

# DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ANTIOXIDANTES DEL ZUMO DE CAÑA, PANELA Y AZÚCAR MORENO

Alba Hostalet, Noelia Betoret, Lucía Seguí.

## RESUMEN

En los últimos años el interés por los alimentos funcionales naturales y aquellos a los que se les ha incrementado el contenido en compuestos beneficiosos presentes en la composición natural del mismo ha aumentado notablemente. A su vez, han adquirido gran importancia los compuestos con actividad antioxidante por su asociación con la prevención de ciertas enfermedades.

En este sentido, resulta de especial interés el tradicional uso del zumo de la caña de azúcar, en países sudamericanos y asiáticos, para paliar alteraciones de la piel, infecciones del tracto urinario, pérdida de producción de leche, bronquitis, enfermedades del corazón, tos, constipado común, anemia, estreñimiento y debilidad general. Estudios recientes han demostrado que dichas propiedades beneficiosas están relacionadas con su elevada capacidad antioxidante.

Así pues, el objetivo de este estudio es determinar el contenido en fenoles y flavonoides totales y la capacidad antioxidante del zumo de caña de azúcar, panela y azúcar moreno. La caracterización de la muestra se realizó a través de las mediciones de pH, acidez y contenido en azúcares. El contenido en fenoles totales se determinó por el método de Folin-Ciocalteu, el contenido en flavonoides por el método colorimétrico y la capacidad antioxidante a través del radical ABTS. La concentración de compuestos fenólicos y flavonoides fue, en orden decreciente: panela, zumo de caña y azúcar moreno, y la capacidad antioxidante: azúcar moreno, zumo de caña y panela.

## RESUM

En els últims anys ha augmentat l'interés pels aliments funcionals naturals i per aquells als que se'ls ha incrementat el contingut de compostos que ja estaven presents en la composició natural dels mateixos. Tanmateix, han adquirit gran importància els compostos amb activitat antioxidant per la seua associació amb la prevenció de certes enfermetats.

En aquest sentit, resulta d'especial interés el tradicional ús del suc de la canya de sucre, en països sudamericans i asiàtics per a pal·liar alteracions de la pell, infeccions del tracte urinari, pèrdua de la producció de llet, bronquitis, enfermetats del cor, tos, constipat comú, anèmia, estrenyiment y debilitat general. Estudis recents han demostrat que aquestes propietats beneficioses estan relacionades amb l'elevada capacitat antioxidant.

Així doncs, l'objectiu d'aquest estudi és determinar el contingut en fenols i flavonoides totals i la capacitat antioxidant del suc de canya de sucre, panela i sucre marró. La caracterització de la mostra es va realitzar mitjançant les medicions de pH, acidesa i contingut en sucres. El contingut en fenols total es va determinar amb el mètode de Folin-Ciocalteu, el contingut en flavonoides

amb el mètode colorimètric del clorur d'alumini i la capacitat antioxidant mitjançant el mètode del radical ABTS. La concentració de compostos fenòlics y flavonoides va ser, en ordre decreixent: panela, suc de canya i sucre marró, i la capacitat antioxidant: sucre marró, suc de canya i panela.

## **ABSTRACT**

During recent years there has been an increasing interest for natural functional foods and those that have been enriched in compounds naturally occurring in the food. Besides, the compounds with antioxidant activity have recently gained importance since they have been related to the prevention of certain diseases.

In this sense, it is particularly interesting the traditional use of sugar cane in the treatment of several pathologies such as skin and urinary tract infections, as well as for bronchitis, heart conditions, loss of milk production, cough, anaemia, constipation as well as general debility. Recent studies have proved that those beneficial properties are related to its high antioxidant activity.

Therefore, the main objective of the present study is the quantitative determination of total phenolics and flavonoids, as well as the antioxidant capacity of sugar cane juice, jaggery and brown sugar. pH, titrable acidity and sugar content determinations have been used for sample characterization. Total phenolics have been determined using the Folin-Ciocalteu method, the content in flavonoids by means of the colorimetric method, and the antioxidant capacity has been measured by the ABTS method. The amount of total phenolics and flavonoids were, in decreasing order: jaggery, sugar cane juice and brown sugar; whereas for the antioxidant capacity was: brown sugar, sugar cane juice and jaggery.

**PALABRAS CLAVE:** fenoles, flavonoides, capacidad antioxidante, caña de azúcar, panela.

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha aumentado considerablemente el interés de los responsables de salud pública y de los consumidores por conocer la relación entre la dieta y la salud. Además, se ha demostrado que muchos alimentos como las frutas y las verduras contienen componentes que resultan beneficiosos para nuestro organismo, reduciendo el riesgo de padecer diversas enfermedades (Javanmardi et al., 2003).

Los expertos recomiendan seguir hábitos alimentarios saludables, sin embargo los nuevos estilos de vida, la falta de tiempo para cocinar, la incorporación de la mujer al mundo laboral y el ritmo de vida actual han provocado desequilibrios y desajustes en nuestros hábitos dietéticos (Anding et al., 2001).

Como consecuencia de esta situación, han surgido los alimentos funcionales, que ayudan a compensar estos desequilibrios de una forma fácil y cómoda, garantizando las ingestas de nutrientes recomendadas por los especialistas. De forma más concreta puede decirse que además en los últimos años ha aumentado el interés por los alimentos funcionales naturales, a los que se les ha incrementado el contenido de compuestos que ya estaban presentes en la composición natural del mismo (Spence, 2006).

Así pues, aunque el concepto de alimento funcional sigue evolucionando, la Unión Europea ha adoptado una definición consensuada, publicada en 1999 (Diplock et al., 1999) en la que se cita “un alimento se considera funcional si se demuestra satisfactoriamente que afecta de manera beneficiosa a una o más funciones del organismo, más allá de los efectos nutricionales adecuados, de manera que sea relevante para mejorar el estado de salud y bienestar, o para reducir el riesgo de enfermedades”.

Un grupo de componentes con actividad fisiológica son los antioxidantes. Se trata de sustancias que retardan o inhiben el proceso de oxidación de los lípidos y otras moléculas impidiendo la iniciación o propagación de las reacciones de oxidación causantes de los procesos de envejecimiento y de algunas otras enfermedades (Young & Woodside, 2001; Silva et al., 2007), tales como el cáncer, enfermedades neurodegenerativas, inflamatorias y cardiovasculares (Prior & Gu, 2005).

En la industria de alimentos los antioxidantes sintéticos han sido ampliamente utilizados para conservar la calidad y proteger contra el deterioro relacionado con la oxidación. Sin embargo, está aumentando la idea de que los efectos del consumo habitual de antioxidantes sintéticos en productos de alimentación y bebidas son perjudiciales, debido a su probada toxicidad y efecto cancerígeno (Rechner et al., 2002). Es por ello, y por la percepción del público de que el antioxidante natural es más seguro que análogos sintéticos, que el empleo de antioxidantes sintéticos está siendo restringido y está aumentando considerablemente el interés por encontrar antioxidantes naturales sin efectos secundarios indeseables (Dastmalchi et al., 2007).

Dentro del grupo de compuestos antioxidantes podemos encontrar distintos subgrupos, como por ejemplo los fenoles y flavonoides. Los flavonoides son compuestos polifenólicos ampliamente distribuidos entre los vegetales que se encuentran mayoritariamente en las semillas, las frutas y en

bebidas como el té, el vino y la cerveza. Su particular efecto beneficioso radica en su acción hipocolesterolemizante (Sentandreu et al., 2006), antimicrobiana (Bylka et al., 2004), anticancerígena (Benavente-García et al., 1997), de protección contra enfermedades coronarias (Hollman et al., 1996) y antiagregación de plaquetas (Middleton et al., 2000). A su vez, los fenoles se encuentran en la mayoría de las plantas azulgrana o violeta, tales como la berenjena, las bayas, los arándanos y la uva. La actividad antioxidante de los compuestos fenólicos se debe principalmente a sus propiedades de oxidoreducción, ya que juegan un papel importante oxidando y neutralizando radicales libres, secuestrando oxígeno o descomponiendo peróxidos (Goh et al., 2003).

En cuanto a su ingesta, por una parte hemos visto que los antioxidantes se encuentran en cantidades elevadas en frutas y verduras, frescas y crudas, por lo que consumiendo este tipo de alimentos nos aseguramos la incorporación a nuestra dieta, y por tanto a nuestro organismo. Por otra parte, una fuente alternativa de antioxidantes pueden ser los alimentos funcionales formulados, líquidos o reestructurados (leche y productos lácteos, zumos de frutas, galletas, cereales para el desayuno, etc.) que incorporan a su estructura componentes de otro medio.

En la bibliografía podemos encontrar múltiples referencias sobre el uso de la actividad antioxidante de los extractos de la caña de azúcar para el tratamiento de la piel, infecciones del tracto urinario, pérdida de producción de leche, bronquitis, enfermedades del corazón, tos, resfriado común, anemia, estreñimiento y debilidad general (Kadam et al., 2008; El-Abasy et al. 2002; Lo et al., 2005; Fontaniella et al., 2003).

Los aspectos expuestos ponen de manifiesto el interés de valorar las propiedades antioxidantes de derivados de la caña de azúcar menos procesados que el azúcar refinado común.

El azúcar refinado, es el edulcorante mayoritariamente consumido en los países occidentales. Su uso cotidiano hace que el consumo medio habitual de los países más desarrollados sea de unos 130 g/día (Putnam et al., 2002). Este dato incluye la cantidad ingerida de azúcares en aquellos alimentos que se compran transformados y que lo contienen como ingrediente. Según las estadísticas españolas 340 g/mes es el consumo per cápita estimado, y se refiere solamente al edulcorante previamente adquirido e incorporado con posterioridad en nuestro propio hogar (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2009). De esta cantidad, más de un 70% de la producción proviene de la caña de azúcar, cuyo cultivo se desarrolla en Brasil, Perú, México, Colombia, Venezuela y Ecuador, donde representa la base fundamental de la economía (Putnam et al., 2002).

Uno de los productos derivados del zumo de caña es la panela. Un alimento típico de países de América del Sur cuyo único ingrediente es el jugo de la caña de azúcar. Para producir la panela, el zumo de la caña es cocido a elevadas temperaturas hasta producir una melaza bastante densa, luego se pasa a unos moldes en forma de cubo, donde se deja secar hasta que solidifica.

El azúcar moreno, a diferencia del blanco, prácticamente no se refina tras la cristalización del zumo, por lo que conserva en mayor medida las

propiedades nutricionales (vitamina A, B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>) y beneficiosas del jugo de la caña (Liu, 2007. Liyana-Pathirana & Sahidi, 2007)

Por todo lo expuesto, este estudio tiene como objetivo valorar la capacidad antioxidante del zumo de caña de azúcar, panela y azúcar moreno. Para ello se determinaron la cantidad de fenoles y flavonoides presentes en dichos productos, y se cuantificó el poder antioxidante por el método ABTS.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Materia prima

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) fue cultivada en un vivero de la Comunidad Valenciana (España), recogida y trasladada al IU-IAD de la UPV, donde se almacenó en congelación (-20°C) hasta su posterior uso, aproximadamente 6 meses después.

Tanto la panela, proveniente de Colombia, como el azúcar moreno y blanco fueron adquiridos en un comercio local de la ciudad de Valencia (España).

### 2.2 Preparación de muestras

Para llevar a cabo los distintos análisis realizados durante el estudio fue necesario que la muestra se presentase en forma líquida, por lo que se extrajo el zumo de la caña y se prepararon diluciones de panela, azúcar moreno y azúcar blanco.

#### ZUMO DE CAÑA DE AZÚCAR

Antes de la extracción del zumo, las cañas fueron lavadas y enjuagadas para eliminar las impurezas de la superficie. Una vez limpias, se cortaron porciones de unos 15 cm, evitando los nudos. Seguidamente se pelaron, retirando la capa superficial y dejando al descubierto la pulpa provista de jugo para, con la ayuda de un triturador de ajos (Figura 1), extraer el zumo, separándolo del bagazo mediante presión, y recogiendo en un vaso de precipitados.



**FIGURA 1.** Imagen del triturador de ajos utilizado para la extracción del zumo de caña.

## PANELA Y AZÚCAR MORENO

Se prepararon disoluciones acuosas a partir de la panela y el azúcar moreno, de los mismos grados Brix que el zumo de caña de azúcar. Para conseguir la disolución completa se sometió la muestra a calor (40°C) y agitación.

Los grados Brix se determinaron a partir del índice de refracción, mediante el refractómetro de mesa (ABBE ATAGO 3-T) termostatado a 20°C. Los valores obtenidos para las diferentes disoluciones preparadas se incluyen en la tabla 1.

**TABLA 1.** Valores medios y desviación estándar de los grados Brix de las disoluciones acuosas utilizadas en las diferentes determinaciones.

	<b>Brix</b>
<b>Zumo de caña</b>	22'980 ( $\pm 1'003$ )
<b>Panela</b>	23'1 ( $\pm 1'7$ )
<b>Azúcar moreno</b>	23'3 ( $\pm 1'2$ )

### 2.3 Determinaciones fisicoquímicas

Se midió el pH, la acidez, el porcentaje en azúcares y la humedad de las muestras de zumo de caña de azúcar, panela y azúcar moreno. En todos los casos las determinaciones se hicieron por quintuplicado.

#### PH

Fue determinado con un pH-metro digital (Mettler Toledo Inlab), con electrolito de polímero Xerolyt, previamente calibrado con diluciones tampón a pH 4, pH 7 y pH 9. Como valor de pH se consideró la media de dos determinaciones efectuadas sobre la misma muestra, siempre y cuando la diferencia entre ellas fuera menor de 0'1 unidades.

#### ACIDEZ

Se determinó mediante la valoración con NaOH (0.1N) usando fenolftaleína como indicador. La acidez se expresó como número de equivalentes ácidos.

#### DETERMINACIÓN DE AZÚCARES

Se determinaron las concentraciones de glucosa, sacarosa y fructosa mediante Cromatografía Líquida de Intercambio Iónico con un cromatógrafo de intercambio iónico Metrohm preparado con una columna especial para la determinación de azúcares. Se preparó una muestra patrón de concentraciones conocidas de los 3 azúcares (50ppm), y diluciones 1:1000, para la determinación de glucosa y 1:10000 para la determinación de sacarosa.

## HUMEDAD

Se determinó la humedad de la materia prima con una balanza de infrarrojos (AND Infrared Moisture Determination Balance (AD-4714A)).

## 2.4 Análisis de la actividad antioxidante

### FENOLES TOTALES

Para la determinación de fenoles totales se utilizó el método de Folin Ciocalteu (Eberhardt et al., 2000; Kim et al., 2003) en el cual se mide la intensidad del color producido cuando este reactivo reacciona con los compuestos fenólicos. Este método espectrofotométrico se fundamenta en el carácter reductor del reactivo y es el más empleado. Se utiliza como reactivo una mezcla de ácidos fosfotungstácico y fosfomolibdico en medio básico, que se reducen al oxidar los compuestos fenólicos, originando un color verde azulado que se mide espectrofotométricamente.

Para llevar a cabo el ensayo, se mezclaron 0'125 mL de muestra con 0'5 mL de agua desionizada y 0'125 mL del reactivo Folin-Ciocalteu, y se dejó reaccionar el conjunto durante unos 6 minutos. Posteriormente se añadieron 1'25 mL de carbonato sódico (al 7% en agua) y se diluyó toda la mezcla hasta 3 mL con agua desionizada. Tras 90 minutos se produjo el desarrollo del color y se leyó la absorbancia a 760 nm.

Como patrón se utilizó ácido gálico con una pureza mayor o igual al 98% (Sigma-Aldrich) y se trabajó con concentraciones de 0 a 0'5 mg/mL. El contenido total de fenoles se expresará como equivalentes de ácido gálico (mg ac. gálico/100 mL muestra; GAE).

### FLAVONOIDES TOTALES

La determinación de flavonoides se realizó mediante un método colorimétrico modificado (Luximon-Ramma et al., 2002). Para ello, se mezclan alícuotas de 1'5 mL de muestra en volúmenes iguales de cloruro de aluminio (al 2% en metanol), se agitan vigorosamente y se dejan reposar 10 minutos.

Seguidamente se midió la absorbancia a 368 nm y se comparó con una curva patrón de quercetina de pureza mayor o igual al 95% (Aldrich) preparada con concentraciones de 0 a 0'5 mg/mL. Posteriormente el contenido en flavonoides totales se expresa como equivalentes de quercetina (mg quercetina/100 mL muestra; CEQ).

### MÉTODO ABTS

La actividad antioxidante se determinó a partir del método de decoloración ABTS/HRP [ácido 2,2'-azinobis-(3.etilbenzotiazoline-6-sulfónico)] por espectrofotometría de emisión UV-visible. Este método se basa en la capacidad que tienen los componentes antioxidantes de la muestra de secuestrar los radicales ABTS (ABTS<sup>+</sup>) en comparación con la capacidad presentada por un antioxidante estándar (ácido ascórbico o Trólox (análogo hidrosoluble de la vitamina E)).

Según la metodología desarrollada por Re et al. (1999) y descrita por Kuskoski et al. (2004) el radical ABTS<sup>+</sup> se obtiene tras la reacción de ABTS (7 mM) con persulfato potásico (2,45 mM, concentración final) incubados a temperatura ambiente ( $\pm 25^{\circ}\text{C}$ ) y en la oscuridad durante 16 h. Una vez formado el radical ABTS<sup>+</sup> se diluyó con tampón fosfato hasta obtener un valor de absorbancia de 0,70 ( $\pm 0,1$ ) a 754 nm (longitud de onda de máxima absorción).

Tras haber obtenido dicha longitud de onda, a 970  $\mu\text{L}$  de la dilución de ABTS<sup>+</sup> y tampón se le adicionan 30  $\mu\text{L}$  de la muestra.

La actividad antioxidante se determinó a partir del descenso registrado en el valor inicial de absorbancia a 734 nm, al cabo de 0, 1, 3 y 6 minutos tras adicionar la muestra a la dilución de ABTS<sup>+</sup> de absorbancia 0'7.

El antioxidante sintético de referencia, Trolox, se ensayó a una concentración de entre 0 y 10 ppm de concentración final en tampón fosfato. Los resultados se expresan en  $\mu\text{mol}$  de Trolox/100 g de producto y en VCEAC (actividad antioxidante equivalente a vitamina C), en este último caso por tratarse de alimentos.

Se utilizó el método ABTS porque, aunque el DPPH es el más comúnmente utilizado para la evaluación de radicales libres, éste posee ciertos inconvenientes relacionados con la solubilidad y la interferencia espectral (Koleva et al., 2002). En particular, el problema de interferencia es subsanado debido a que la longitud de onda usada es 760 nm, una longitud no muy común en productos naturales (Re et al. 1999) que hace que se reduzcan las posibles interferencias causadas por otros compuestos.

Los datos espectrofotométricos se obtuvieron en un espectrofotómetro Beckman Coulter DU 730 Life Science UV/Vis Spectrophotometer.

## 2.5 Análisis estadístico

En todos los casos el análisis estadístico se llevó a cabo con el programa estadístico Statgraphics 5.1.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Caracterización de la muestra

#### PH Y ACIDEZ

Los resultados de la determinación del pH y la acidez se muestran en la tabla 2.

**TABLA 2.** Resultados promedio de la caracterización de la muestra y desviación estándar.

Muestra	pH	Nº eq ácidos
Zumo de caña	5'8 ( $\pm 0'2$ ) <sup>a,b</sup>	0'10 ( $\pm 0'07$ )
Panela	5'46 ( $\pm 0'04$ ) <sup>a</sup>	0'068 ( $\pm 0'007$ )
Azúcar moreno	6'13 ( $\pm 0'04$ ) <sup>b</sup>	0'086 ( $\pm 0'009$ )

Un análisis simple de la varianza puso de manifiesto (con un nivel de confianza del 95.0%) que no existen diferencias significativas entre los valores medios de acidez de los distintos productos, mientras que los valores medios de pH sí que son significativamente diferentes (<sup>a,b</sup> p-valor < 0'05).

## CONTENIDO EN AZÚCARES

Tras la interpretación de los cromatogramas se vio que los picos correspondientes a la cantidad de sacarosa y fructosa de las muestras se solapaban, con lo que era difícil cuantificar la cantidad de cada uno de estos azúcares. Los esfuerzos por conseguir la separación de los picos no dieron mejores resultados. Es por esto que en la tabla 3 se muestran los valores correspondientes a la cantidad glucosa y sacarosa obtenidos para las distintas muestras estudiadas.

**TABLA 3:** Valores de glucosa y sacarosa de las muestras analizadas, expresados en partes por millón.

	<b>Glucosa (ppm)</b>	<b>Sacarosa (ppm)</b>
<b>Zumo</b>	1.035 ( $\pm$ 1.316) <sup>a*</sup>	123.162 ( $\pm$ 11.405) <sup>a,b</sup>
<b>Panela</b>	7.610 ( $\pm$ 855) <sup>b</sup>	113.484 ( $\pm$ 11.267) <sup>a</sup>
<b>Azúcar Moreno</b>	0,0 <sup>c</sup>	129.347 ( $\pm$ 12.483) <sup>b</sup>

<sup>a-c</sup> p-valor < 0'05

\*La desviación típica obtenida en este caso es muy elevada debido a que en 3 de las 5 muestras analizadas no se detectó la presencia de glucosa. El valor medio de las muestras en las que sí se detectó glucosa fue de 2070 ( $\pm$ 1104).

La cantidad de glucosa presente en las muestras puede utilizarse como indicador del grado de inversión sufrido por la sacarosa. De las muestras estudiadas, la panela es la que presenta un mayor contenido en glucosa, lo que guarda concordancia con su contenido en sacarosa, que es el menor de los valores encontrados. Por el contrario, el azúcar moreno presenta un mayor contenido en sacarosa y el valor de glucosa obtenido (0,0) sugiere que la inversión del azúcar se ha controlado a lo largo del proceso de producción del mismo. Por su parte, los resultados obtenidos en el caso del zumo de caña presentan una mayor desviación, lo cual se debe probablemente a la propia variabilidad de la materia prima. En cualquier caso y como era de esperar, el azúcar predominante en las tres muestras analizadas es la sacarosa.

## 3.2 Determinación de la capacidad antioxidante

### REVISION BIBLIOGRÁFICA

Con el fin de comparar los valores obtenidos con otros publicados para el mismo tipo de alimento, así como para otros conocidos por tener una capacidad antioxidante importante, se realizó una búsqueda bibliográfica exhaustiva cuyo resultado se resume en las tablas 4, 5 y 6.

La principal herramienta utilizada para ello fue el Polibuscador de la biblioteca virtual de la Universidad Politécnica de Valencia, seleccionando las bases de datos correspondientes al área de agricultura y tecnología de

alimentos (Agrícola, CAB Abstracts (Ovid), Catálogo UPV Libro Electrónico, FSTA: Food Science Technology Abstracts (Ovid), Science Direct, Web of Science). Se utilizaron como palabras clave fenoles, flavonoides, capacidad antioxidante, caña de azúcar y panela, y se consultaron los artículos publicados entre el 2000 y el 2009.

Los datos encontrados se organizaron en 3 tablas. La tabla 4 recoge aquellos resultados referentes a la determinación de fenoles según el método de Folin-Ciocalteu, utilizado en nuestro ensayo. La tabla 5 hace referencia a los resultados encontrados para la determinación de flavonoides según el método colorimétrico. Una tercera tabla resume datos obtenidos con respecto a la capacidad antioxidante determinada por varios métodos.

Las tablas 4 y 5 se dividen en 5 columnas, correspondientes al tipo de producto analizado, el contenido en fenoles o flavonoides expresados en mg de ácido gálico/100 g de producto (tabla 3) y mg de quercetina/100 g de producto (tabla 4), la referencia del artículo consultado, el consumo per cápita para un mes (dato obtenido de la página web del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2009) y el valor calculado de la cantidad de fenoles y flavonoides consumidos por mes. Este último dato se ha calculado multiplicando el valor del respectivo compuesto antioxidante por el consumo per cápita mensual estimado para cada producto. El dato obtenido resulta de gran interés, ya que un alimento puede tener un contenido alto en antioxidantes pero ser poco común en nuestra dieta habitual.

La tabla 6 aporta la información correspondiente al poder antioxidante, determinado por diferentes métodos, de una gran variedad de productos. La tabla incluye las mismas columnas que las tablas 4 y 5, y una columna adicional en la que se especifica el método que se ha utilizado.

**TABLA 4.** Cantidad de fenoles determinados por el método de Folin-Ciocalteu para diferentes productos según distintos autores y consumo per cápita por mes.

<b>Determinación de fenoles según el método de Folin-Ciocalteu</b>				
<b>Muestra</b>	<b>Valor</b>	<b>Referencia</b>	<b>Consumo per capita*</b>	<b>mg GAE/mes</b>
Dátiles frescos	2,89 mg GAE/100 g producto	Foroogh Biglari et al., 2008.	< 10 g/mes	< 0'289 mg
Sandía	68,8 mg GAE/100 g producto	Shu-Jing Wu et al., 2008.	100 g/mes	68'8 mg
Kiwi	1156 mg GAE/ 100 g producto	Yong-Seo Park et al., 2008.	300 g/mes	3468 mg
Tomate	15 mg GAE / 100 g producto	Veronica Dewanto et al., 2002.	970 g/mes	145 mg
Manzana Golden Delicious	129'7 mg GAE/100g producto	Kelly Wolfe et al., 2003.	1080 g/mes	1400'76 mg
Arándanos	565 mg GAE/100 g	Yong-Seo Park et al.,	< 10 g/mes	< 56'5 mg

	producto	2008.		
Mora	118'9 mg GAE /100 g producto	E. Marta Kuskoski et al., 2004.	< 10 g/mes	< 11'89 mg
Uva	117'1 mg GAE/100 g producto		< 100 g/mes	< 117'1 mg
Azúcar moreno	37'2 mg GAE/100 g producto	Harish Nayaka et al., 2009.	< 100 g/mes	< 32'7 mg
Azúcar blanco	3'15 mg GAE/ 100 g producto		340 g/mes	10'7 mg
Panela	383'7 mg GAE/ 100 g producto		< 100 g/mes	< 383'7 mg

\*Consumo per capita: datos obtenidos en la página del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. ([www.mapa.es](http://www.mapa.es))

En la tabla 4, observamos que el producto con mayor cantidad de fenoles por cada 100 g es el kiwi, seguido de los arándanos y la panela. A su vez, según el consumo per cápita, el alimento que más cantidad de fenoles aporta por mes es el kiwi, seguido de las manzanas. Por el contrario, cabe destacar que el aporte mensual habitual de fenoles de la mora y los arándanos son prácticamente insignificantes, y se pueden comparar con los del azúcar blanco, aun siendo éste el producto estudiado con menor contenido en fenoles.

**TABLA 5.** Cantidad de flavonoides determinados por el método colorimétrico para diferentes productos según distintos autores y consumo per cápita por mes.

<b>Determinación de flavonoides según el método colorimétrico</b>				
<b>Producto</b>	<b>Valor</b>	<b>Referencia</b>	<b>Consumo per capita*</b>	<b>mg CEQ/mes</b>
Dátiles frescos	1'26 mg CEQ/100 g producto	Foroogh Biglari et al., 2008.	< 10 g/mes	< 0'126 mg
Sandía	44,0 mg CEQ/100 g producto	Shu-Jing Wu & Lean-Teik Ng, 2008.	100 g/mes	44 mg
Kiwi	62'4 mg eq catequina /100 g producto	Yong-Seo Park et al., 2008.	300 g/mes	187'2 mg
Tomate	1 mg eq catequina/100 g producto	Veronica Dewanto et al., 2002.	970 g/mes	97 mg
Manzana Golden Delicious	61' mg eq catequina/100 g producto	Kelly Wolfe et al., 2003.	1080 g/mes	658'8 mg

\*Consumo per capita: datos obtenidos en la página del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. ([www.mapa.es](http://www.mapa.es))

En la tabla 5, donde se recogen los resultados obtenidos para la determinación de flavonoides, observamos que el alimento que más cantidad

contiene es el kiwi, seguido de las manzanas y la sandía. No obstante, debido a su habitual consumo, las manzanas aportan más cantidad de flavonoides a lo largo de un mes, seguidas del kiwi y el tomate. Los dátiles son el producto con el contenido más bajo de flavonoides.

**TABLA 6:** Capacidad antioxidante determinada por distintos métodos para diferentes productos según distintos autores y consumo per cápita por mes.

<b>Determinación de la capacidad antioxidante</b>					
<b>Producto</b>	<b>Valor</b>	<b>Método</b>	<b>Referencia</b>	<b>Consumo per capita*</b>	<b>Cap. antiox aportada/mes</b>
Té	329,7 mg ac galico/ g hoja (100 ml)	DPPH	Navarro Alba et al., 2006.	< 10 g/mes	< 32'97 mg
Dátiles frescos	17'29 $\mu$ mol trolox/100 g producto	ABTS	Foroogh Biglari et al., 2008.	< 10 g/mes	< 1'729 $\mu$ mol
Kiwi	124'5 $\mu$ mol Trolox/100 g producto	ABTS	Yong-Seo Park et al., 2008.	300 g/mes	373'5 $\mu$ mol
Fresa	1150 $\mu$ mol Trolox/100g producto	ABTS		70 g/mes	805 $\mu$ mol
Zumo de Naranja	113000 $\mu$ mol trolox/100g producto	ABTS	Paolo Rapisarda et al., 1999	230 g /mes	259900 $\mu$ mol
Mora	125'8 mgVCEAC/100 g producto	ABTS	E. Marta Kuskoski et al., 2004.	< 10 g/mes	< 12'58 mgVCEAC
Uva	161'5 mgVCEAC/100 g producto	ABTS		70g/mes	113'05 mgVCEAC
Fresa	202'5 mgVCEAC/100 g producto	ABTS		< 100 g/mes	< 202'5 mgVCEAC
Piña	64'8 mgVCEAC/100 g producto	ABTS		< 100 g/mes	< 64'8 mgVCEAC
Vino tinto	Entre 5000 y 15000 $\mu$ mol Trolox/100 g	ABTS	M <sup>a</sup> Soledad Fernández-Pachón et al., 2006	280 g/mes	14000-42000 $\mu$ m Trolox
Vino blanco	Entre 960 y 1810 $\mu$ mol Trolox/100 g	ABTS		111 g/mes	1065'6-2009'1 $\mu$ M Trolox
Generosos	260 $\mu$ mol Trolox/100 g	ABTS		< 100 g/mes	< 260 $\mu$ M Trolox

Rosados	2400 $\mu\text{M}$ Trolox/100 g	ABTS		< 100 g/mes	< 2400 $\mu\text{M}$ Trolox
Azúcar refinado blanco	10 $\mu\text{mol}$ trolox/100 g producto	FRAP	Katherine M et al., 2009.	340 g/mes	34 $\mu\text{mol}$ Trolox
Azúcar de caña crudo Miel	200-300 $\mu\text{mol}$ /100 g	FRAP		40 g/mes	80-120 $\mu\text{mol}$ Trolox
Melaza de caña de azúcar	4890 $\mu\text{mol}$ / 100 g	FRAP		< 10 g/mes	< 489 g mmol

\*Consumo per cápita: datos obtenidos en la página del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. ([www.mapa.es](http://www.mapa.es))

En cuanto a la tabla 6 podemos observar que se distinguen 4 grupos de alimentos analizados, frutas y vinos (método ABTS), azúcares (método FRAP) y té (DPPH). Los resultados de las muestras analizadas por el método ABTS, muestran el zumo de naranja como el producto con mayor capacidad antioxidante, seguido del vino tinto y la melaza. Por el contrario, el azúcar refinado blanco no presenta apenas propiedades antioxidantes. En cuanto al aporte mensual, se presenta, en orden creciente: el zumo de naranja, el vino tinto, el vino blanco, las fresas y la melaza; teniendo en cuenta en este último caso un consumo de 10 g/mes.

#### VALORES EXPERIMENTALES

Tras haber llevado a cabo la determinación de fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante, con los métodos especificados en el apartado de materiales y métodos, los resultados fueron los siguientes:

**TABLA 7:** Cantidad de fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante del zumo de caña, panela y azúcar moreno.

	Zumo de caña	Panela	Azúcar moreno
<b>Fenoles</b> (mg ácido gálico/100 mL)	59'09 ( $\pm$ 4'66)	109'08 ( $\pm$ 5'24)	32'319 ( $\pm$ 10'309)
<b>Flavonoides</b> (mg quercetina/100 mL)	197'48 ( $\pm$ 12'13)	483'03 ( $\pm$ 22'38)	78'14 ( $\pm$ 7'91)
<b>Capacidad antioxidante</b> ( $\mu\text{mol}$ de Trolox/mL)	33'53 ( $\pm$ 2'08)	32'09 ( $\pm$ 0'61)	35'08 ( $\pm$ 1'94)

El análisis estadístico de los resultados puso de manifiesto que, con un nivel de confianza del 95%, existen diferencias significativas entre los valores medios de la cantidad de fenoles y flavonoides totales según el tipo de muestra. Por el contrario, el valor de la capacidad antioxidante de las distintas muestras no presenta diferencias. La panela, es el producto que registra un mayor número de compuestos fenólicos y flavonoides, seguida del zumo de caña y el azúcar moreno.

En algunas referencias bibliográficas (Navarro et al., 2006) se ha encontrado una relación directa entre el contenido en fenoles y flavonoides y la capacidad antioxidante. En este caso no se observa dicha relación lo que puede estar provocado fundamentalmente por la presencia de otros componentes no analizados que contribuyen en mayor medida a la capacidad antioxidante.

Teniendo en cuenta el consumo directo medio mensual de azúcar blanco estimado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación para la población española (datos publicados en el año 2009) y el consumo total medio diario de azúcar (incluye el consumo directo y el consumo como ingrediente en otros productos) en países occidentales (Putnam et al., 2002), se ha calculado cuál sería el aporte mensual de fenoles, flavonoides o capacidad antioxidante en el caso en que los consumos referenciados fuesen aportados en su totalidad por panela o azúcar moreno (tabla 8).

**TABLA 8.** Cantidad de fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante de la panela y el azúcar moreno, para la cantidad estimada de consumo directo de azúcar en España y para el consumo global de los países occidentales, por mes.

	Panela			Azúcar moreno		
	Fenoles (mg ác. Gálico)	Flavonoides (mg Quercetina)	Cap antiox (μmol de Trolox)	Fenoles (mg ác. Gálico)	Flavonoides (mg Quercetina)	Cap antiox (μmol de Trolox)
Para 3'9 Kg/mes	17004	79317	5004	5304	12189'6	5760'3
Para 340 g mes	1482'4	6914'9	436'42	462'4	1062'7	502'18

A partir de los datos obtenidos y teniendo en cuenta las referencias bibliográficas del apartado anterior podemos decir que consumir panela con la frecuencia estimada por el Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación para el azúcar blanco (340 g/mes) es equivalente al aporte fenólico de las manzanas, y 10 veces mayor que el aporte de las uvas o el tomate. Del mismo modo el contenido en flavonoides de la panela es 10 veces mayor que el de las manzanas, alimento con mayor valor de equivalentes de ácido gálico encontrado en la bibliografía. En cuanto a la capacidad antioxidante de la panela se encuentra entre la estimada para el kiwi y la estimada para las fresas.

Del mismo modo, el aporte de compuestos fenólicos del azúcar moreno, si se consumiese la cantidad determinada para el azúcar refinado común (340 g/mes. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2009) sería 4 veces superior al aportado por el consumo de uva o tomate y 5 veces superior al contenido en flavonoides del kiwi. Del mismo modo que la panela, se situaría entre los valores obtenidos del kiwi y las fresas en cuanto a capacidad antioxidante.

Como podemos observar en la tabla, si sustituyésemos el total de la cantidad de azúcar común presente en la dieta (130 g/día. Putnam, Allshouse, Kantor, 2002) por azúcar moreno o panela, la cantidad de fenoles y flavonoides

ingeridos sería muy importante, llegando a superar con creces a muchos otros alimentos valorados por sus propiedades antioxidantes como los frutos rojos, las uvas o el tomate.

Así pues, pese a que la tendencia actual se centra en sustituir los azúcares refinados por edulcorantes artificiales (sacarosa, aspartamo, etc.) con el objetivo de reducir la ingesta de hidratos de carbono, se debería recomendar la sustitución del azúcar refinado por edulcorantes menos procesados (melazas, miel, panela o azúcar de caña crudo) puesto que estos últimos son más ricos en antioxidantes y sustancias nutritivas que se pierden en el proceso de refinado y, además, poseen menor contenido calórico que el azúcar refinado común.

#### **4. CONCLUSIONES**

Según los resultados obtenidos podemos afirmar que con respecto al contenido en fenoles y flavonoides totales en las muestras de zumo de caña, panela y azúcar, los valores obtenidos se encuentran entre los primeros puestos de la tabla comparativa. La panela muestra el valor más elevado para ambos compuestos, seguida del zumo de caña y el azúcar moreno.

En cuanto a la capacidad antioxidante se ha deducido que no existen diferencias significativas entre las muestras, y que el valor hallado solamente es superado por el del vino tinto y el zumo de naranja. Por otro lado, no se ha observado que exista una relación entre el contenido en fenoles y flavonoides y la capacidad antioxidante presentes el producto, de modo que puede deducirse que dichos compuestos no son los responsables de la totalidad de la actividad antioxidante presentada por las muestras analizadas.

Tras la realización de este estudio se concluye que el zumo de caña de azúcar, la panela y el azúcar moreno, son productos con elevada capacidad antioxidante. De esta forma, se recomienda la sustitución del azúcar blanco refinado por alternativas más naturales, tanto para consumo directo como para formulación a nivel industrial, con el fin de aumentar significativamente la ingesta de compuestos antioxidantes, con el consecuente beneficio para la salud.

#### **5. REFERENCIAS**

- Anding JD, Suminski RR, Boss L. Dietary intake, body mass index, exercise, and alcohol: are college women following the dietary guidelines for Americans. *J Am Coll Health* 2001; 49(4):167-71.
- Benavente-Garcia O, Castillo J, Marín F R, Ortuño A, Del Río J A. (1997). Uses and properties of citrus flavonoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 4505-4515.
- Bolck G., Patterson B., Subar A., 1992. Fruits, vegetables and cancer prevention: a review of the epidemiological evidence. *Nutrition and cancer- An International Journal*, 18:1-29.
- Bylka W, Matlawska I, Pilewsky N. A. Natural flavonoids as antimicrobial agents (2004). *Journal of the American Nutraceutical Association* 7:24-31.
- Dastmalchi, K., Dorman, H. J. D., Kosar, M., & Hiltunen, R. (2007) Chemical composition and in vitro antioxidant evaluation of a water soluble Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L) extract. *Food Science and Technology*, 40, 239-248.

Determinación de la actividad antirradical de zumos cítricos y caracterización de zumos de mandarina en función de su contenido en flavonoides y de su actividad antirradical. Tesis doctoral. UPV. Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos. Mayo, 2006.

Diplock A.T., Aggett P.G, Aswell M., Bornet F., fern E.B, Roberfoid M.B. 1999. Scientific Concepts of Functional Foods in Europe. Consensus Document. *Br J Nur*; 81, Suppl 1:1-193.

E. Marta Kuskoski, Agustín G. Asuero, M. Carmen Garcia-Parilla, Ana M. Troncoso, Roseane Fett,. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 24(4): 691-693, out.-dez. (2004).

Eberhardt, M. V.; Lee, C. Y.; Liu, R. H. Antioxidant activity of fresh apples. *Nature* (2000), 405, 903-904.

El-Abasy, M., Motobu, M., Na, K. J., Sameshina, T., Koge, K., Onodera, T., et al. (2002). Immunostimulating and growth promoting effects of sugarcane extracts (SCE) in chickens. *Journal of Veterinary Medical Science*, 64, 1061–1063.

Ferreira, I. C. F. R., Baptista, P., Vilas-Boas, M., & Barros, L. (2007). Free radical scavenging capacity and reducing power of wild edible mushrooms from north-east Portugal. *Food Chemistry*, 100, 1511-1516.

Fontaniella, B., Vicente, C., Legaz, M.E., De Armas, R., Rodriguez, C. W., Martinez, M., et al. (2003). Yellow leaf syndrome modifies the composition of sugar cane juices in polysaccharides, phenols and polyamines. *Plant Physiology and biochemistry*, 41, 1027-1036.

Foroogh Biglari, Abbas F.M. Alkarkhi, Azhar Mat Easa. *Food Chemistry* 107 (2008) 1636-1641.

Goh, L. M., Barlow, P.J. y Young, C.S. (2003) Examination of antioxidant activity of Ginko biloba leaf infusions. *Food Chem.*, 82, 275-282.

Hennekens C.H, 1986. Micronutrients and cancer prevention. *N Engl J Med*; 315: 1288-1289.

Hollman P C H, Hertog M G L, Katan M B. 1996. Analysis and health affects of flavonoids. *Food Chemistry*, 57:43-46.

Javanmardi, J., Stushnoff, C., Locke, E., & Vivanco, J. M. (2003). Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian Ocimum accessions. *Food Chemistry*, 83, 547-550.

Kadam U.S.; Ghosh S.B.; Strayo De; Suprasanna P.; Devasagayam T.P.A.; Bapat V.A.; Antioxidant activity in sugar cane juice and its protective role against radiation induced DNA damage. *Food Chemistry* 106 (2008) 1154-1160.

Kelly Wolfe, Xianzhong Wu, and Rui Hai Liu. *Food Chemistry* (2003), 51, 609-614.

Kim DO., Chun, OK., Kim, YJ., Moon, HY., & Lee, CY. (2003). Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 51, 6509-6515.

Koleva, I., van Beek, T.A., Linszen, J. P. H., de Groot, A., & Evstatieva, L. N. (2002). Screening of plant extracts for antioxidant activity: A comparative study on three testing methods. *Phytochemical Analysis*, 13, 8-17.

Liu RH. Whole grain phytochemicals and health. *J Cereal Set*.2007; 46:207-219.

Liyana-Pathirana CM, Shahidi F. Antioxidant and free radical scavenging activity of whole wheat and milling fractions. *Food Chem*. 2007;101:1151-1157.

Lo, D. Y., Chen, T. H., Chien, M. S., Koge, K., Hosono, A., Kaminogawa, S., et al. (2005). Effects of sugarcane extract on modulation of immunity in pigs. *Journal of Veterinary Medical Science*, 67(6), 591–597.

Luximon-Ramma, A., Bahouran, T., Soobrattee, M. A., & Auroma, O. I. (2002). Antioxidant activities of phenolic, proanthocyanidin and flavonoid components in extracts of *Cassia fistula*. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 50, 5042–5047.

M.A. Harish Nayaka, U.V. Sathisha, M.P. Manohar, K.B. Chandrashekar, Shylaja M. Dharmesh. *Food Chemistry* 115 (2009) 113-118.

M<sup>a</sup> Soledad Fernández-Pachón, Débora Villaño, Ana M<sup>a</sup> Troncoso y M<sup>a</sup> Carmen García-Parrilla. Revisión de los métodos de evaluación de la actividad antioxidante in Vitro del vino y valoración de los efectos in vivo. *Alan revista*. Vol 56-2 (2006)

Middleton E Jr, Kandaswami C, Theoharides T C. (2000). The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease, and cancer. *Pharmacological Reviews*, 52:673-751.

Navarro Alba, Pinotti Adriana, García María A. y Martino Miriam. Determinación de la capacidad antioxidante de extractos vegetales sometidos a distintos procesos de consevación. XXII IACChE (CIIQ) 2006/ V CAIQ.

Prior, R. L. & Gu, L. (2005). Occurrence and biological significance of proanthocyanidins in the American diet. *Phytochemistry*, 66, 2264-2280.

Putnam J, Allshouse J, Kantor LS. U.S per capita food supply trends. More calories, refined carbohydrates, and fats. *Food Rev*. 2002; 25:2-15.

Putnam J, Allshouse J, Kantor LS. U.S. per cápita food suply trends. More calories, refined carbohydrates, and fats. *Food rev*. 2002;25:2-5

Re, R.; Pellegrini, N.; Proteggente, A.; Pannala, A.; Yang, M.; Rice-Evans, C. Antioxidant activity applying an improved abts radical cation decolorization assay. *Free rad. Biol. Med.* V. 26, p. 1231-1237, 1999.

Rechner, A. R., Kuhnle, G., Bremner, P., Hubbard, G. P., Moore, K. P., & Rice-Evans, C. A. (2002). The metabolic fate of dietary polyphenols in humans. *Free Radical Biology and Medicine*, 33, 220-235.

Sentandreu E; Carbonell L; Rodrigo D; Carbonell J V (2006). Pulsed electric fields versus thermal treatment: equivalent processes to obtain equally acceptable citrus juices. *Journal of food protection* 2006; 69(8):2016-8.

Shu-Jing Wu, Lean-Teik Ng. *LWT* 41 (2008) 323-330.

Silva, E. M., Souza, J. N. S., Rogez, H., Rees, J. F., & Larondelle, Y. (2007). Antioxidant activities and polyphenolic contents of fifteen selected plants species from the Amazonian region. *Food Chemistry*, 101, 1012-1018.

Spence, J. T. (2006). Challenges related to the composition of functional foods. *Journal of Food* Veronica Dewanto, Xianzhong Wu, Kafui K. Adom and Rui Hai liu. *Food Chemistry* (2002) 50, 3010-3014.

Young, I. Y Woodside, J. (2001). Antioxidants in health and disease. *J. Clinical Pathology*, 54, 176-186.