal cane sugar, on the development of experimental atherosclerosis in Japanese quail and apolipoprotein E deficient

- mice. *Food Sci Technol Research*. 2007; 13 (1): 61- 66.
9. Harish Nayaka MA, Sathisha UV, Manohar MP, Chandrashekar KB, Dharmesh SM. Cytoprotective and antioxidant activity studies of jaggery sugar. *Food Chem*. 2009; 115 (1): 113 -118.
 10. Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of the Folin–Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol*. 1999; 299: 152 – 178.
 11. Sánchez-Moreno C, Larrauri JA, Saura-Calixto F. A procedure to measure the anti-radical efficiency of polyphenols. *J Sci Food Agric*. 1998; 78: 270 - 276.
 12. Bahr P, Basalto Y. El potencial reductor férrico (FRP). Un ensayo para evaluar la capacidad antioxidante en suero. *Correo Cient Med Holguín*. 2004; 8 (4).
 13. Dávalos A, Gómez-Cordovés C, Bartolomé B. Extending applicability of the oxygen radical absorbance capacity (ORAC-Fluorescein) assay. *J Agric Food Chem*. 2004; 52(1): 48 - 54.
 14. Hernández M, Prieto E. Plantas que contienen polifenoles. Antioxidantes dentro del estilo de vida. *Rev Cuban Invest Biomed*. 1999; 18(1): 12 - 14.
 15. Rodrigo-García J, Álvarez-Parrilla E, de la Rosa L, Mercado G, Herrera B. Valoración de la capacidad antioxidante y actividad polifenol oxidasa en duraznos de diferentes áreas de producción. I Simpósio Ibero-Americano de Vegetais Frescos Cortados, San Pedro, SP Brazil. 2006.
 16. Tabart J, Kevers C, Pincemail J, Defraigne J, Dommes J. Evaluation of spectrophotometric methods for antioxidant compound measurement in relation to total antioxidant capacity in beverages. *Food Chem*. 2010; 120: 607 – 614.
 17. United States Department of Agricultural (USDA). Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) of Selected Foods, Release 2. 2010. Disponible en: <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=15866>. Consultada en Julio 2011.
 18. Sánchez-Moreno C, Larrauri JA, Saura-Calixto F. Free radical scavenging capacity of selected red, rosé and white wines. *J Sci Food Agric*. 1999; 79: 1301 - 1304.
 19. Okabe T, Toda T, Inafuku M, Wada K, Iwasaki H, Oku H. Antiatherosclerotic function of Kokuto, okinawan noncentrifugal cane sugar. *J Agric Food Chem*. 2009; 57: 69 – 75.
 20. Phillips MK, Carlsen MH, Blomhoff R. Total antioxidant content of alternatives to refined sugar. *J Am Diet Assoc*. 2009; 109: 64 - 71.
 21. Araya H, Clavijo C, Herrera C. Capacidad antioxidante de frutas y verduras cultivados en Chile. *Arch Latinoamer Nutr*. 2006; 56 (4): 361 – 365.
 22. Saska M, Chou CC. Antioxidant properties of sugarcane extracts. Proceedings of First Biannual World Conference on Recent Developments in Sugar Technologies, Delray Beach, FL USA. 2002.
 23. Rincón A, González D, Bou Rached L, Emaldi U, Padilla F. Actividad antioxidante y contenido de polifenoles en frutos de túpiro (*Solanum sessiliflorum* Dunal) provenientes del Amazonas venezolano. *Rev Fac Farm*. 2011; 74 (1): 41 – 45.
 24. Benzie IFF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Analytical Biochem*. 1996; 239: 70-76.
 25. Ou B, Huang D, Hampsch-Woodill M, Flanagan JA, Deemer EK. Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: A comparative study. *J Agric Food Chem*. 2002; 50: 3122-3128.
 26. Kaur C, Kappor HC. Antioxidants in fruits and vegetables – the millennium’s health. *Int J Food Sci Technol*. 2001; 36(7): 703-25.

Recibido: 19-05-2012

Aceptado: 04-09-2012