

Caracterización química de la harina del fruto de *Prosopis spp.* procedente de Bolivia y Brasil

Abel González Galán, Angelita Duarte Corrêa, Celeste maria Patto de Abreu, Maria de Fatima Piccolo Barcelos

Universidad Federal de Lavras, Lavras- MG, Brasil, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM), Santa Cruz de la Sierra, Bolivia

RESUMEN. Los frutos maduros de tres especies de algarroba procedentes de Bolivia (*Prosopis chilensis* (Molina) Stunz, *P. alba* Grisebach y *P. nigra* (Grisebach) Hieronymus) y una de Brasil (*P. juliflora* (SW) DC) fueron estudiadas para determinar algunos factores nutricionales y antinutricionales. *P. nigra* presentó los niveles mas elevados de proteína bruta (11,33 g/100g materia seca-MS), cenizas (4,12 g /100g MS) y *P. juliflora* los menores niveles de lípidos (0,79 g /100g MS), proteína bruta (8,84g / 100g MS), fibra alimentaria (40,15 g/100g MS), el nivel más elevado de azúcares no reductores (52,51 g/100g MS) y la mayor digestibilidad* proteica *in vitro* (66,45%). La cantidad de inhibidor de tripsina (0,29 a 9,32 UTI / mg MS) fue inferior al de la soya cruda, en la cual la *P. juliflora* se destacó. Con relación a la saponina, hemaglutinina y polifenoles, los niveles encontrados son considerados bajos. Los niveles encontrados de nitrato son más elevados que los reportados en arvejas y frijoles, siendo la *P. chilensis* la que presentó el mayor valor (2,92g NO₃ /kg MS). Los niveles de fitatos en las muestras variaron de 1,31 a 1,53 g/100 g MS.

Palabras clave: *Prosopis* sp., fruto de algarroba, harina, nutriente, antinutriente.

INTRODUCCION

En Bolivia existe un árbol llamado cupesí, el cual recibe también los nombres de algarroba, mesquite, huarango, tacco y ong, perteneciente a la familia Fabaceae, la cual agrupa varias especies entre ellas *Prosopis chilensis*, *P. alba* y *P. nigra* y otras que crecen en la zona del Chaco, región que es compartida con Argentina y Paraguay. En la región nordestina de Brasil existe otra especie llamada *algarrobeira* (*P. juliflora*). Tanto en Brasil como en Bolivia, estas especies son encontradas de forma silvestre en regiones con poca precipitación.

Los frutos de las *Prosopis spp.* son considerados como importantes recursos alimenticios para humanos y animales en regiones áridas y semiáridas del mundo, con un contenido de proteínas entre 11 y 17 g/100g MS teniendo como aminoácidos limitantes tirosina y metionina/cistina y de 13 a 34 g/100g MS de carbohidratos, siendo el principal azúcar la sacarosa (1). Bravo et al. (2) indican en la pulpa de la vaina del *P. pallida*, niveles en g / 100 g MS, de proteína: 4,01, extracto etéreo: 0,71, cenizas: 3,67. Los frutos de la algarroba

SUMMARY. Chemical characterization of integral flour from the *Prosopis spp.* of Bolivia and Brazil. The mature fruits of three species of algarroba found in Bolivia (*Prosopis chilensis* (Molina) Stunz, *P. alba* Grisebach y *P. nigra* (Grisebach) Hieronymus) and of one of Brazil (*P. juliflora* (SW) DC) were analysed for some nutritional and antinutritional factors. *P. nigra* showed the highest levels of crude protein (11.33 g/100g dry matter-DM) and ashes (4.12 g/100g DM). *P. juliflora* presented the lowest levels of lipids (0.79 g/100 g DM), crude protein (8.84 g/100 g DM) and dietary fiber (40.15 g/100g DM), and the highest levels of non reducing sugar (52.51 g/100 g DM) and *in vitro* protein digestibility (66.45%). Trypsin inhibitors concentration (0.29 to 9.32 UTI / mg DM) was inferior to that of raw soy; *P. juliflora* presented the higher values. Regarding saponin, hemagglutinin and poliphenol values, the levels found are considered low. As for nitrates, the levels found were higher than those reported for peas and beans, with *P. chilensis* presenting the highest value (2.92 g NO₃ /kg DM). The levels of phytate varied from 1.31 a 1.53 g/100 g.

Key words: *Prosopis* sp., algarroba pod, flour, nutrient, antinutrient.

P. chilensis presentan contenido de proteína de 11,48 g / 100 g MS y carbohidratos de 59 g/100 g MS (3).

Las leguminosas en general presentan factores antinutricionales y otras sustancias nocivas a la salud que imposibilitan la utilización de todo su potencial nutritivo por el organismo (4). De esta forma, granos no convencionales con uso potencial en la alimentación, deben ser analizados en dietas animales antes de su utilización en dietas humanas.

A pesar de que la harina de la vaina del *Prosopis* sea ampliamente utilizada en la elaboración de bebidas, dulces y substitutos del café (1,2,5), los trabajos relacionados al estudio de los antinutrientes en la harina son muy escasos. Las semillas de *P. chilensis* presentan niveles de fenoles libres totales mayores que muchas variedades de arvejas y niveles elevados de ácido fítico (6). Por otro lado, la mayoría de las ovejas alimentadas exclusivamente con los frutos de algarroba mueren (7).

El objetivo de este trabajo fue caracterizar los nutrientes y antinutrientes de la harina integral del fruto de tres especies de algarroba procedentes da Bolivia y una del Brasil.

MATERIALES Y METODOS

Materia prima

Se utilizaron los frutos (vainas y semillas) de tres especies de algarroba procedente de Bolivia, *Prosopis chilensis* (Molina) Stunz, *P. alba* Grisebach y *P. nigra* (Grisebach) Hieronymus y una especie procedente del Brasil: *P. juliflora* (SW) DC.

Los frutos maduros de las algarobas (*P. chilensis*, *P. alba* e *P. nigra*) fueron recogidos a mano entre los meses de octubre 2006 y febrero 2007 en Santa Cruz de la Sierra, Cordillera y Vallegrande en la región suroeste de Bolivia, y las de *P. juliflora* en Campina Grande, Paraiba, Brasil. Los frutos separados en 5 repeticiones fueron sometidos a secado en estufa de circulación de aire a 50°C por 72 h ± 24 h en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Salud Humana de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (Santa Cruz de la Sierra, Bolivia) y de Bioquímica del Departamento de Química de la Universidad Federal de Lavras (Lavras, Minas Gerais, Brasil).

Los frutos secos fueron procesados en molino de cuchillo del Laboratorio de Bioquímica del Departamento de Química de la Universidad Federal de Lavras (UFLA) y del Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT-Santa Cruz de la Sierra, Bolivia), obteniéndose harina integral del fruto de la algarroba (HIFA).

Análisis químico

Composición centesimal

La determinación del contenido de humedad, proteínas, extracto etéreo, cenizas, fibra alimentaria total (FA), fibra soluble (FS) y fibra insoluble (FI) se realizó de acuerdo con la metodología especificada por la AOAC (8).

Azúcares

El contenido de azúcares fue determinado utilizando el método de Somogy-Nelson (9, 10).

Digestibilidad proteica *in vitro*

La digestibilidad proteica *in vitro* fue realizada mediante una combinación de dos métodos (11,12) utilizándose una cantidad de muestra proporcional a 8 mg de nitrógeno y una digestión con pepsina en medio ácido por una hora seguida de una digestión con pancreatina en medio neutro por tres horas. La digestibilidad encontrada de la caseína fue considerada como patrón.

Antinutrientes

Saponina

La saponina fue extraída con etanol por agitación continua, a temperatura ambiente. La cantidad de saponina fue

determinada por la reacción de la saponina con el anisaldehído, en medio ácido, produciendo un compuesto de color rojo, cuyo pico de absorbancia ocurre en 430 nm (13). La digitonina fue utilizada como patrón.

Hemaglutinina

La actividad hemaglutinante fue determinada, mediante extracción de las hemaglutininas de las harinas empleándose solución salina, en agitación a temperatura ambiente (14). El análisis fue realizado en placa de micro titulación, haciéndose una serie de diluciones en la base 2 y, adicionando una suspensión de eritrocitos 2% (sangre humana A, Rh+), siendo los resultados expresados en número de unidades hemaglutinantes (UH), que es calculado a partir del inverso del título de la mayor dilución, en la base 2, que aun presentó aglutinación visible. Por ejemplo: considerando una dilución 2⁴, el título es igual a 1/16, y el volumen de la muestra utilizado en el ensayo de 100µL, la UH es de 16 UH / 100 µL.

Inhibidor de tripsina

La extracción fue realizada con solución de NaOH a 0,1 mol L⁻¹ en agitación continua. Después del centrifugado, una alícuota del sobrenadante fue usada en el ensayo enzimático empleando BApNA (bensoil-DL-arginina-p-nitroanilida) como sustrato y la enzima tripsina. Si existe inhibidor en la muestra, este inhibe la acción de la tripsina sobre el BApNA. La lectura fue realizada a 410 nm. La actividad del inhibidor de tripsina se expresa en términos de unidad de tripsina inhibida (UTI) (15).

Polifenoles

La extracción de los polifenoles fue realizada con metanol 50 mL / 100 mL en reflujo por tres veces consecutivas. Los extractos de cada extracción fueron reunidos, evaporados hasta volumen de 25 mL y sometidos a determinación de polifenoles según Folin-Denis, usando ácido tánico como patrón (16).

Nitrato

El método utilizado en la determinación del nitrato se basa en la formación de un complejo por la nitración del ácido salicílico sobre condiciones altamente ácidas, el cual puede ser leído en espectrofotómetro a 410 nm en soluciones básicas (pH > 12), y la absorbancia del material es directamente proporcional a la cantidad de nitrato presente sin la ocurrencia de la interferencia de iones amonio, nitrito o cloro (17).

Oxalato

El ácido oxálico fue extraído en caliente con ácido clorhídrico, precipitado y cuantificado por la titulación del oxalato de calcio con permanganato de potasio (18).

Fitato

El fitato fue extraído con HCl por una hora a temperatura ambiente, siendo el pH ajustado a 6,0 y la muestra centrifugada. El extracto fue eluido a través de una resina de intercambio aniónica para remover los fósforos inorgánicos y otros compuestos interferentes. El contenido de fitato fue medido usando el reactivo de Wade. Se utilizó el fitato de sodio (SIGMA) como patrón, realizando la lectura a 500 nm (19,20).

Estadística

Se realizó un diseño completamente aleatorizado, con 4 tratamientos y 5 repeticiones. El análisis estadístico de los resultados fue realizado con el programa computacional SISVAR versión 4.6 (build 62). Cuando el análisis de varianza mostró diferencia significativa, se hizo la comparación entre medias por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad (21).

RESULTADOS

En la Tabla 1 se presentan los resultados de la composición centesimal de la harina del fruto de diferentes especies de algarroba.

TABLA 1
Composición centesimal, en g / 100g materia seca, de las harinas del fruto de algarroba de diferentes especies

Especies ¹	Extracto etéreo	Proteína bruta	Cenizas	FS ²	FI ²	FA ²
<i>P. juliflora</i>	0,79±0,1 c	8,84±0,9 b	3,92±0,5 ab	5,63±0,5 a	34,53±0,9 c	40,15±1,4 c
<i>P. nigra</i>	1,18±0,1 ab	11,33±0,5 a	4,12±0,2 a	3,35±0,3 c	42,58±0,4 b	45,93±0,3 b
<i>P. chilensis</i>	1,34±0,1 a	9,02±0,6 b	3,54±0,3 bc	3,55±0,1 bc	42,73±0,5 b	46,28±0,5 b
<i>P. alba</i>	1,00±0,1 b	11,01±0,4 a	3,17±0,2 c	3,97±0,3 b	44,18±0,4 a	48,15±0,2 a
CV (%)	9,99	6,49	7,97	7,27	1,59	1,71

Las letras iguales en la misma columna indican que no existe diferencia significativa (Tukey, p = 0,05).

¹Niveles de humedad en g / 100g, *P. juliflora* = 4,22; *P. nigra* = 1,74; *P. chilensis* = 1,07 y *P. alba* = 2,14.

²FS = Fibra soluble; FI = Fibra insoluble; FA = Fibra alimentaria.

Con relación al extracto etéreo, los valores indican diferencia significativa entre las diferentes harinas, siendo que la harina de *P. juliflora* presentó la menor proporción 0,79g / 100g materia seca-MS y la *P. chilensis* la mayor 1,34 g/100g MS. El contenido de proteína bruta indicó niveles variables, la *P. juliflora* y la *P. chilensis* presentaron los menores valores y estadísticamente iguales entre ellos 8,84 y 9,02 g / 100g MS respectivamente, y para *P. alba* (11,01 g/100g MS) y *P. nigra* (11,33 g/100 g MS) reportaron valores mayores e iguales estadísticamente. Los resultados de las cenizas mostraron diferencia significativa para la *P. nigra* y la *P. alba* con valores de 4,12 y 3,17 g/100g MS, respectivamente. Las fibra alimentaria, FA, que comprende la la fibra insoluble y soluble, presentó niveles mas elevados en las algarrobas bolivianas que en la brasilera (*P. juliflora*), destacándose la harina de *P. alba* con un valor de 48,15 g/100 g MS. La harina de *P. juliflora* mostró el nivel mas elevado de FS y menor de FI. Entre la *P. nigra* y *P. chilensis* no existe diferencia significativa en la FS,

FI y FA, y en FI la *P. alba* alcanzó el mayor nivel con 44,18 g / 100 g MS.

En relación con los azúcares, la *P. juliflora* se destacó con cantidades mucho más elevadas que las de Bolivia, confirmado por el mayor valor de azúcares no reductores (52,51 g / 100 g MS) (Tabla 2). Las HIFA de Bolivia presentaron un nivel menor de estos azúcares, pero, fueron estadísticamente iguales entre si.

En la Tabla 3 son presentados los resultados de los factores antinutricionales y de la digestibilidad proteica *in vitro* de la HIFA de diferentes especies de algarroba. Los niveles encontrados de saponina y hemaglutinina son considerados bajos, aunque la *P. nigra* presentó el mayor nivel de saponina (0,16 g saponina / 100 g MS) y la *P. juliflora* la mayor actividad hemaglutinante (1,0 UH / 100 µL). El contenido de inhibidor de tripsina de la harina de las algarrobas fue estadísticamente diferente entre las especies y varió de 0,29 (*P. chilensis*) a 9,32 (*P. juliflora*) UTI / mg MS.

TABLA 2
Azúcares (g / 100 g materia seca) en las harinas del fruto de algarroba de diferentes especies

Especies	Azúcares totales	Azúcares no reductores	Azúcares reductores
<i>P. juliflora</i>	57,37±2,8 a	52,51±2,6 a	2,12±0,1 c
<i>P. nigra</i>	45,07±0,6 b	39,71±0,6 b	3,27±0,1 a
<i>P. chilensis</i>	43,83±2,4 bc	39,01±2,4 b	2,77±0,2 b
<i>P. alba</i>	40,28±2,2 c	36,46±2,3 b	1,90±0,2 c
CV (%)	4,86	5,33	7,36

Las letras iguales en la misma columna indican que no existe diferencia significativa (Tukey, $p = 0,05$).

TABLA 3
Factores antinutricionales y digestibilidad proteica *in vitro* de la harina del fruto de algarroba de diferentes especies

Especies	Saponina g / 100 g MS	Actividad hemaglutinante UH* / 100 µL	Inhibidor de tripsina UTI** / mg MS	Polifenoles mg ácido tánico / 100 g MS	Nitrato g / kg MS	Oxalato mg / 100 g MS	Fitatos g / 100 g MS	Digestibilidad proteica %
<i>P. juliflora</i>	0,08±0,01 b	1,0	9,32±0,02 a	0,49±0,005 b	2,69±0,2 ab	56,97±2,2 a	1,42±0,03 b	66,45±1,83 a
<i>P. nigra</i>	0,16±0,01 a	0,5	0,49±0,03 b	0,54±0,01 a	2,55±0,05 b	44,47±3,2 b	1,53±0,04 a	60,97±3,52 b
<i>P. chilensis</i>	0,08±0,01 b	ND‡	0,29±0,04 c	0,40±0,01 d	2,92±0,3 a	54,11±3,6 a	1,31±0,03 c	45,57±2,13 d
<i>P. alba</i>	0,08±0,004 b	0,5	0,44±0,02 b	0,43±0,01 c	2,83±0,2 ab	44,65±3,2 b	1,34±0,05 c	55,37±1,89 c
CV (%)	9,54	-	1,44	2,04	6,56	6,22	2,79	4,55

Las letras iguales en la misma columna indican que no existe diferencia significativa (Tukey, $p = 0,05$).

*UH = Unidad hemaglutinante, calculada a partir del inverso del título de la mayor dilución, en la base 2, que aún presentó aglutinación visible utilizando sangre tipo A RH⁺.

‡ND = No detectado, ** UTI = Unidades de tripsina inhibida.

Los resultados encontrados de polifenoles variaron de 0,40 a 0,54 mg de ácido tánico / 100g MS, siendo estos valores estadísticamente diferentes entre las harinas estudiadas. En el caso del nitrato los valores mostraron diferencia significativa solamente entre las especies *P. chilensis* (2,92 g NO₃⁻ /kg MS) y *P. nigra* (2,55 g NO₃⁻ /kg MS). Los resultados encontrados de fitato en la HIFA mostraron niveles de 1,31 a 1,53 g/100 g MS, correspondiéndole a la harina de *P. nigra* el valor mas elevado. Con relación a la digestibilidad proteica *in vitro*, los valores variaron de 66,45% a 45,57%, el primero de ellos alcanzado por la *P. juliflora*.

DISCUSION

Los resultados de la composición centesimal de las HIFA mostraron variabilidad entre las especies. Se observó un bajo contenido de extracto etéreo. En un estudio con la pulpa de la *P. alba* y *P. pallida* (22) se encontraron niveles de extracto

etéreo de 2,2 y 0,8 g/100g MS, respectivamente. Los resultados del presente trabajo están entre los valores citados.

Según estudios anteriores (1), los frutos de *Prosopis velutina* presentaron contenido de proteína bruta de 12g / 100g MS; en otro estudio (5) se relatan niveles de 9,7 ± 0,43 g/100g MS para *P. alba*. Analizando *P. juliflora* (23), reportaron 9,88 g/100g MS para la harina de los frutos. Por tanto, los valores encontrados de proteína en las especies estudiadas se asemejan a los reportados en la literatura.

Prokopiuk et al. (22), indican un contenido de cenizas en la pulpa de *P. Alba* de 4,21 g/100g MS, siendo éste valor mayor al obtenido en la harina integral del fruto de *P. Alba*. Silva et al. (23) informan para la *P. juliflora* (23) de 3,82 g/100 g MS, resultado éste muy semejante al encontrado en el presente trabajo (3,92 g/100 g MS).

Trabajos realizados con estas especies (2,23) solo reportan resultados de fibra bruta, la cual subestima el verdadero aporte de las harinas en fibra alimentaria. Otros trabajos (5,22)

indican tenores de fibra alimentaria para la harina de pulpa de *P. alba* que revelan contenidos bastante menores (21,00 a 35,66 g/ 100g MS) comparados con la harina aquí estudiada.

El aporte de fibra alimentaria de la HIFA es muy superior a la reportada para el acai (24) (20,00 a 30,90 g/100g), fresas, higos, guayabas y dátiles (25), así como harina de trigo integral y afrecho de arroz (26), son señalados como fuentes de fibra, lo cual indica que la harina integral del fruto de algarroba es una rica fuente de fibra alimentaria.

En relación con los azúcares, la *P. juliflora* presenta cantidades mucho más elevadas de azúcares no reductores que las de Bolivia (52,51 g/100g MS) (Tabla 2); este valor fue menor al reportado en la caracterización de harina de la pulpa de algarroba (59,98 g/100g MS) (23). Cuando se comparan los azúcares totales de este trabajo con los presentados para la harina de sorgo (27) con tenores de 56,84 a 68,85 g/100g MS, se observa que son próximos a *P. juliflora* y menores en las harinas provenientes de Bolivia. Estos valores de azúcares encontrados nos permiten afirmar que este fruto presenta una gran perspectiva para su industrialización, ya sea como materia prima para la producción de alimentos destinados a humanos o en la producción de combustible biológico a partir de la fermentación de los frutos y obtención de alcohol.

Con relación a los antinutrientes, comparando los valores encontrados de saponina en la harina del fruto de la algarroba con los reportados en la quinua (28), en las formas silvestres y las variedades amargas, estas presentaron contenido máximo de 2,8 g/100 g MS, que, comparado con las exigencias actuales del mercado que fijan como valor límite 0,05 g/100 g, es extremadamente alto. En otro trabajo (29) fueron reportados valores de 2.16 y 1.32 g/100 g MS en los granos de arroz y de frijoles, respectivamente, siendo estos valores mucho mayores a los encontrados en las harinas de este trabajo. Altas dosis de saponinas en el torrente sanguíneo pueden ser peligrosas, ya que pueden provocar hemólisis (30).

Se detectaron valores bajos de actividad hemaglutinante en las especies *P. juliflora*, *P. nigra* y *P. alba*, mientras que *P. chilensis* no mostró actividad. El simple hecho de presentar actividad hemaglutinante baja no nos permite descartar la posibilidad de estar frente a una lectina tóxica. Las lectinas disminuyen la absorción de nutrientes, provocan pérdida de proteína, rápida pérdida de peso e inhibición de crecimiento (31); además, muestran capacidad de inhibir varias enzimas intestinales (32).

El contenido de inhibidor de tripsina de las HIFA fue inferior al encontrado en frijoles silvestres, 28 UTI / mg de muestra (33), siendo que la *P. juliflora* mostró valores parecidos al del fríjol cultivado, 9 a 15 UTI / mg de muestra (34), y las demás especies presentaron valores menores. La presencia de este antinutriente muestra la especificidad de inhibir las enzimas proteolíticas y, consecuentemente, reduce la digestión proteica de los alimentos, disminuyendo la

ganancia de peso y crecimiento de los animales (35).

La concentración de polifenoles fue estudiada en 20 familias de frijoles comunes (36), encontrando tenores de 257,91 a 1.446,80 mg ácido tánico /100g MS, siendo estos extremadamente altos comparados con los resultados alcanzados para las HIFA. Los polifenoles, son mencionados con frecuencia como los mayores limitantes del valor nutritivo de leguminosas, ya que en estudios con animales alimentados con dietas ricas en polifenoles presentaron reducción de la ingesta de alimentos y bajo cociente de eficiencia proteica (37).

En el caso de nitrato, un estudio con espinacas (38) mostró un contenido medio de nitrato en espinaca producida en invierno de 3,79 g NO₃⁻/kg materia fresca (MF) y en las otras estaciones entre 4,12 y 4,33 g/kg MF, niveles éstos mucho más elevados que los encontrados para las algarrobas.

El nivel de ácido oxálico en las HIFA fue inferior al encontrado en la espinaca (820 mg/100g MF), y superior a los de coliflor (6 mg/100 g MF), col (7,3 mg/100 g MF), manzana con cáscara (3 mg/100g MF), té negro (0,69 mg/100 g MF) y escarola (10 mg/100 g MF) (39). La presencia de oxalato en alimentos ha sido asociada a la reducción de minerales esenciales como el calcio, además de afectar la absorción de hierro, magnesio y zinc (40).

En un estudio con mezclas de trigo, maíz, cáscara de huevo y hojas de yuca (41), se encontraron contenidos de fitato de 1,61 a 2,25 g/100 g MS; y otro estudio con harina estabilizada de cáscara de arroz (42) alcanzó valores de 7,53 g/100 g MS, mayores a los encontrados en este estudio. Saharan et al. (29) reportaron en granos de frijoles, 1.01 g/100 g MS, valores menores a los de la harina de algarroba. La capacidad que presenta el ácido fítico de formar complejos insolubles con minerales puede interferir en la biodisponibilidad de algunos de ellos como zinc, calcio y hierro, contribuyendo de esta forma a una disminución del valor biológico de los alimentos (43).

Un trabajo anterior (7) indica una digestibilidad mayor para *P. juliflora* (74%) y para *P. nigra* (62,16%) y *P. alba* (62%), valores semejantes a los encontrados en este trabajo. La *P. chilensis* mostró la menor digestibilidad proteica *in vitro* (45,57%), la cual es menor a la reportada en un estudio realizado al momento de la cosecha (3) (71,18%) y que disminuye con el tiempo de almacenamiento sin protección, alcanzando una digestibilidad de 30%.

CONCLUSION

Entre las HIFA estudiadas, la *P. nigra* y *P. alba* se destacaron por su contenido en proteína, fibra e bajos niveles de los antinutrientes estudiados, mientras que la *P. juliflora* se destacó en su composición de azúcares totales.

En el caso de las sustancias antinutricionales, las estudiadas

en el presente trabajo no representan un riesgo para la población, ya que los valores encontrados no interfieren en la utilización nutricional de las mismas, una vez que estos tienden a disminuir durante el procesamiento de los alimentos. Otros parámetros deben ser estudiados para determinar el potencial nutraceutico y tecnológico del fruto de la algarroba como nuevo sustituto de alimentos tradicionales destinados a poblaciones específicas, aprovechando su potencial en fibra y dulzura natural.

AGRADECIMIENTOS

A Capes-Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior por la beca de Doctorado PEC-PG al primer autor.

A la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (Santa Cruz de la Sierra, Bolivia) por permitir la realización del Curso de Doctorado al primer autor.

REFERENCIAS

- Meyer D, Becker R, Gumbmann, MR, Vohra P, Neukom H, Saunders M. Processing, composition, nutritional evaluation, and utilization of Mesquite (*Prosopis spp.*) pods as a raw material for the food industry. *J Agric Food Chem.* 1986; 34: 914-9.
- Bravo L, Grados N, Saura-Calixto F. Characterization of syrups and dietary fiber obtained from mesquite pods (*Prosopis pallida* L). *J Agric Food Chem.* 1998; 46: 1727-33.
- Silva MP, Martinez MJ, Coirini R, Brunetti MA, Balzarini M, Karlin, U. Valoración nutritiva del fruto del algarrobo blanco (*Prosopis chilensis*) bajo distintos tipos de almacenamiento. *Multequina.* 2000; 9: 65-74.
- Proll J, Petzke J, Ezeagu EI, Metges CC. Low nutritional quality of unconventional tropical crop seeds in rats. *J Nutr* 1998; 128: 2014-22.
- Bernardi C, Drago S, Sabbag N, Sanchez H, Freyre M. Formulation and sensory evaluation of *Prosopis alba* (algarroba) pulp cookies with increased iron and calcium dialyzabilities. *Plant Foods for Human Nutrition.* 2006; 61: 39-44.
- Vijayakumari K, Siddhuraju P, Janardhanan K. Effect of domestic processing on the level of certain antinutrients in *Prosopis chilensis* (Molina) Stunz. *Seeds. Food Chem* 1997; 59: 367-71.
- Galera FM. Los algarrobos, Córdoba. 1era ed. Córdoba: Graziani Gráfica; 2000.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2000. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists International. 17th Ed. Editor Horwitz, W. Maryland, USA.
- Somogyi M. Notes on sugar determination. *J Biol Chem.* 1952; 195: 19-23
- Southgate DAT. Determination of foods carbohydrates. London: Elsevier Applied Science; 1991.
- Akeson WR, Stahmann MA. A pepsin pancreatin digest index of protein quality evaluation. *J Nut.* 1964; 83: 257-61.
- Mauron, J. The analysis of food proteins: amino acid composition and nutritive value. In: Porter JWG, Rolls BA, editors. *Proteins in human nutrition.* London: Academic Press, 1973; p.139-154.
- Baccou JC, Lambert F, Sauvaire, Y. Spectrometric method for the determination of total steroidal sapogenin. *Analyst.* 1977; 102: 458-65.
- Calderón de La Barca AM, Ochoa JL, Valencia, ME. Effect of extraction of a hemagglutinin on the nutritive value of *Amaranthus leucocarpus* seeds. *J Food Sc.* 1985; 50:1700-72.
- Kakade, ML, Rackis JJ, Meghee JE, Puski G. Determination of trypsin inhibitor activity of soy product: a collaborative analysis of an improved procedure. *Cereal Chem* 1974; 51: 376-382.
- Goldstein JL, Swain T. Changes in tannins in ripening fruits. *Phytochemistry.* 1963; 2: 371-83.
- Cataldo DA, Haroon M, Schrader LE, Young VL. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 1975; 6: 71-80.
- Loures A, Jokl L. Microtécnica para determinação de ácido oxálico em folhas e derivados. In: Encontro Nacional de Analistas de Alimentos. Curitiba: Instituto de Tecnologia do Paraná; 1990. p. 59.
- Frühbeck G, Alonso R, Marzo F, Santidrián S. A Modified method for the indirect quantitative analysis of phytate in foodstuffs. *Anal Biochem* 1995; 225: 206-12.
- Latta M, Eskin M, A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. *J Agric Food Chem.* 1980;28:1313-15.
- Ferreira DF. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: 45a Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria. São Carlos: UFSCar. 2000. p. 255-58.
- Prokopiuk D, Cruz D, Grados N, Garro O, Chirat A. Estudio comparativo entre frutos de *Prosopis alba* y *Prosopis pallida*. *Multequina.* 2000; 9: 35-45.
- Silva CGM, Melo-Filho AB, Pires EF, Stamford TLM. Caracterização físico-química e microbiológica da farinha de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC). *Ciênc Tecnol Aliment.* 2007; 27: 733-36.
- Sanabria, N, Sangronis E. Caracterización del açai o manacá (*Euterpe olerácea Mart.*): Um fruto del Amazonas. *Arch Latinoamer Nutr* 2007; 57:94-99.
- Ramulu P and Udayasekhara Rao P. Total, insoluble and soluble dietary fiber contents of Indian fruits. *J Food Comp Anal* 2003; 16:677-685.
- Sangronis E, Rebolledo MA. Fibra dietética soluble, insoluble y total en cereales, productos derivados de su procesamiento y en productos comerciales a base de cereales. *Arch Latinoamer Nutr* 1993; 43:258-263.
- Souza CC, Dantas JP, Silva SM, Souza VC, Almeida FA, Silva LE. Produtividade do sorgo granífero e qualidade de produtos formulados isoladamente ou combinados ao caldo de cana-de-açúcar. *Ciênc Tecnol Aliment.* 2005; 25: 512-17.
- Forturbel RF. Problemática de la producción y comercialización de *Chenopodium quinoa* W. (Chenopodiaceae), debido a la presencia de saponinas. *Ciencia Abierta* 2003; 21:1-10.

29. Saharan K, Khetarpaul N, Bishnoi S. Antinutrients and protein digestibility of fababean and ricebean as affected by soaking, dehulling and germination. *J Food Sci Tech* 2002; 39: 418-422.
30. Martins ER, Castro DM, Castellani DC, Dias JE. *Plantas Medicinais*. Viçosa: UFV; 1995.
31. Sgarbieri V C. *Alimentação e Nutrição: fator de saúde e desenvolvimento*. São Paulo: Almed; 1987.
32. Vasconcelos J M, Oliveira J T A. Antinutritional properties of plant lectins. *Toxicon* 2004; 44: 385-403.
33. Sotelo A, Sousa H, Sanchez M. Comparative study of the chemical composition of wild and cultivated beans (*Phaseolus vulgaris*). *Plant Foods Human Nutr.* 1995; 47: 93-100.
34. Fernandez R, Elias LG, Braham E, Bressani R. Trypsin inhibitors and hemagglutinins in beans (*Phaseolus vulgaris*) and their relationship with the content of tannins and associated polyphenols. *J Agric Food Chem.* 1982; 30: 734-39.
35. Miura EMY, Binotti MAR, Camargo DS, Mizubuti IY, Ida EI. Avaliação biológica de soja com baixas atividades de inibidores de tripsina e ausência do inibidor Kunitz. *Arch Latinoamer Nutr* 2001; 51:195-198.
36. Mendça CVCE, Abreu CMP, Corrêa AD, Santos CDD, Morais, ARD. Quantificação de polifenóis e digestibilidade protéica de famílias de feijoeiro comum. *Ciênc Agrotec* 2003; 27: 858-864.
37. Deshpande SS, Salunkhe DK. Interactions of tannic acid and catechin with legume starches. *J Food Sci* 1982; 47:2080-2083.
38. Kaminishi A, Kita N. Seasonal change of nitrate and oxalate concentration in relation to the growth rate of spinach cultivars. *HortScience.* 2006; 41: 1589-95.
39. Franco G.V.E. *Tabela de composição química dos alimentos*. São Paulo: Atheneu; 1992.
40. Lindner E. *Toxicología de los alimentos*. Zaragoza: Acribia; 1995.
41. Nappi GU, Ribeiro-Cunha MR, Coelho JV, et al. Validação de métodos para determinação dos ácidos fítico e oxálico em multimistura. *Ciênc Tecnol. Aliment.* 2006; 26: 811-20.
42. Cuneo F, Amaya-Farfan J, Carraro F. Distribuição dos fitatos em farelo de arroz estabilizado e tratado com fitase exógena. *Ciênc Tecnol Aliment.* 2000; 20: 94-8.
43. Serrano J, Goni I. Papel del frijol negro *Phaseolus vulgaris* en el estado nutricional de la población guatemalteca. *Arch Latinoamer Nutr* 2004; 54:36-44.

Recibido: 15-04-2008

Aceptado: 11-09-2008