

Factores antinutricionales y propiedades funcionales de la harina de semilla de frutopán (*Artocarpus camansi* Blanco)

Alejandra Ramírez*, Ligia Ortiz de Bertorelli, Sharon Irigoyen, Yasmely Caraballo y Luisa Graziani de Fariñas

¹Instituto de Química y Tecnología, Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Apdo. 4579. Maracay 2101. Venezuela.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar algunos factores antinutricionales (FAN), como fósforo fítico e inhibidores de tripsina y varias propiedades funcionales (PF), entre ellas la capacidad de absorción de agua y de aceite y la actividad y estabilidad de la emulsión, en harinas de semillas de frutopán, *Artocarpus camansi* Blanco, cosechadas en Cumboto y Cata del estado Aragua, Venezuela, así como el efecto de la localidad, tiempo de cocción y temperatura de secado sobre dichas características. Las harinas fueron obtenidas por la molienda de semillas tratadas sin y con cocción durante 20 y 40 minutos y secadas en estufa a 45, 70 y 95°C. Los resultados indicaron que no hubo efecto de los factores estudiados sobre los FAN, pero sí sobre las PF de las harinas. La capacidad de absorción de agua disminuyó ($P < 0,05$) al aumentar la temperatura de secado a 95°C y la de aceite descendió ($P < 0,05$) con la cocción y el secado. Por su parte, la actividad y estabilidad de la emulsión mostraron interacción triple (localidad, tiempo de cocción y temperatura de secado) significativa ($P < 0,05$), siendo los valores menores en las muestras cocidas. Todas las harinas evaluadas presentaron valores bajos de FAN y una adecuada capacidad de absorción de agua y de aceite, por lo que podrían ser utilizadas en la elaboración de una gran variedad de alimentos artesanal o industrialmente procesados como productos cárnicos, de panadería, pastelería y otros.

Palabras clave: *Artocarpus camansi*, inhibidores de tripsina, fósforo fítico, absorción de agua, absorción de aceite, propiedades emulsificantes.

Antinutritional factors and functional properties of seed flour of breadnut (*Artocarpus camansi* Blanco)

ABSTRACT

The objective of this study was to determine some antinutritional factors (ANF), such as phytic phosphorus and trypsin inhibitors, and some functional properties (FP), including water and oil absorption capacity, and emulsion activity and stability of seed flour of breadnut, *Artocarpus camansi* Blanco, from Cumboto and Cata, Aragua state, Venezuela, and the effect of locality, cooking time and drying temperature on these characteristics. Samples were obtained by grinding seeds treated with and without cooking for 20 to 40 minutes and dried in an oven at 45, 70 and 95°C. The results indicated that the factors studied did not influence the ANF, however, did affect the FP. Water absorption capacity decreased ($P < 0,05$) when drying temperature increased to 95°C and the oil absorption capacity decreased ($P < 0,05$) with the cooking and drying. The activity and emulsion stability showed a significant ($P < 0,05$) triple interaction (locality, cooking time and drying temperature), with lower values in the cooked samples. All meals

*Autor de correspondencia: Alejandra Ramírez

E-mail: ramirezaucv@hotmail.com

evaluated showed low levels of ANF and adequate capacity to absorb water and oil, so that they could be used in the preparation of a variety of industrially processed foods and artisanal meat products, bakery, pastry, and others.

Key words: *Artocarpus camansi*, trypsin inhibitors, phytic phosphorus, water absorption, oil absorption, emulsifying properties.

INTRODUCCIÓN

Los frutos del *Artocarpus camansi* Blanco se conocen en varias áreas tropicales de producción como frutopán, topán, pepepán y pan de árbol, entre otros. En las localidades de Cata y Cumboto del estado Aragua (Venezuela) es un cultivo usado por los productores de la zona para brindarle sombra al cacao, a pesar de que pudiese ser mejor explotado, ya que posee un alto valor nutricional, con una calidad proteica comparable a la de la harina de soya y huevo (Oshodi *et al.*, 1999).

El alto déficit nutricional que aún persiste en muchas regiones del mundo, producido por la carencia de proteínas y el alto costo de las proteínas de origen animal, ha incrementado el interés en el uso de proteínas de origen vegetal en formulaciones de dietas alimenticias (Fasasi *et al.*, 2007). Ahora bien, a pesar de la disponibilidad de productos vegetales para consumo humano y animal, con buen contenido y balance de proteína y energía, éstos no pueden ser empleados con todo su potencial por el efecto limitante que imponen las propiedades funcionales (PF) y los factores antinutricionales (FAN).

Las PF determinan el grado de aplicación de un ingrediente en la formulación de alimentos, mientras que los FAN actúan principalmente sobre el aspecto nutricional del producto alimenticio, ya que dificultan o inhiben la asimilación de nutrientes que provienen de los alimentos, generalmente de los vegetales. Estos factores afectan la digestión y absorción de las proteínas, siendo también observada su influencia sobre la digestión de carbohidratos, utilización de minerales y biodisponibilidad de vitaminas (Elizalde *et al.*, 2009). Por su parte, las PF son características fisicoquímicas que dan información sobre como un nutriente particular (proteína, carbohidrato, fibra dietética) se comportará en un producto alimenticio. En los vegetales, las PF están determinadas por la composición molecular, estructura de los componentes individuales y las interacciones entre ellos (Kinsella, 1976).

En consecuencia, la presencia de FAN en algunos cultivos, se percibe como la principal limitante para su amplia utilización. Sin embargo, se ha observado que algunos procesos tecnológicos aplicados a los alimentos inciden sobre dichos factores. En este sentido, Fagbemi *et al.* (2005) encontraron una reducción efectiva de los FAN del frutopán como consecuencia de la fermentación y de la cocción. Este efecto negativo, también ha sido

señalado por varios autores en otros cultivos (Bhandari y Kawabata, 2006; Fasasi *et al.*, 2004; Giami *et al.*, 2001; Nwabueze, 2007). Igualmente, se ha notado una influencia del tratamiento térmico sobre las PF (Akubor *et al.*, 2000; Fasasi *et al.*, 2007; Giami *et al.*, 2001; Venkatesh y Prakash, 1993). Todo ello sugiere la conveniencia de conocer las PF y los FAN que pudiesen estar presentes en la harina de frutopán, así como evaluar el efecto del tratamiento térmico sobre dichas características, temas sobre los cuales no se dispone de información en el país y es escasa a nivel internacional, a pesar de su gran importancia.

El objetivo de esta investigación fue determinar algunos FAN y PF de harinas de semillas crudas y cocidas de frutopán, secadas a distintas temperaturas y cosechadas en las localidades de Cata y Cumboto del estado Aragua, con el objeto de fomentar su uso como posible materia prima o ingrediente en el procesamiento de alimentos de un rubro con alto valor nutricional y factible de producirse en el país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron plantas de frutopan de las localidades Cata y Cumboto del municipio Costa de Oro, zona nortecostera del estado Aragua, Venezuela. Aplicando los criterios señalados por Nuñez *et al.* (2011), se cosecharon 55 frutos (≈ 70 kg) sanos y maduros con coloración verde intenso a verde amarillento, de textura firme a semiblanda, sin evidencia de daños físicos ni ataques de hongos o microorganismos. La recolección se hizo al azar en el período de cosecha, en los meses de agosto a septiembre de 2007, en un área de 1 ha en cada una de las parcelas.

Estas zonas presentan una precipitación anual de 467 a 988,5 mm con una marcada diferencia entre los períodos seco y lluvioso. Este último comienza en el mes de mayo y termina a mediados de septiembre, mes de inicio del período seco. La temperatura media anual es de 25,8°C y la humedad relativa de 68,1% (Sucre, 2003). Las condiciones agroclimáticas de ambas localidades son muy parecidas; sin embargo, difieren entre sí en el manejo agronómico dado al cultivo del cacao, el cual es el principal rubro de producción de la zona, donde usan el frutopán para darle sombra. En la localidad de Cumboto el manejo agronómico es distinto entre las parcelas, mientras que en la localidad de Cata es homogéneo y el cacao cuenta con certificación orgánica (Nuñez *et al.*, 2011).

Preparación de las harinas

Las semillas de frutopán fueron extraídas manualmente, lavadas tres veces con una solución clorada al 0,005% y secadas por ventilación mecánica. Las muestras secas fueron almacenadas a -4°C y luego, tratadas térmicamente por cocción en agua hirviendo en tres tiempos (0, 20 y 40 min) y secadas a tres temperaturas (45, 70 y 95°C) en una estufa sin circulación de aire, hasta alcanzar aproximadamente 12% de humedad. Después fueron molidas en un molino de martillo, tamizadas con malla de $590\ \mu$ (30 mesh) y envasadas al vacío en bolsas plásticas. Las harinas fueron almacenadas a 8°C (Núñez *et al.*, 2011).

Análisis químico

A las harinas de semillas crudas y cocidas de frutopán se les determinó: actividad de inhibidores de tripsina (AIT) (Smith *et al.*, 1980), fósforo fítico (FF) (AOAC, 1997), capacidad de absorción de agua (CAA) (Wang y Kinsella, 1976), capacidad de absorción de aceite (CAAc), actividad de la emulsión (AE) y estabilidad de la emulsión (EE) (Dench *et al.*, 1981). Todos los análisis se realizaron por cuadruplicado.

Análisis estadístico

A los resultados de las variables FF, AIT, CAA y CAAc se les aplicó un análisis de varianza paramétrico con un arreglo factorial $3 \times 2 \times 3$ (tres temperaturas de secado, dos localidades y tres tiempos de cocción), mediante el paquete estadístico SAS (1998). Para las variables AE y EE, se usó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actividad de inhibidores de tripsina

La AIT no varió significativamente por efecto de la localidad, tiempo de cocción, temperaturas de secado e interacciones (Cuadro 1). La AIT coincidió con los valores (6,5-8,1 mg/g) señalados por Fagbemi *et al.* (2005) para harinas de semillas cocidas y crudas de frutopán (*Artocarpus altilis*) en Akure, Nigeria, y fueron inferiores a los indicados (10,0 a 21,80 mg/g) por Nwabueze (2007) para mezclas extruídas y crudas de harinas de maíz y soya con *Treculia africana*. En cuanto al frutopán, Fagbemi *et al.* (2005) hallaron una disminución del 20,4% de la AIT al hervir las semillas por 1 h, 26,8% al tostarlas y 88,7% al fermentarlas. En cambio los tratamientos térmicos aplicados en este estudio no influyeron sobre los valores de la AIT.

La presencia de inhibidores de tripsina en las harinas debe ser reducida o eliminada, debido a que en

bioensayos con animales, se ha demostrado que estos pueden provocar una disminución en la digestión y absorción de nutrientes, así como también estimular la hipertrofia pancreática (Atmout *et al.*, 1998).

Fósforo fítico

Los valores de FF tampoco variaron significativamente por efecto de la localidad, tiempo de cocción, temperaturas de secado e interacciones (Cuadro 1). Al comparar los contenidos de FF con los señalados en la bibliografía, se notó coincidencia con los porcentajes hallados por Fagbemi *et al.* (2005) en harinas crudas de frutopán de Nigeria (0,15%) y en las cocidas (0,1%).

El fósforo es un mineral esencial en algunos granos (cereales y leguminosas); sin embargo se ha demostrado que el FF puede limitar la disponibilidad de algunos minerales como calcio, magnesio, zinc, hierro y cobre (Pointillart, 1994).

Capacidad de absorción de agua

La CAA varió significativamente ($P < 0,05$) solo por efecto de la temperatura de secado, de forma que el promedio de los valores disminuyó con el aumento a 95°C (Cuadro 2). Los valores de la CAA de las muestras analizadas fueron superiores a las obtenidas (170%) por Akubor (1997) y (178,5%) por Akubor y Badifu (2004) en *Treculia africana*, así como a las halladas (190,2%) por Fasasi *et al.* (2007) en ese mismo cultivo. Igualmente, los resultados de esta propiedad superaron a los encontrados por Chau y Cheung (1998) para harinas de granos de soya (180%). En tanto que se asemejaron a los obtenidos por Prazuela (2003) en harinas de arvejas amarillas (362,2%) y caraotas blancas (389,9%), así como por Chel-Guerrero *et al.* (2002) en harina de *Canavalia ensiformis* (380%).

La CAA se relaciona con los niveles y características de las proteínas, compuestos que se asocian con el agua formando puentes de hidrógeno a través de los grupos polares no ionizables, siendo una de las propiedades más importante debido a que está relacionada con la hidratación, hinchamiento, solubilidad, viscosidad y gelación (Kinsella, 1979); además depende de la presencia de carbohidratos, lípidos, sales y pH del medio (Kinsella, 1976).

Valores de absorción de agua mayores a 300% pueden favorecer la textura de productos de panadería (Pacheco y Rivas, 1992), y además esta propiedad es importante en una variedad de alimentos cárnicos en los cuales se requiere retener agua durante su elaboración (Kinsella, 1979). Por lo tanto, las harinas de frutopán, cuyos valores de CAA superan el valor mencionado,

Cuadro 1. Actividad de inhibidores de tripsina y fósforo fítico en harinas de semillas de frutopán crudas, cocidas y secadas a distintas temperaturas.

Localidad	Actividad de inhibidores de tripsina (mg/g)								
	Harina cruda			Harina cocida 20 min			Harina cocida 40 min		
	Temperatura de secado (°C)								
	45	70	95	45	70	95	45	70	95
Cumboto	7,78 ±	7,05 ±	7,77 ±	6,82 ±	7,76 ±	6,30 ±	7,27 ±	8,07 ±	6,92 ±
	0,86	0,56	0,40	0,36	0,21	1,01	1,18	0,51	0,58
Cata	7,42 ±	6,91 ±	7,11 ±	6,41 ±	6,03 ±	6,18 ±	5,50 ±	5,50 ±	5,81 ±
	0,37	0,35	0,73	0,29	0,64	0,54	0,59	0,68	0,49
	Fósforo fítico (%)								
Cumboto	0,12 ±	0,16 ±	0,11 ±	0,09 ±	0,17 ±	0,12 ±	0,16 ±	0,21 ±	0,11 ±
	0,02	0,04	0,03	0,03	0,07	0,03	0,03	0,04	0,03
Cata	0,16 ±	0,15 ±	0,13 ±	0,17 ±	0,09 ±	0,16 ±	0,12 ±	0,11 ±	0,19 ±
	0,03	0,12	0,08	0,03	0,01	0,10	0,04	0,07	0,08

pudieran utilizarse para enriquecer mezclas de harinas para elaborar galletas, tortas, panes, así como en la preparación de productos cárnicos.

En esta investigación se observó un efecto negativo de la temperatura de secado sobre la CAA, difiriendo de otros autores, quienes detectaron un aumento de la CAA de harina de semilla de *Treculia africana* tratadas térmicamente (Akubor *et al.*, 2000; Fasasi *et al.*, 2007; Giami *et al.*, 2000). El descenso de la CAA en función del calor, observado en este estudio, quizás pueda ser imputable a las características de las proteínas del frutopán, las cuales pudieron presentar una pérdida de su solubilidad o una agregación de sus moléculas, ocasionando disminución del área superficial expuesta a la fase acuosa (Venkatesh y Prakash, 1993). Se ha señalado que la temperatura, según el tipo de proteína, puede causar una disminución de los grupos polares capaces de interactuar con el agua, lo que causaría alteración de sus características superficiales y en consecuencia de sus propiedades funcionales (Hall e Iglesias, 1997).

Capacidad de absorción de aceite

La CCAc fue afectada significativamente ($P < 0,05$) por el tiempo de cocción y temperatura de secado. En relación con la cocción, se observó que los mayores porcentajes de esta propiedad los presentaron las harinas crudas y respecto al secado las muestras secadas a 45°C (Cuadro 2). Los valores de la CAAc obtenidos en este estudio fueron semejantes a los señalados por Chau y Cheung (1998) para harina de grano de soya (193%) e inferiores a los indicados por Chel-Guerrero *et al.* (2002) para harina de *Canavalia ensiformis* (315%). En cambio, fueron superiores a

los hallados (114%) por Akubor y Badifu (2004) y (130%) por Fasasi *et al.* (2007) en harina de semilla de *Treculia africana*.

En cuanto al tratamiento térmico de la semilla, Fasasi *et al.* (2007) encontraron que el tostado incrementa de 130 a 141% la absorción de aceite de la harina de *Treculia africana*. Este es aumento atribuido a la disociación y desnaturalización de las proteínas por el calor, ya que en la subunidades proteicas disociadas podría haber más sitios de enlaces expuestos. Sin embargo, en las muestras estudiadas de frutopán, el efecto fue adverso, probablemente por causas similares a las del descenso de la CAA.

La capacidad de las proteínas de enlazar agua y aceite es un índice de su habilidad para absorber y retener dichos componentes, lo que influye sobre la textura y sensación al paladar de los productos alimenticios (Fasasi *et al.*, 2007). El mecanismo de absorción de aceite es atribuido principalmente a la retención física de la grasa por atracción capilar y al enlace que se establece con la cadena apolar proteica (Kinsella, 1976), de allí que la hidrofobidad de las proteínas ejerza un papel importante sobre la absorción de la grasa (Chau y Cheung, 1998).

El conocimiento de la CAAc es importante en la tecnología de alimentos, ya que de ella depende la utilización en el procesamiento de alimentos que requieren altos valores de esta propiedad para impartir determinadas características al producto, especialmente para retener el sabor, mejorar la palatabilidad y alargar la vida útil mediante la reducción de la humedad y pérdida de grasa (Chel-Guerrero *et al.*, 2002). De allí que los

Cuadro 2. Capacidad de absorción de agua y aceite de harinas de frutopán crudas, cocidas y secadas a distintas temperaturas de las localidades Cumboto y Cata.

Propiedades funcionales (%)	Localidad		
	Cumboto	Cata	
Capacidad de absorción de agua	352,40±13,30	353,52±8,26	
Capacidad de absorción de aceite	197,98±1,40	198,58±3,99	
	Tiempo de cocción (min)		
	Cruda	20	40
Capacidad de absorción de agua	358,95±16,42	350,68±10,04	349,25±5,83
Capacidad de absorción de aceite	208,19±2,87a†	197,21±3,77b	189,45±1,38c
	Temperatura de secado (°C)		
	45	70	95
Capacidad de absorción de agua	362,75±8,71a	354,49±5,73a	341,64±17,85b
Capacidad de absorción de aceite	205,18±5,01a	196,73±2,29b	192,95±0,73b

† Letras distintas en misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

valores de la CAAC del frutopán analizado sugieran la potencialidad de su aplicación en la elaboración de productos congelados precocidos listos para freír, en formulaciones de carnes, sopas y galletas entre otros

Actividad de la emulsión

La AE varió significativamente por efecto de la interacción triple entre los factores estudiados. Las harinas crudas secadas a 45 y 70°C de ambas localidades presentaron mayores valores de AE (Cuadro 3). Los resultados de este estudio fueron inferiores a los reportados por Chel-Guerrero *et al.* (2002) en harinas de *Phaseolus lunatus* (41,8%) y *Canavalia ensiformis* (56,5%) y al señalado por Fasasi *et al.* (2007) en *Treculia africana* (52,9%). En tanto que la AE indicada por Akubor (1997) para la harina de semilla de *Treculia africana* (22,7%) fue menor que la de harina cruda secada a 45 y 70°C del frutopán analizado. Este investigador señaló que las bajas propiedades emulsificantes de las harinas pueden ser consecuencia de alta concentración de compuestos insolubles que inhiben la formación de emulsiones, ya que se ha demostrado que la actividad emulsificante se relaciona directamente con la solubilidad del nitrógeno (Chau y Cheung, 1998; Kinsella, 1979).

El tratamiento térmico afectó negativamente las muestras crudas, en las cuales la AE disminuyó en promedio un 80% al incrementar la temperatura de secado a 95°C. Además, dicha propiedad se redujo por la cocción en un 97% con respecto a las harinas crudas secadas a 45°C. La acción del calor sobre esta propiedad también fue detectada por Fasasi *et al.* (2007), quienes encontraron valores menores (44,1%) en la harina de las semillas tostadas que en las crudas

de *Treculia africana*.

La AE es un índice importante para medir la funcionalidad de las proteínas e indica cual puede ser el uso en productos alimenticios. La función de las proteínas en las emulsiones es la de formar una película entre la fase acuosa (polar) y la grasa (apolar), lo que reduce la tensión superficial, al localizarse en la interfase, y previene físicamente la coalescencia de las micelas (Kinsella, 1979). La capacidad de emulsificación se puede considerar como un índice de la habilidad de las proteínas o péptidos de adsorberse sobre la nueva superficie creada, retardando la coalescencia (Mahmoud, 1994). El efecto adverso del calor sobre esta propiedad es debido a que su aplicación causa desestabilización de la membrana, así como fragilidad y ruptura de la película.

Estabilidad de la emulsión

La EE varió significativamente por efecto de la interacción triple entre los factores estudiados. Las harinas crudas secadas a 45 y 70°C de ambas localidades presentaron mayores valores de EE (Cuadro 3). La EE de las harinas crudas (secadas a 45 y 70°C) del frutopán fue más alta que la señalada por Akubor (1997) para la harina de semilla de *Treculia africana* (13,6%) tratadas con solución de metabisulfito de sodio por 5 min a 70°C y secadas por 8 h a 70°C. En tanto que fue inferior a las obtenidas por Fasasi *et al.* (2007) para las harinas de las semillas cocidas (50,2%) y tostadas (39,2%) del mismo cultivo. El comportamiento de esta variable fue semejante al de la AE. En las harinas crudas, la EE disminuyó al someter las semillas a cocción y al aumentar la temperatura de secado, lo que reveló que la temperatura influyó adversamente sobre esta propiedad.

Cuadro 3. Actividad y estabilidad de la emulsión de harinas de semillas de frutopán crudas, cocidas y secadas a distintas temperaturas.

Localidad	Actividad de la emulsión (%)								
	Harina cruda			Harina cocida 20 min			Harina cocida 40 min		
	Temperatura de secado (°C)								
	45	70	95	45	70	95	45	70	95
Cumboto	44,38 ±3,55aA†	34,68 ±9,02bA	4,90 ±3,12cA*	1,15 ±0,01aB*	1,16 ±0,02aB	1,10 ±0,00aB	1,13 ±0,01aB	1,13 ±0,02aB	1,15 ±0,02aB
Cata	44,16 ±2,57 ^a A	36,31 ±2,21bA	11,69 ±0,71abA*	5,36 ±0,54aB*	1,16 ±0,01bB	1,17 ±0,01bB	1,13 ±0,01aC	1,14 ±0,01aB	1,13 ±0,01aB
	Estabilidad de la emulsión (%)								
Cumboto	26,49 ±7,08aA	34,65 ±11,4aA*	1,82 ±0,48Ba*	1,15 ±0,01aB*	1,16 ±0,02aB	1,13 ±0,00aA	1,13 ±0,01aB	1,13 ±0,02aB	1,15 ±0,02aA
Cata	24,67 ±8,58aA	18,08 ±2,30aA*	7,43 ±2,10bA*	4,51 ±0,03aB*	1,16 ±0,01bB	1,17 ±0,01bB	1,13 ±0,00aC	1,14 ±0,01aB	1,13 ±0,01aB

† Letras minúsculas indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) para un mismo tiempo de cocción y localidad a diferentes temperaturas de secado. Letras mayúsculas indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) para una misma temperatura y localidad a diferentes tiempos de cocción. * Indica diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre localidades para un mismo tiempo de cocción y temperatura de secado.

Fasasi *et al.* (2007) notaron que el tratamiento calórico afecta la EE de la harina de *Treculia africana*, la cual merma con el calor. Esta acción desfavorable ha sido atribuida por Wang y Kinsella (1976) al incremento de la fragilidad de la película proteica por la desnaturalización y a la ruptura por expansión térmica, siendo posible una combinación de ambos.

Los bajos resultados de las propiedades emulsificantes de las harinas de frutopán analizadas, posiblemente fueron debidos a la inhibición de la formación de las emulsiones ocasionada por compuestos insolubles (Akubor, 1997). Por lo tanto, no es recomendable su aplicación en la elaboración de productos como: embutidos, mayonesas y condimentos manufacturados, especialmente en productos que requieran calentamiento.

CONCLUSIONES

Los FAN de las semillas de frutopán analizadas no variaron significativamente con la localidad ni con los tratamientos térmicos aplicados, en tanto que las PF si fueron afectadas por dichos factores. La CAA disminuyó al aumentar la temperatura de secado a 95°C y la CCAc descendió con la cocción y el secado. Por su parte, sobre la AE y la EE influyó la interacción triple (tiempo de cocción x temperatura de secado x localidad), siendo los valores menores en las muestras cocidas. Todas las harinas de frutopán evaluadas presentaron valores de FAN bajos y de CAA y CAAc adecuados, por lo que podrían ser utilizadas en la elaboración de una gran variedad de alimentos artesanal o industrialmente procesados, como productos cárnicos,

de panadería, pastelería y otros. De allí, la conveniencia de incentivar el cultivo de frutopán, rubro con un apropiado potencial para la elaboración de alimentos.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH) de la Universidad Central de Venezuela se agradece el financiamiento de esta investigación, así como a todas aquellas personas que colaboraron con la ejecución de este trabajo.

LITERATURA CITADA

- Akubor, P. 1997. Proximate composition and selected functional properties of African breadfruit and sweet potato flour blends. *Plant Foods Human Nutr.* 51: 53-60.
- Akubor, P; P. Isolokwu; O. Ugbane; I. Onimawo. 2000. Proximate composition and functional properties of African breadfruit kernel and flour blends. *Food Research Intern.* 33: 707-712.
- Akubor, P; G. Badifu. 2004. Chemical composition, functional properties and baking potential of African breadfruit kernel and wheat flour blends. *J. Food Sci. Technol.* 39: 223-229.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1997. *Official Methods of Analysis*. AOAC International. 16ta ed. Gaithersburg, EUA. 1298 p.

- Atmout, J; Chanaka, R; Buchan, W; Grant G. 1998. Protease inhibitor and lectins in soya beans and effects of aqueous heat-treatment. *J. Sci. Food Agric.* 78: 225-231.
- Bhandari, M; J. Kawabata. 2006. Cooking effects on oxalate, phytate, trypsin and a amylase inhibitors of wild yam tubers of Nepal. *J. Food Comp. Anal.* 19: 524-530.
- Chau, C; C. Cheung. 1998. Functional properties of flours prepared from three Chinese indigenous legume seeds. *Food Chem.* 61: 429-433.
- Chel-Guerrero, L; V. Perez; D. Betancur; G. Dávila. 2002. Functional properties of flours and protein isolate from *Phaseolus lunatus* and *Canavalia ensiformis* seeds. *J. Agric. Food Chem.* 50: 584-591.
- Dench, J; N. Rivas; J. Caygill. 1981. Selected functional properties of sesame (*Sesamun indicum* L.) flour and two protein isolates. *J. Sci. Food Agric.* 32: 557-564.
- Elizalde, A; Y. Porrilla; D. Chaparro. 2009. Factores antinutricionales en semillas. *Rev. Fac. Cien. Agrop. (Unicauca, Colombia)* 7: 45-54.
- Fagbemi, T; A. Oshodi; K. Ipinmoroti. 2005. Processing effects on some antinutritional factors and *in vitro* multienzyme protein digestibility (IVPD) of three tropical seeds: breadnut (*Artocarpus altilis*), cashewnut (*Anacardium occidentale*) and fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis*). *Pakistan J. Nutr.* 4: 250-256.
- Fasasi, O; A. Eleyinmi; A. Fasasi; O Karim. 2004. Chemical properties of raw and processed breadfruit (*Treculia africana*) seed flour. *J. Food Agric. Environ.* 2: 65-68.
- Fasasi, O; A. Eleyinmi; M. Oyarekua, M. 2007. Effect of some traditional processing operations on the functional properties of African breadfruit seed (*Treculia africana*) flour. *LWT. J. Food Sci. Technol.* 40: 513-519.
- Giami, S; M. Adindu; M Okuso; J. Emelike. 2000. Compositional, functional and storage properties of flours from raw and heat processed African breadfruit (*Treculia africana* Decne) seeds. *Plants Foods Human Nutr.* 55: 357-368.
- Giami, S, M. Adindu; A. Hart; E. Denenu. 2001. Effect of heat processing on *in vitro* protein digestibility and some properties of African breadfruit (*Treculia africana* Decne) seeds. *Plants Foods Human Nutr.* 56: 117-126.
- Hall, G; O. Iglesias. 1997. Functional properties of dried milk whey. *Food Sci. Techn. Intern.* 3 : 381-383.
- Kinsella, E. 1976. Functional properties of protein in foods: A survey. *J. Food Sci. Nutr.* 7: 219-280.
- Kinsella, J. 1979. Functional properties of soy proteins. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 56: 242-258.
- Mahmoud, M. 1994. Physicochemical and functional properties of protein hydrolysates in nutritional products. *Food Technology.* 48:89-95.
- Nuñez, J; Ortiz de Bertorelli, L; Graziani de Fariñas, L; Ramírez, A; Trujillo, A. 2011. Caracterización del fruto y semilla de frutopan (*Artocarpus camansi* Blanco). *Bioagro* 23: 51-56.
- Nwabueze, T. 2007. Effect of process variables on trypsin inhibitor activity (TIA), phytic acid and tannin content of extruded African breadfruit-corn-soy mixtures: A response surface analysis. *J. Food Sci. Technol.* 40: 21-29.
- Oshodi, A; K. Ipinmoroti; T. Fagbemi. 1999. Chemical composition, amino acid analysis and functional properties of breadnut (*Artocarpus altilis*) flour. *Nahrung.* 43: 402-405.
- Pacheco, E.; N., Rivas. 1992. Efecto de la hidrólisis con tripsina y pepsina sobre las propiedades funcionales de la harina de ajonjolí. *Rev. Fac. Agron.* 18:107-117.
- Pointillart, A. 1994. Phytates, phytases: leur importance dans l'alimentation des monogastriques. *Prod. Anim.* 7: 29-39.
- Prazuela, C. 2003. Propiedades funcionales de harinas y concentrados proteínicos de caraota blanca (*Phaseolus linearis* L) y arveja amarilla (*Pisum sativum* L). Trabajo especial de grado. Universidad Central de Venezuela. Fac. Agronomía. Maracay, Venezuela. 71 p.
- Smith, C; W. Megen; L. Twaalfhaven; C. Hitchcock. 1980. The determination of trypsin inhibitor levels in food stuffs. *J. Sci. Food Agric.* 34: 341-350.
- SAS (Statistical analysis systems). 1998. SAS/STAT User's Guide. Release 6.132 edition. SAS Institute Inc. Cary, EUA. 1028 p.
- Sucre, D. 2003. Delimitación de áreas ecogeográficas del estado Aragua. *Fundacite Aragua, Maracay, Venezuela.* 77 p.
- Venktesh, A; V. Prakash. 1993. Functional properties of the total proteins of sunflower (*Helianthus annuus* L) seed-effect of physical and chemical treatments. *J. Agric. Food Chem.* 41: 18-23.
- Wang, J; J. Kinsella. 1976. Functional properties of novel proteins: alfalfa leaf protein. *J. Food Sci.* 41: 286-292.