



Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 4 (2): 237-249. Julio-Diciembre, 2013
<http://www.rvcta.org>
ISSN: 2218-4384 (versión en línea)
© Asociación RVCTA, 2013. RIF: J-29910863-4. Depósito Legal: ppi201002CA3536.

Artículo

Cuantificación de polifenoles, flavonoides totales e isoflavonas en arepas elaboradas con adición parcial de harina desgrasada de soya (*Glycine max*)

Quantification of polyphenols, total flavonoids and isoflavones in arepas made with the partial addition of defatted soybean flour (*Glycine max*)

Petra Beatriz **Navas H.**

Instituto de Química y Tecnología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.

Apartado 4579, Maracay, Estado Aragua, Venezuela.

Correspondencia: navasbeatriz@gmail.com

Aceptado 09-Diciembre-2013

Resumen

La arepa aunque es un producto de consumo masivo en Venezuela, es un alimento con limitaciones desde el punto de vista nutricional. En este sentido, se evaluó el efecto de la incorporación de la harina que se obtiene como subproducto de la extracción mecánica del aceite de soya, sobre el enriquecimiento en componentes bioactivos (polifenoles y flavonoides) de una harina de maíz empleada en la elaboración de arepas. Se hicieron arepas utilizando harina de maíz precocida (HMP) comercial como control (100 %) y mezclas con adición parcial de 7, 10 y 15 %, empleando harina de la torta residual desgrasada de soya (HTRDS). Se efectuaron las siguientes determinaciones analíticas a las harinas: humedad, grasa, almidón, y absorción de agua, asimismo se determinó proteína en las harinas, lisina disponible, polifenoles, flavonoides e isoflavonas (genisteína y daidzeína) tanto a las harinas como a las arepas elaboradas, estas últimas fueron evaluadas sensorialmente por un grupo de 12 catadores previamente entrenados en Análisis Descriptivo Cuantitativo y constituido por personas que son consumidores frecuentes de este alimento. Los resultados mostraron que la HTRDS es una fuente importante de componentes bioactivos, con concentraciones de polifenoles y de flavonoides totales de 2079,7 µg ácido cafeico/g y de 1295,2 µg quercetina/g, respectivamente. La incorporación de 7 % de

HTRDS produjo arepas con 130,0 µg ácido cafeico/g y 82,0 µg quercetina/g de polifenoles y flavonoides totales, respectivamente; y para las isoflavonas 103,0 µg/kg y 124,7 µg/kg de genisteína y daidzeína, respectivamente. La evaluación sensorial mostró que esta proporción de HTRDS fue la preferida en todos los atributos sensoriales, luego de la muestra control.

Palabras claves: arepa, componentes bioactivos, daidzeína, genisteína, harinas compuestas, polifenoles, soya.

Abstract

Arepa refers to a corn bread highly consumed in Venezuela as an important source of carbohydrates; however, it presents several limitations from the nutritional point of view. For that reason, it was evaluated the use of a flour obtained as a by product during the mechanical extraction of soybean oil, for the enrichment of a precooked corn flour, mainly focused on the presence of bioactive compounds (polyphenols and flavonoids). The arepas were made using a commercial precooked corn flour (HMP) as a control, and with mixtures in which the original corn flour was added with 7, 10 and 15 % of a milled residual soybean cake (HTRDS). The following analytical determinations were carried out: humidity, fat, starch and water absorption. Also, the content of protein in flours, available lysine, polyphenols, flavonoids and isoflavones (genistein and daidzein) were determined for both, the composite flours and the arepas, these last were subjected to a sensory evaluation by a panel trained in Quantitative Descriptive Analysis (QDA®) that included 12 frequent consumers. The results showed that HTRDS is a significant source of bioactive compounds, with total phenolics and flavonoids of 2079.7 µg caffeic acid/g and 1295.2 µg quercetin/g, respectively. The addition of 7 % HTRDS produced arepas with 130.0 µg caffeic acid/g and 82,0 µg quercetin/g of total polyphenols and flavonoids, respectively, while 103,0 µg/kg and 124,7 µg/kg of genistein y daidzein were quantified. The sensory evaluation revealed that the arepas made with this last proportion of HTRDS was the preferred for all sensory attributes, after the control sample.

Keywords: arepa, bioactive compounds, composite flours, daidzein, genistein, polyphenols, soybean.

INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cereales de mayor consumo en Venezuela, se utiliza principalmente para la obtención de harina desgerminada, que luego es sometida a un proceso de precocción a nivel industrial. Con esta harina se elaboran arepas, para lo cual se mezcla con agua y sal, obteniendo una masa que se le da forma de un disco aplanado y se somete a cocción sobre una plancha caliente o se fríe en aceite, para obtener tortas de aproximadamente 8,5 cm de diámetro y 2,5 cm de grosor (de Padua y Padua-Maroun, 1984),

que son consumidas por la población venezolana como fuente de carbohidratos en la dieta.

Aunque este alimento aporta energía y otros nutrientes, las deficiencias en el maíz de aminoácidos esenciales como lisina y metionina la convierten en un alimento pobre desde el punto de vista nutricional, lo que ha motivado estudios para mejorar su valor nutritivo. Por ejemplo, Torres y Guerra (2003) agregaron harina de quinchoncho (*Cajanus cajan*) a la harina precocida de maíz y elaboraron arepas que tuvieron buena aceptación sensorial, con incrementos en los contenidos proteicos, de fibra y minerales. En un trabajo semejante,

Mota-Silva y García (2004) incrementaron los niveles de proteínas y fibra dietaria de arepas elaboradas con una mezcla de harina precocida de maíz y harina obtenida a partir de la piel y semillas de tomates (*Lycopersicon esculentum*).

En Venezuela se presenta como acompañante de las comidas, cumple una función parecida al de la tortilla mexicana o el baguette francés; a veces se emplea como comida central y para ello se preparan acompañantes entre los que destacan distintas preparaciones de carne, queso y otros alimentos. Existen muchas clases y tipo de presentaciones, según la preparación se pueden obtener desde arepas asadas, hervidas y fritas.

La calidad nutricional de los alimentos elaborados a base de cereales puede mejorarse por medio de la complementación con legumbres como la soya (*Glycine max*), que tienen un gran potencial de uso como alimentos para el ser humano, debido a su alto nivel de proteínas y sus propiedades funcionales y nutricionales (Visentín *et al.*, 2009). Además, los granos de soya son fuentes de componentes bioactivos, tales como: los flavonoides, ácidos fenólicos, ácido ascórbico y carotenoides, entre otros, de gran interés en la actualidad debido al beneficio que aportan para la salud, en razón de sus propiedades antioxidantes (Bolanho y Beléa, 2011; Ponnusha *et al.*, 2011; Dueñas *et al.*, 2012). Entre los flavonoides presentes en la soya y sus productos, así como también en la caraota (*Phaseolus vulgaris*), Dávila *et al.* (2003) han señalado 4 isoflavonas: genistina, daidzina, genisteína y daidzeína, las cuales determinan el carácter de alimentos funcionales de estas leguminosas.

Estudios han sugerido que el consumo de alimentos a base de soya está asociado a una disminución de riesgo de padecer enfermedades crónicas como cáncer (Barnes *et al.*, 2000; Fritz *et al.*, 2003; Taie *et al.*, 2008), lo cual es atribuido según Kao *et al.* (2005) a la presencia de grandes cantidades de isoflavonas. Los beneficios potenciales de estas isoflavonas para

la salud en la prevención de la arteriosclerosis, osteoporosis y síndromes postmenopáusicos han sido bien documentados por Setchell y Cassidy (1999), Zubik y Meydani (2003), y McCue y Shetty (2004). Adicionalmente, la actividad antioxidante de los flavonoides ha sido relacionada positivamente en la disminución de stress oxidativo, actuando de esta forma como agentes preventivos contra enfermedades coronarias (Prati *et al.*, 2007).

Por otra parte, las tortas residuales que son un subproducto del procesamiento industrial del grano de soya para la obtención de aceites han demostrado ser una fuente muy rica de isoflavonas, fenoles y ácidos fenólicos (Vedavanam *et al.*, 1999; Kao *et al.*, 2005)

En este trabajo se cuantificó la presencia de componentes bioactivos (biofenoles, flavonoides totales e isoflavonas) en arepas elaboradas a partir de una harina de maíz precocida a la cual se le adicionó torta residual proveniente de la extracción del aceite de granos de soya en forma de harina. Asimismo, las arepas fueron evaluadas sensorialmente para establecer su grado de preferencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materias primas

Se utilizó una harina de maíz precocida (HMP) de marca comercial. Por otro lado, la harina desgrasada de soya se obtuvo a partir de una torta residual obtenida por medio de extracción mecánica del aceite contenido en semillas limpias y sanas. Para la extracción se utilizó una prensa KOMET, modelo CA59G (IBG Monforts Oekotec GmbH & Co.KG, Nordrhein-Westfalen, Alemania), la cual estuvo localizada en la Planta Piloto adscrita al Departamento de Química Analítica y Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Castilla-La Mancha (Ciudad Real, España). La torta residual desgrasada fue secada a 50 °C por una hora, para luego ser molida en un molino

marca Moulinex, recogiendo la fracción que pasó por un tamiz de $< 75 \mu$. Este material fue almacenado en bolsas plásticas de cierre hermético y constituyó la harina de la torta residual desgrasada de soya (HTRDS).

Tratamiento térmico de la harina desgrasada de soya

Durante el proceso de extracción del aceite, los granos de soya son sometidos a una presión en la zona de contacto entre el tornillo sin fin y la boquilla de la prensa, lo que provoca la ruptura de las células contentivas del aceite y la expulsión a la salida de la cabeza de la cámara de prensado del material sólido en forma de pellets; estos pasan a constituir posteriormente la torta residual. Durante este proceso la cámara de prensado de la prensa extractora alcanza una temperatura de $100 \text{ }^\circ\text{C}$. Una vez molido el residuo sólido, la harina obtenida se sometió a secado en estufa a $50 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 1 hora; transcurrido este tiempo se dejó en reposo 3 horas a temperatura ambiental para posteriormente tratar nuevamente la harina a $50 \text{ }^\circ\text{C}$ por 1 hora, y finalmente se dejó a temperatura ambiental 24 horas. Este tratamiento térmico puede contribuir a la inactivación de la enzima lipooxigenasa, tal como lo sugieren Visentín *et al.* (2009), así como de los inhibidores de tripsina (Quicazán y Caicedo, 2012).

Elaboración de las arepas

Las muestras de HTRDS una vez analizadas fueron transportadas a Venezuela, donde se elaboraron las arepas utilizando HMP al 100 % como testigo y mezclas con sustitución parcial de 7, 10 y 15 % de HMP por HTRDS. Se amasaron agregando agua y sal. Una vez obtenida la masa esta fue dividida en porciones de 100 g, se moldearon manualmente para darle forma redonda y se cocieron en un equipo marca Oster® para obtener después de 10 minutos arepas asadas de peso aproximado a 90 g.

Contenido de humedad, grasa, almidón y absorción de agua

A las harinas se les determinó contenido de humedad según la norma española UNE 55082:1973 (AENOR, 1973a) y el contenido de grasa por el método de Soxhlet (Norma UNE 55032:1973) (AENOR, 1973b). El contenido total de almidón se determinó por el procedimiento de Goñi *et al.* (1997); el cual cuantifica la glucosa liberada por la amiloglucosidasa mediante la hidrólisis de los enlaces glucosídicos de las cadenas de amilosa y amilopectina. La absorción de agua por la metodología de Anderson *et al.* (1969), expresada porcentualmente. Todas las determinaciones analíticas fueron hechas por triplicado.

Contenido de proteína y lisina

El contenido de proteína en HMP, HTRDS y en sus mezclas se obtuvo siguiendo la metodología propuesta por la AACCC (1994). Para la determinación de lisina disponible, en las harinas y arepas, se utilizó el método de Carpenter (1960) modificado por Booth (1971), determinando nitrógeno total por Kjeldahl, empleando 6,25 como factor de conversión. Las determinaciones fueron hechas por triplicado.

Contenido de polifenoles totales

Preparación del extracto: 2 gramos de muestras de harinas y arepas en forma de harina, fueron colocados en un tubo de centrifuga de 50 mL, posteriormente se añadió 5 mL de una mezcla metanol-agua (60:40) y se centrifugó a 3500 rpm durante 10 minutos utilizando una centrífuga Hettich, Universal 32 R (Andreas Hettich GmbH & Co.KG, Tuttlingen, Alemania). La determinación de los polifenoles totales se realizó siguiendo el método colorimétrico propuesto por Makkar *et al.* (1997): una alícuota de 0,5 mL del extracto fue colocada en un matraz de 10 mL, a lo que

posteriormente se le adicionó 0,5 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu y 2,5 mL de Na_2CO_3 (20 %), completando con agua destilada hasta el enrase; se dejó en la oscuridad por 40 minutos y se leyó espectrofotométricamente la absorbancia a 725 nm, utilizando un espectrofotómetro Agilent, modelo 8453 (Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, CA, USA) y celdas de vidrio de 1 cm de paso de luz.

La concentración de los polifenoles en las harinas y arepas ($\mu\text{g/g}$) se calculó por interpolación a partir de una recta de calibrado previamente preparada en la mismas condiciones, utilizando ácido cafeico como patrón. Las determinaciones fueron hechas por triplicado.

Contenido de flavonoides totales

La determinación de los flavonoides totales en las harinas y arepas se realizó por triplicado siguiendo la metodología propuesta por Ordoñez *et al.* (2006): 2 gramos de muestra fueron tratados con 3 x 30 mL de etanol a 70 %. Luego a 0,5 mL del preparado anterior se adicionaron 0,5 mL de AlCl_3 al 2 % y se completó un volumen total de 10 mL con etanol al 70 %. Se dejó en reposo a temperatura ambiental durante 1 hora, se filtró y se leyó espectrofotométricamente la absorbancia a 420 nm en un espectrofotómetro Agilent, modelo 8453 (Agilent Technologies, Inc., USA) con celdas de vidrio de 1 cm de paso de luz. La concentración de flavonoides totales se estimó en μg quercetina/g, por interpolación a partir de una curva de calibrado.

Contenido de isoflavonas: genisteína y daidzeína

Para la determinación de isoflavonas se utilizó un equipo de HPLC de la serie 1100 de Agilent con detector ultravioleta-visible de diodos (DAD) (Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, CA, USA). La columna empleada

fue una de fase inversa C18, Spherisorb® S3 ODS2 de 25 cm x 4,6 mm de dimensiones (Waters Corporation, Milford, MA, USA). La identificación de la genisteína y daidzeína (agliconas) se realizó por medio de los tiempos de retención relativos con respecto a patrones conocidos y la cuantificación por medio de las ecuaciones de regresión de las respectivas rectas de calibrado. Las determinaciones fueron hechas por triplicado.

Análisis sensorial

Las arepas fueron elaboradas en la localidad de Barbacoas, Estado Aragua, por voluntarios que habitan en la zona, empleando HMP y distintos porcentajes de adición de HTRDS como se describió anteriormente. Estas arepas fueron evaluadas sensorialmente por un grupo de sujetos, pertenecientes a la misma comunidad, a quienes se les dieron las instrucciones para realizar la evaluación siguiendo el Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA®). El grupo de evaluadores estuvo constituido por 12 personas, 6 de sexo masculino y 6 de sexo femenino con edades comprendidas entre 20 y 26 años, consumidores habituales de arepas. A los valores medios obtenidos de la percepción de cada atributo para cada muestra, se aplicó el QDA® utilizando escalas no estructuradas de 10 cm, ancladas en los extremos y los puntajes asignados fueron representados mediante histogramas. Con el propósito de lograr consenso del panel respecto de los extremos de las escalas, se realizaron sesiones de entrenamiento en días distintos y no consecutivos, utilizando como testigo arepas elaboradas con 100 % HMP y arepas con un nivel de sustitución de 15 % de HMP por HTRDS. El valor asignado al extremo de calidad inferior fue 1, mientras que el valor asignado al extremo de calidad superior fue 9. Los atributos sensoriales evaluados fueron: sabor, aroma, color, textura y aspecto general.

Análisis estadístico

Se aplicó la prueba de la Mínima Diferencia Significativa, con un nivel de significancia del 5 %, para comparar los promedios de las determinaciones analíticas a fin de establecer la presencia de diferencias de significación estadística entre las mismas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de humedad, grasa, almidón y absorción de agua en las harinas

En el Cuadro 1 se muestran los valores de humedad, grasa, almidón y absorción de agua tanto para la HMP como para la HTRDS.

La HMP presentó el mayor porcentaje de almidón si se compara con la HTRDS con un valor de 76,38 % que fue similar al encontrado por Mota-Silva y García (2004) (77,42 %) y mayor al indicado por de Padua y

Padua-Maroun (1984) (64,90 %) para harina precocida de maíz. A pesar de que los granos de maíz son desgerminados antes de su molienda, se cuantificó un porcentaje de grasa del 1,02 % que fue mayor a los determinados por Hernández *et al.* (1999) de 0,83 % y de Padua y Padua-Maroun (1984) de 0,74 %. Mota-Silva y García (2004) obtuvieron un valor mayor (1,83 %)

Con respecto a la HTRDS, el contenido de grasa (2,30 %) fue mayor al encontrado por Aleem-Zaker *et al.* (2012) de 0,79 % para harina desgrasada de soya de humedad (8,64 %) similar a la determinada en este trabajo (8,0 %). Masur *et al.* (2009), por su parte, indicaron un valor de 1,2 % de grasa en harina desgrasada de soya de humedad 6,6 %.

El porcentaje de absorción de agua fue semejante en ambos tipos de harina.

Cuadro 1.- Contenido de humedad, grasa, almidón y absorción de agua de la harina de maíz precocida (HMP) y harina de la torta residual desgrasada de soya (HTRDS).

Harinas	Humedad (%)	Grasa (%)	Almidón (%)	Absorción de agua (%)
HMP	10,60 ± 0,2	1,02 ± 0,0	76,38 ± 2,1	48,32 ± 1,2
HTRDS	8,00 ± 0,2	2,30 ± 0,1	3,54 ± 0,5	55,82 ± 1,5

Valores promedios de 3 repeticiones.

Características nutricionales de las harinas y arepas

Contenido de proteína y lisina disponible

El contenido de proteína en la HMP fue de 8,62 %; un valor similar obtuvieron Torres y Guerra (2003) (8,3 %), Mota-Silva y García (2004) (8,13 %); y menor (7,65 %) de Padua y Padua-Maroun (1984).

La incorporación de las proteínas de la soya a la harina de maíz para la preparación de

alimentos, fue estudiada por Bressani *et al.* (1974) y Bressani *et al.* (1981), encontrando que en algunos casos era posible mejorar la calidad proteica tanto por una mayor digestibilidad como por un incremento en la presencia de aminoácidos esenciales. En este sentido, el Cuadro 2 muestra el contenido de proteína en las harinas y la lisina disponible tanto en las harinas como en las arepas elaboradas con los distintos porcentajes de sustitución. Debido a que las proteínas de la soya poseen un mayor contenido de lisina que las proteínas de los cereales, la sustitución de

Cuadro 2.- Contenido de proteína en las harinas y lisina disponible en harinas y arepas.

Tratamiento		Proteína (%) (base seca)	Lisina disponible (g/16 g N)	
HMP	HTRDS		Harinas	Arepas
0	100	45,55 ± 1,5	11,03 ± 0,5	-
100	0	8,62 ± 0,5	2,05 ± 0,1	1,86 ± 0,08
93	7	11,29 ± 0,5	2,81 ± 0,1	2,63 ± 0,20
90	10	12,70 ± 0,6	3,18 ± 0,2	2,97 ± 0,20
85	15	15,50 ± 0,6	3,67 ± 0,2	3,48 ± 0,20

Valores promedios de 3 repeticiones.

un 15 % de HMP por HTRDS aumentó el contenido de lisina en las arepas desde $1,86 \pm 0,08$ g/16 g N en el control hasta $3,48 \pm 0,20$ g/16 g N, lo cual está asociado a un aumento del contenido total de proteínas desde $8,62 \pm 0,5$ hasta $15,5 \pm 0,6$ g/16 g N para los mismos niveles de sustitución.

Torres y Guerra (2003) incrementaron el contenido de proteína en arepas de 8,3 % a 11,1 % con sustitución parcial de HMP por harina de quinchoncho sin cáscara en relación quinchoncho:maíz de 20:80. Del mismo modo, Mota-Silva y García (2004) elevaron el contenido de proteína en arepas de 8,13 % a 10,45 % al sustituir parcialmente HMP en un 15 % por harina de subproductos del tomate (piel y semillas).

Estos resultados sugieren que el uso de la HTRDS incrementa la concentración de lisina disponible en la harina, sin que ocurran pérdidas apreciables de este aminoácido durante el proceso de cocción, ya que los valores de la lisina en las harinas se mantuvieron prácticamente inalterados en las arepas cocidas, lo cual contribuye a mejorar la calidad nutricional de este alimento.

Polifenoles y flavonoides totales

Con respecto a la concentración de polifenoles totales, los resultados mostrados en

el Cuadro 3, indican que la HTRDS es una fuente importante de estos componentes bioactivos, con una concentración de polifenoles totales de $2079,7 \pm 22,0$ µg ácido cafeico/g y de flavonoides igual a $1295,2 \pm 15,2$ µg quercetina/g, los cuales son compuestos fitoquímicos con una significativa actividad antioxidante (Bors *et al.*, 2001). Bolanho y Beléia (2011), en harina desgrasada de soya, cuantificaron concentraciones de compuestos fenólicos y flavonoides totales, equivalentes, de 242,3 mg ácido gálico/100 g y 104,1 mg quercetina/100 g, respectivamente.

Debido a que la HTRDS posee un elevado contenido de estos componentes bioactivos, la concentración de estos compuestos en las arepas se incrementaron en proporción al reemplazo de HMP por HTRDS, por lo que la arepa elaborada con solo HMP careció de estos compuestos fenólicos mientras que en la medida que se incrementó la proporción de HTRDS en un nivel de adición de hasta 15 % se alcanzaron valores de $286,1 \pm 2,5$ µg ácido cafeico/g y $168,0 \pm 0,7$ µg quercetina/g de polifenoles y flavonoides totales, respectivamente. Se observó por tanto, que la elaboración casera de arepas a partir de las harinas compuestas no disminuyó notablemente la concentración de los componentes bioactivos añadidos a través de la incorporación de la HTRDS. En este sentido,

Cuadro 3.- Concentración de polifenoles y flavonoides totales en harinas y arepas.*

Tratamiento		Polifenoles totales (μg ácido cafeico/g)		Flavonoides totales (μg quercetina/g)	
HMP	HTRDS	Harinas	Arepas	Harinas	Arepas
0	100	2079,7 \pm 22,0	-	1295,2 \pm 15,2	-
100	0	0	0	0	0
93	7	145,3 \pm 2,5 ^a	130,0 \pm 2,1 ^b	87,9 \pm 0,5 ^a	82,0 \pm 0,6 ^b
90	10	207,5 \pm 2,7 ^c	193,9 \pm 2,5 ^d	125,5 \pm 0,5 ^c	110,0 \pm 0,6 ^d
85	15	310,2 \pm 3,1 ^e	286,1 \pm 2,5 ^f	187,5 \pm 0,7 ^e	168,0 \pm 0,7 ^f

Valores promedios de 3 repeticiones.

* Letras iguales significan que los promedios no difieren de manera significativa ($p > 0,05$).

Toro *et al.* (2011) afirman que el procesamiento doméstico de harinas de cereales, para obtener arepas, alimentos infantiles o pastas, solo modifica el contenido de agua en el producto final, generando dilución de los componentes nutritivos, lo que se evidencia en menores concentraciones de cenizas, grasas y proteínas, entre otras.

Este enriquecimiento en compuestos polifenólicos contribuye no solo a mejorar la calidad nutricional de las arepas, sino también su potencial efecto positivo en la salud de los consumidores. De acuerdo con Bors *et al.* (2001), los flavonoides presentan una elevada actividad antioxidante, asociada a su capacidad para inactivar a los radicales responsables de las reacciones de oxidación y deterioro celular. Actualmente existe un gran interés por los flavonoides debido al papel que juegan estos compuestos naturales en la prevención de enfermedades crónicas como el cáncer (Mojzis *et al.*, 2008).

Isoflavonas: genisteína y daidzeína

La soya contiene un tipo de flavonoides denominados isoflavonas. En harina desgrasada de soya, Mantovani *et al.* (2009) han informado un contenido total de isoflavonas de 21,82

mg/100 g. Entre las isoflavonas se incluyen la genisteína y la daidzeína. Estas isoflavonas fueron cuantificadas en la HTRDS, resultando (Cuadro 4), la daidzeína con mayor concentración (2670 \pm 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$) que la genisteína (1991 \pm 18 $\mu\text{g}/\text{kg}$). En la literatura es posible encontrar la misma tendencia en concentraciones en harina de soya desgrasada (Shao *et al.*, 2009), o el caso contrario en la misma harina, o en harina sin desgrasar y en torta desgrasada de soya (USDA, 2007; Shao *et al.*, 2009; Dueñas *et al.*, 2012). Una razón sería el cultivar de soya (Shao *et al.*, 2009) y otra el proceso de producción al que se sometió la harina con miras a la obtención de un producto (Mantovani *et al.*, 2009); también fueron identificadas y cuantificadas en las arepas elaboradas con las mezclas HMP-HTRDS, obteniéndose valores de 256,9 \pm 0,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y 337,0 \pm 1,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de genisteína y daidzeína, respectivamente, en las arepas elaboradas con un nivel de reemplazo de 15 % de HMP por HTRDS, lo que significa que estos importantes compuestos fitoquímicos pueden ser incorporados en productos de alto consumo como las arepas con los consecuentes beneficios que esto traería para la salud; por ejemplo, Kao y Chen (2006), señalan que las isoflavonas presentan propiedades estrogénicas

Cuadro 4.- Concentración de isoflavonas: genisteína y daidzeína en harinas y arepas.*

Tratamiento		Isoflavonas en las harinas ($\mu\text{g}/\text{kg}$)		Isoflavonas en las arepas ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	
HMP	HTRDS	Genisteína	Daidzeína	Genisteína	Daidzeína
0	100	1991,0 \pm 18,0	2670,0 \pm 20,0	-	-
100	0	0	0	0	0
93	7	139,4 \pm 1,2 ^b	186,9 \pm 1,4 ^a	103,0 \pm 0,5 ^b	124,7 \pm 0,5 ^a
90	10	199,1 \pm 1,8 ^c	267,0 \pm 2,0 ^b	149,9 \pm 0,7 ^c	174,9 \pm 0,7 ^b
85	15	298,6 \pm 6,1 ^e	400,5 \pm 3,0 ^d	256,9 \pm 0,7 ^e	337,0 \pm 1,0 ^d

Valores promedios de 3 repeticiones.

* Letras iguales significan que los promedios no difieren de manera significativa ($p > 0,05$).

y antiestrogénicas. Zubik y Meydani (2003) y McCue y Shetty (2004), sugieren que los fitoestrógenos pueden ayudar a prevenir enfermedades cardiovasculares, cáncer, osteoporosis y reducir síntomas menopáusicos.

Evaluación sensorial

El efecto que se apreció respecto del nivel de incorporación de HTRDS en la formulación de las arepas fue que el tratamiento control presentó los mayores puntajes en todos los atributos sensoriales (Fig. 1), siendo más notable para los atributos sabor y aroma, cuyos valores disminuyeron al aumentar el nivel de adición (7 %, 10 %, 15 %).

Con respecto al atributo color, en la medida que aumentaron los niveles de adición, la arepa fue perdiendo su color blanco característico y adquiriendo un color amarillento, color poco usual en las arepas, siendo esta característica penalizada por el panel evaluador. Sin embargo, en lo que se refiere a las propiedades sensoriales como la textura y el aspecto general, las diferencias fueron menos apreciables. Con respecto a la textura, los resultados pudieran deberse a las propiedades emulsificantes que aporta la lecitina de soya (Badui-Dergal, 2006), y que fue

incorporada a las arepas a través de la harina elaborada del subproducto obtenido una vez extraído el aceite contenido en los granos de soya (HTRDS).

Torres y Guerra (2003), evaluaron la sustitución parcial de HMP por harina de quinchoncho con y sin cáscaras en proporciones de 10, 15, 20, 35 % y 15, 20, 30 y 35 %, respectivamente, resultando que las arepas elaboradas con el menor nivel de sustitución fueron las que obtuvieron el mayor puntaje en la escala de evaluación; asimismo, Mota-Silva y García (2004) observaron una baja aceptabilidad de arepas elaboradas con 5, 10 y 15 % de sustitución parcial de HMP por harina de residuos obtenidos del procesamiento industrial del tomate, lo cual se lo atribuyeron al hábito creado por los panelistas hacia el consumo de la arepa tradicional; sin embargo, existe en la actualidad un grupo de consumidores con la constante preocupación por obtener productos más saludables, que no solo aporten nutrientes sino también componentes bioactivos beneficiosos para la salud y además cumplan con parámetros de calidad sensorial, por lo cual, las arepas elaboradas con adición parcial de 7 % de HTRDS representan una alternativa.

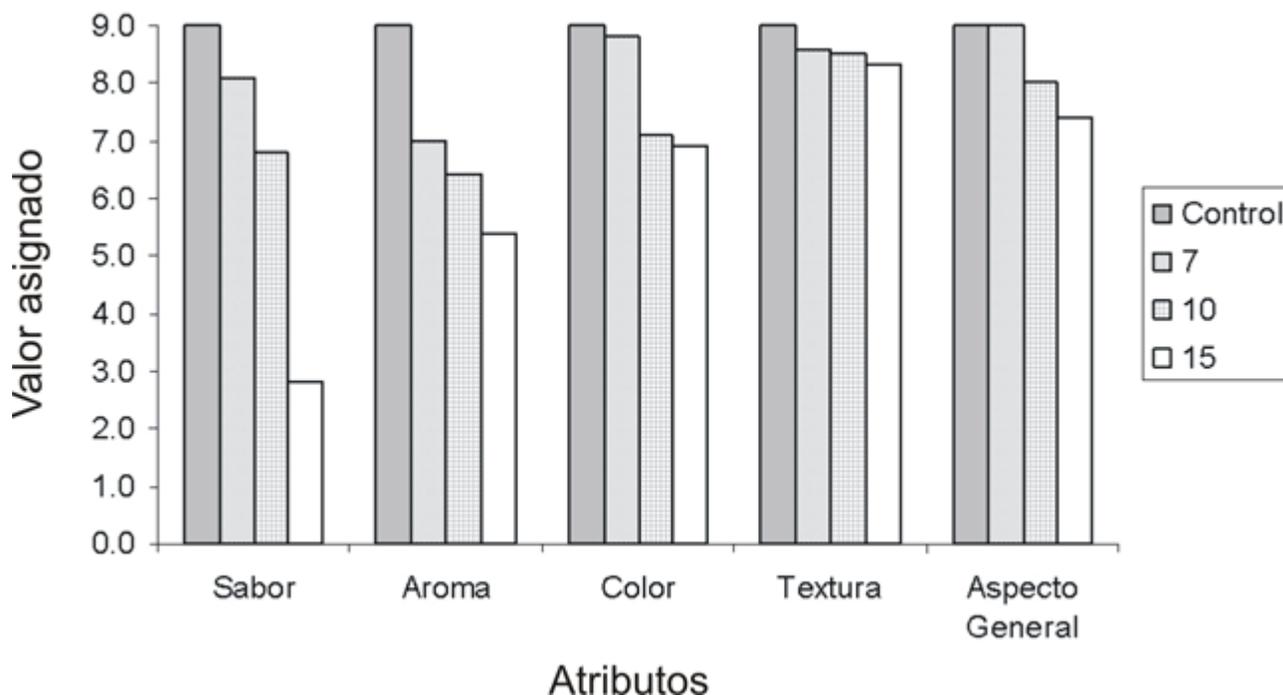


Figura 1.- Preferencia de los evaluadores por la arepa de harina de maíz precocida (control) y arepas con adición de 7, 10 y 15 % de harina de la torta residual desgrasada de soya.

Hay que considerar que aunque la torta desgrasada de soya es un subproducto, conserva una adecuada composición nutricional y que puede ser utilizada en la alimentación humana. La adición de este subproducto contribuye a mejorar las cualidades nutricionales de la arepa, al menos en cuanto al aporte proteico y de lisina disponible; no obstante, es necesario señalar que las arepas son consumidas usualmente acompañadas de fuentes proteicas como el queso o la carne, aunque hay que destacar también que en los sectores de menores recursos económicos puede consumirse acompañada solamente de margarinas u otras fuentes de grasas.

CONCLUSIONES

- La adición parcial de harina de la torta residual desgrasada de soya (HTRDS) incrementó los niveles de proteína y lisina disponible en las arepas

elaboradas, así como también los niveles de polifenoles, flavonoides totales e isoflavonas.

- La concentración de los compuestos bioactivos (polifenoles, flavonoides totales e isoflavonas) en las arepas se incrementó en proporción a la sustitución de harina de maíz precocida (HMP) por HTRDS. Las elaboradas con solo HMP carecieron de estos compuestos.
- Los resultados de la evaluación sensorial mostraron que para los atributos evaluados, la arepa elaborada con solo HMP (control) fue la preferida, seguida de la arepa con adición parcial de 7 % de HTRDS. En estas arepas se cuantificaron valores de 130,0 μg ácido cafeico/g y 82,0 μg quercetina/g de polifenoles y flavonoides totales, respectivamente; y para las isoflavonas 103,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y 124,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de genisteína y daidzeína, respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. 1994. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods. (8va. ed.). Saint Paul, MN, USA.
- AENOR. 1973a. Asociación Española de Normalización y Certificación. Materias grasas. Determinación de humedad y materias volátiles (método de la estufa de vacío). Norma española UNE 55082:1973.
- AENOR. 1973b. Asociación Española de Normalización y Certificación. Determinación del contenido en materia grasa total del orujo de aceituna. Norma española UNE 55032:1973.
- Aleem-Zaker M.D.; Genitha, T.R. and Hashmi, Syed Imran. 2012. Effects of defatted soy flour incorporation on physical, sensorial and nutritional properties of biscuits. *Journal of Food Processing & Technology*. 3(4):149.
- Anderson, R.A.; Conway, H.F.; Pfeifer, V.F. and Griffin, E.L. Jr. 1969. Gelatinization of corn grits by roll- and extrusion-cooking. *Cereal Science Today*. 14(1):4-12.
- Badui-Dergal, Salvador. 2006. Química de los alimentos. (4ta. ed.). México: Pearson Educación de México, S. A. de C. V.
- Barnes, Stephen; Kim, Helen; Darley-USmar, Victor; Patel, Rakesh; Xu, Jun; Boersma, Brenda and Luo, Ming. 2000. Beyond ER α and ER β : estrogen receptor binding is only part of the isoflavone story. *The Journal of Nutrition*. 130(3):656S-657S.
- Bolanho, Beatriz Cervejeira and Beléia, Adelaide Del Pino. 2011. Bioactive compounds and antioxidant potential of soy products. *Alimentos e Nutrição*. 22(4):539-546.
- Booth, V.H. 1971. Problems in the determination of FDNB-available lysine. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 22(12):658-666.
- Bors, Wolf; Michel, Christa and Stettmaier, Kurt. 2001. Structure-activity relationships governing antioxidant capacities of plant polyphenols. *Methods in Enzymology*. 335: 166-180.
- Bressani, R.; Murillo, B. and Elías, L.G. 1974. Whole soybeans as a means of increasing protein and calories in maize-based diets. *Journal of Food Science*. 39(3):577-580.
- Bressani, Ricardo; Hernández-Fernández, Eloísa Maximina; Colón-Pena, Arama Aurora; Wolzak-Marcucci, Arlene y Gómez-Brenes, Roberto. 1981. Efecto suplementario de tres fuentes de proteína de soya sobre diferentes selecciones o productos de maíz. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 31(1):52-62.
- Carpenter, K.J. 1960. The estimation of available lysine in animal protein-foods. *Biochemical Journal*. 77(3):604-610.
- Dávila, Marbelly A.; Sangronis, Elba y Granito, Marisela. 2003. Leguminosas germinadas o fermentadas: alimentos o ingredientes de alimentos funcionales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 53(4):348-354.
- de Padua, M.R. y Padua-Maroun, H. 1984. Rheological behavior of Venezuelan arepa dough from precooked corn flour. *Cereal Chemistry*. 61(1):37-41.
- Dueñas, Montserrat; Hernández, Teresa; Robredo, Sergio; Lamparski, Grzegorz; Estrella, Isabel and Muñoz, Rosario. 2012. Bioactive phenolic compounds of soybean (*Glycine max* cv. Merit): modifications by different microbiological fermentations. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 62(4):241-250.
- Fritz, Kay L.; Seppanen, C.M.; Kurzer, Mindy S.; Csallany, A. Saari. 2003. The *in vivo* antioxidant activity of soybean isoflavones in human subjects. *Nutrition Research*. 23(4):479-487.
- Goñi, Isabel; García-Alonso, Alejandra and Saura-Calixto, Fulgencia. 1997. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutrition Research*. 17(3):427-437.

- Hernández, Blanca D.; Guerra, Marisa J. y Rivero, Francisco. 1999. Obtención y caracterización de harinas compuestas de endospermo - germen de maíz y su uso en la preparación de arepas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos (Brasil)*. 19(2):194-198.
- Kao, Tesai Hua and Chen, Bing Huei. 2006. Functional components in soybean cake and their effects on antioxidant activity. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 54(20):7544-7555.
- Kao, T.H.; Lu, Y.F. and Chen, B.H. 2005. Preparative column chromatography of four groups of isoflavones from soybean cake. *European Food Research & Technology*. 221(3-4):459-465.
- Makkar, H.; Becker, K.; Abel, H.; Pawelzik, E. 1997. Nutrient contents, rumen protein degradability and antinutritional factors in some colour- and white-flowering cultivars of *Vicia faba* beans. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 75(4):511-520.
- Mantovani, Daniel; Filho, Lúcio Cardozo; Santos, Leonilda Correia; de Souza, Vera Lúcia Ferreira and Watanabe, Cecília Sumie. 2009. Chromatographic quantification of isoflavone content from soy derivatives using HPLC technique. *Journal of Chromatographic Science*. 47(9):766-769.
- Masur, Shakuntala B.; Tarachand, K.C. and Kulkarni, Uma N. 2009. Comparative evaluation of full and defatted soy flour based bakery products. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*. 22(4):937-938.
- McCue, Patrick and Shetty, Kalidas. 2004. Health benefits of soy isoflavonoids and strategies for enhancement: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 44(5):361-367.
- Mojzis, J.; Varinska, L.; Mojziso, G.; Kostova, I. and Mirossay, L. 2008. Antiangiogenic effects of flavonoids and chalcones. *Pharmacological Research*. 57(4):259-265.
- Mota-Silva, Victoria y García, Luis A. 2004. Uso de subproductos industriales de tomate en el enriquecimiento de harina de maíz con fibra dietética y proteínas para la elaboración de arepas. *Agronomía Tropical*. 54(2):145-149.
- Ordoñez, A.A.L.; Gómez, J.D.; Vattuone, M.A. and Isla, M.I. 2006. Antioxidant activities of *Sechium edule* (Jacq.) Swartz extracts. *Food Chemistry*. 97(3):452-458.
- Ponnusha, Babu Shankar; Subramaniam, Sathiyamoorthy; Pasupathi, Palanisamy; subramaniam, Boopathi and Virumandy, Rajaram. 2011. Antioxidant and antimicrobial properties of *Glycine Max-A* review. *International Journal of Current Biological and Medical Science*. 1(2):49-62.
- Prati, Silvia; Baravelli, Valentina; Fabbri, Daniele; Schwarzinger, Clemens; Brandolini, Vincenzo; Maietti, Annalisa; Tedeschi, Paola; Benvenuti, Stefano *et al.* 2007. Composition and content of seed flavonoids in forage and grain legume crops. *Journal of Separation Science*. 30(4):491-501.
- Quicazán, Marta y Caicedo, Luis. 2012. Inactivación del inhibidor de tripsina durante el tratamiento térmico de bebidas de soya. *Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica (Universidad de Antioquia, Colombia)*. 19(Supl. 1):S337-S339.
- Setchell, Kenneth D.R. and Cassidy, Aedin. 1999. Dietary isoflavones: biological effects and relevance to human health. *The Journal of Nutrition*. 129(3):758S-767S.
- Shao, Suqin; Duncan, Alison M.; Yang, Raymond; Marccone, Massimo F.; Rajcan, Istvan and Tsao, Rong. 2009. Tracking isoflavones: from soybean to soy flour, soy protein isolates to functional soy

- bread. *Journal of Functional Foods*. 1(1):119-127.
- Taie, Hanan A.A.; El-Mergawi, R. and Radwan, S. 2008. Isoflavonoids, flavonoids, phenolic acids profile and antioxidant activity of soybean seeds as affected by organic and bioorganic fertilization. *American-Eurasia Journal of Agricultural & Environmental Sciences*. 4(2):207-213.
- Toro, Yolanda M.; Guerra, Marisa; Espinoza, Claudio y Newman, Adollys. 2011. Cambios en la composición proximal de harina de maíz precocida, arroz, pastas y cereales infantiles al prepararlos en el hogar para su consumo. *Anales Venezolanos de Nutrición*. 24(1):27-33.
- Torres, Alexia y Guerra, Marisa. 2003. Sustitución parcial de la harina de maíz precocida con harina de quinchoncho (*Cajanus Cajan*) para la elaboración de arepas. *Interciencia*. 28(11):660-664.
- USDA. 2007. United States Department of Agriculture. USDA-Iowa State University database on the isoflavone content of foods. Release 1.4. <http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/12354500/Data/isoflav/isoflav1-4.pdf>
- Vedavanam, Krishnaveni; Sriyanta, Sairavee; O'Reilly, James; Raman, Amala and Wisemam, Helen. 1999. Antioxidant action and potential antidiabetic properties of an isoflavonoid-containing soybean phytochemical extract (SPE). *Phytotherapy Research*. 13(7):601-608.
- Visentín, Alexis N.; Drago, Silvina R.; Osella, Carlos A.; de la Torre, María A; Sánchez, Hugo D. y González, Rolando J. 2009. Efecto de la adición de harina de soja y concentrado proteico de suero de queso sobre la calidad del pan y la dializabilidad de minerales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 59(3):325-331.
- Zubik, Ligia and Meydani, Mohsen. 2003. Bioavailability of soybean isoflavones from aglycone and glucoside forms in American women. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 77(6):1459-1465.