

Raíces de ahipa (*Pachyrhizus ahipa*): calidad nutricional y usos potenciales como alimento diferenciado

Dini, Cecilia; Doporto María Cecilia; García, María Alejandra; Viña, Sonia Zulma
CIDCA (Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecología de Alimentos) - Facultad de Ciencias Exactas
Universidad Nacional de La Plata (UNLP) - CONICET. La Plata, Buenos Aires. Argentina. ceciliadini@yahoo.com.ar



Introducción

El rescate de especies vegetales que podrían cultivarse con múltiples propósitos (uso alimentario humano, ganadero, agroindustrialización, recuperación de suelos, entre otros) implica potenciales beneficios económicos y agroecológicos, relacionados con la diversificación de cultivos y la generación de materias primas y productos elaborados alternativos.

Desde un punto de vista alimentario y nutricional, la investigación y el desarrollo tecnológico se enfrentan con la necesidad de contribuir a resolver problemas asociados tanto a la desnutrición en países en vías de desarrollo como a los desórdenes y enfermedades derivados de una alimentación desequilibrada y poco saludable, propios de sociedades desarrolladas.

De acuerdo con Hermann (2009) y Hermann y Heller (1997), los últimos años han mostrado interesantes ejemplos de alimentos vegetales que han cobrado relevancia en diversos sistemas de producción y mercados, tales como los 'minor millets' en India y los granos, raíces y tubérculos andinos. El renovado interés en especies subutilizadas ha sido estimulado por el hallazgo y la promoción de cualidades nutricionales relevantes (Hermann, 2009).

La mayoría de las raíces y tubérculos tropicales y subtropicales presentan buenos rendimientos, aun con un bajo nivel de insumos, y muchos de ellos muestran resistencia a factores de estrés biótico y abiótico. Algunas especies de leguminosas pertenecientes al género *Pachyrhizus* producen raíces tuberosas que acumulan almidón como compuesto mayoritario de reserva. Este género es nativo de América Central y del Sur. Las especies cultivadas son *P. tuberosus*, presente principalmente en Bolivia, Perú, Ecuador y Brasil; *P. erosus* (jacatupe), encontrado en América Central y el Caribe, y *P. ahipa* (ahipa), de los Andes de Bolivia y el Norte de Argentina (Sørensen *et al.*, 1997; Forsyth *et al.*, 2002; Zanklan *et al.*, 2007). En el caso de *P. tuberosus* se han informado rendimientos de hasta 150 ton/ha y contenidos de proteína tres a cinco veces superiores a los de otros cultivos tales como mandioca y batata. Las raíces suculentas de esta especie pueden consumirse frescas, cocidas o transformadas en harina para elaborar productos horneados (Tapia & Sørensen, 2003). *P. ahipa* fue cultivada en el pasado por la civilización incaica, declinando significativamente su producción a partir de la conquista de América (Leidi *et al.*, 2003). Si bien las raíces de *Pachyrhizus* spp pueden ser utilizadas directamente

como hortaliza fresca, es posible considerar también que tanto el cultivo como el consumo de estas especies se favorecerían si hubiera mayor número de opciones de transformación. Las raíces constituirían una materia prima potencial para la obtención de diversos productos de alto valor agregado, principalmente almidón y fibra.

Por otra parte, es sabido que muchas especies vegetales -particularmente aquéllas que no han sido sometidas a selección y mejoramiento- sintetizan compuestos que actúan como mecanismos químicos de defensa. Los mismos tienen incidencia en el uso que pueda asignarse a la planta, dado que causan toxicidad y/o afectan el valor nutritivo, la palatabilidad o la digestibilidad de otros componentes nutricionalmente relevantes. Corresponde señalar que las partes aéreas (no así las raíces) de *Pachyrhizus* spp. contienen rotenona, un compuesto químico activo con gran poder insecticida. Noman *et al.* (2007) hallaron que el contenido de factores antinutricionales en raíces de *P. erosus* fue relativamente bajo, al evaluar la presencia de fitina, taninos, lectinas (hemoaglutininas), ácido cianhídrico y la actividad de inhibidores de la tripsina. La información referida a otras especies del género *Pachyrhizus* es escasa.

En el CIDCA, los trabajos sobre *P. ahipa* se iniciaron a partir de la interacción con profesionales de la EEA INTA Montecarlo de Misiones, quienes emprendieron hacia el año 2004 diversos ensayos de adaptación de esta especie. Así, en el marco del Proyecto "Raíces y tubérculos nativos: producción, conservación y aplicaciones industriales basadas en la caracterización de propiedades fisicoquímicas, reológicas y microestructurales del almidón de ahipa", que recibió el 3° Premio CONICET - Monsanto "Animarse a emprender" en su edición 2006, se iniciaron las investigaciones referidas a la obtención y caracterización del almidón de ahipa. Actualmente se han ampliado algunas de las líneas de trabajo desarrolladas y se han abordado nuevas, en el marco del Proyecto PICT "Producción, conser-



vación, procesamiento y aplicaciones agroindustriales de raíces de ahipa (*Pachyrhizus ahipa*) y del almidón obtenido a partir de las mismas", de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT).

Los resultados aquí referidos se encuadran en algunos de los temas abordados en el mencionado Proyecto. En este caso, el objetivo fue analizar la composición química y la calidad nutricional de raíces de ahipa, evaluando la presencia de ciertos factores antinutricionales.

Materiales y métodos

Se utilizó material de *Pachyrhizus ahipa* cultivado en Misiones (INTA-Montecarlo, Argentina), perteneciente a cinco accesiones, cuatro de ellas provenientes originalmente del IRNAS-CSIC (Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología - Consejo Superior de Investigaciones Científicas, de Sevilla, España) y una de ellas de procedencia local (provincia de Jujuy).

Las raíces fueron recibidas en el CIDCA, lavadas exhaustivamente con agua corriente hasta eliminación de todo resto visible de tierra, secadas por oreo, cortadas manualmente en finas rodajas y deshidratadas a

Informes e inscripción:
info_magea@uca.edu.ar
Tel.: 4552-2711/21/24 Int. 43/44
www.uca.edu.ar/agrarias

Inicio de clases: Abril 2012
Modalidad de cursada: Viernes y sábado, cada 21 días
Carrera homologada por la SEP y Me con un 100% de reintegro



Maestría en Gestión de la Empresa Agroalimentaria
Acreditación ante CONEAU, Res. 013/06

Especialización en Gestión de la Industria Agroalimentaria (título intermedio)
Acreditación ante CONEAU, Res. 012/06



El MaCEA propone formar recursos humanos que puedan articular los conocimientos técnicos con la problemática de la gestión de la empresa agroalimentaria, incrementando su capacidad de decisión en estrategias, marketing y desarrollo de nuevos productos, entre otros temas centrales. Los métodos didácticos constituyen uno de los factores más importantes para la motivación y el aprendizaje. Durante el programa se combinarán clases teóricas con métodos activos de enseñanza, como por ejemplo dinámicas de grupos y, en particular, se hará amplio uso del análisis de casos, a fin de que el conocimiento teórico no sea aceptado sin ser confrontado con la realidad.



50–60°C hasta peso constante, a efecto de su estabilización. Las muestras desecadas fueron finamente molidas y conservadas en el interior de frascos herméticamente cerrados. Se evaluó gravimétricamente el contenido de humedad remanente, por deshidratación en estufa a 105°C hasta peso constante.

Una muestra compuesta se remitió al LISIN (Laboratorio de Investigación en el Sistema Inmune) de la Facultad de Ciencias Exactas-UNLP, donde se evaluó la presencia de prolaminas mediante ensayo competitivo, empleando anticuerpos policlonales (Chirido *et al.*, 1995). Se determinó el contenido de proteínas (método Kjeldahl) y cenizas totales (AOAC, 1990); el tenor de Ca, Mg, K, Na y Fe mediante espectroscopía de absorción y/o emisión atómica; los contenidos de almidón total y azúcares simples como glucosa, fructosa y sacarosa (mediante kits enzimáticos Megazyme®); y los niveles de fibra detergente ácido (FDA) (Robertson & Van Soest, 1981). Se investigó espectrofotométricamente la presencia de factores antinutricionales tales como taninos y fitina. Se evaluó cualitativamente la presencia de glicósidos cianogénicos, empleando tiras de papel embebidas en el reactivo de Guignard.

Resultados y discusión

Los inmunoensayos indicaron niveles de prolaminas inferiores al límite de detección de la técnica (0,1 mg/100g), por lo que podría considerarse a las raíces de ahipa como productos naturalmente libres de gluten. La enfermedad celíaca es reconocida como una enteropatía autoinmune derivada de una intolerancia permanente al gluten. Se la considera actualmente como un desorden multisistémico resultante de una respuesta inmune al gluten ingerido por individuos genéticamente predispuestos (Niewinski, 2008). Aunque se ha progresado considerablemente desde el punto de vista científico en el conocimiento de esta enfermedad y en la prevención o tratamiento de sus manifestaciones, la adhesión a una dieta estricta libre de gluten es el único

tratamiento reconocido como efectivo hasta la fecha (Niewinski, 2008). Sin embargo, esta modificación en la dieta es considerable y ha surgido inquietud sobre sus efectos a largo plazo. Varios estudios han señalado una ingesta desequilibrada de carbohidratos, proteínas y lípidos como así también de ciertos nutrientes esenciales en pacientes celíacos (Alvarez-Jubete *et al.*, 2010). Resultados de encuestas llevadas a cabo en los Estados Unidos revelan que el consumo de hierro, calcio y fibra asociado a dietas libres de gluten no resultaría adecuado (Thompson *et al.*, 2005; Alvarez-Jubete *et al.*, 2010). Esta situación marca la relevancia del estudio y desarrollo de productos libres de gluten que puedan proveer al mismo tiempo cantidades significativas de fibra, almidón y minerales.

El contenido de humedad remanente en las muestras estabilizadas (cuantificado mediante deshidratación a 105°C) estuvo comprendido entre 12,7–17,2% (Tabla 1), mientras que las raíces enteras presentan un contenido de materia seca (determinado a 60°C) igual a 23,6% en promedio (Dopporto *et al.*, 2011).

El contenido de almidón total de las raíces superó el 37% (Tabla 1). Los tenores de cenizas (2,9–3,6%) y particularmente los de proteínas totales (8–10%) resultaron superiores a los de mandioca (*Manihot esculenta*) y otras raíces y tubérculos, tales como *Dioscorea alata* (ñame de agua, ñame alado). En esta última especie se ha informado un contenido de proteína cruda igual a 7,4% (Wanasundera & Ravindran, 1994).

En cuanto al contenido de minerales esenciales, la accesión local mostró valores de potasio y hierro comparativamente bajos en relación a los de las accesiones IRNAS. Los tenores de calcio y magnesio para dicha accesión se ubicaron en valores intermedios dentro del rango correspondiente a las restantes accesiones (Tabla 2).

En el análisis de antinutrientes, se detectó presencia de fitina en todos los materiales analizados. Los valores oscilaron entre 1,0 y 1,7 mg ácido fitico/g muestra, similares a los reportados para harina de mandioca

Tabla 1 - Composición química de raíces de ahipa pertenecientes a diferentes accesiones

	Accesiones IRNAS	Accesión local
Humedad (%)	12,7 – 17,2	13,1
Cenizas totales (%)	3,2 – 8,2	2,9
Proteína Cruda (%)	3,6 – 9,5	9,1
Almidón Total (%)	37,2 – 56,8	49,4
Glucosa (g/100g)	0,7 – 2,4	1,5
Fructosa (g/100g)	3,9 – 5,4	4,7
Sacarosa (g/100g)	6,7 – 14,1	9,9
Fibra detergente ácido (%)	6,6 – 11,3	6,5

Tabla 2 - Contenido de minerales en base seca (g/100g) de raíces de ahípa pertenecientes a diferentes accesiones

	Accesiones IRNAS	Accesión local
Potasio	0,14 – 0,17	0,11
Calcio	0,16 – 0,69	0,36
Magnesio	0,14 – 0,67	0,46
Sodio	0,18 – 1,12	0,66
Hierro	0,11 – 0,65	0,15

(0,9-1,4 mg/g) (Charles *et al.*, 2005) y para papa (1,1-2,7 mg fitato/g) (Phillippy *et al.*, 2004) pero inferiores a los señalados en leguminosas como soja (12,0-17,5 mg/g) y arvejas (7,2-12,3 mg/g) (Hidvegi & Lasztity, 2002) y en cereales como trigo (9,6-22,2 mg/g) (García-Esteva *et al.*, 1999); maíz (10,8 mg/g) (García-Esteva *et al.*, 1999); centeno (4,5-5,7 mg/g) (Kikunaga *et al.*, 1985; García-Esteva *et al.*, 1999) y arroz (5,5-13,5 mg/g) (Kikunaga *et al.*, 1985; García-Esteva *et al.*, 1999; Wu *et al.*, 2009). El anión fitato, liberado en la disociación del ácido fítico, se relaciona típicamente con la disminución de la disponibilidad de hierro, ya que forma un complejo insoluble con este mineral en el ambiente ácido del estómago. El hierro es liberado posteriormente como hidróxido férrico en las condiciones alcalinas del intestino, pero esta forma

no disponible impide la absorción de este nutriente. El fitato produce también la precipitación de magnesio, zinc, cobre, calcio y manganeso. Contrariamente a estos efectos adversos descriptos, el fitato ha sido mencionado como agente anticarcinógeno en ensayos sobre cultivos de células K-562 y H-29 (líneas de origen humano provenientes de leucemia mieloide crónica y adenocarcinoma de colon, respectivamente) y ensayos con animales de laboratorio (ratas y ratones) (Harland & Morris, 1995).

Las accesiones IRNAS y local presentaron valores de taninos entre 1,6 y 2,0 mg de ácido tánico/g muestra. Estos valores son comparables a los informados en harina de mandioca (1-2 mg/g) (Oboh & Akindahunsi, 2003) y de batata (2,5 mg/g) (Eluagu & Onimawo, 2010), pero inferiores a los presentes normalmente en legumbres como poroto, cuyos valores oscilan entre 6,7 y 32,4 mg catequina/g muestra, según Guzmán-Maldonado *et al.* (1996).

La presencia de taninos cobra relevancia ya que actúan como inhibidores de enzimas digestivas y pueden reducir también la palatabilidad de un alimento por la astringencia que producen al combinarse con las proteínas salivales. Ha sido también señalado que interfieren en la asimilación de la vitamina B1 (tiamina) (Janssen, 1997). Por otra parte, ciertas clases de taninos han sido mencionadas como contribuyentes a la reducción del riesgo de enfermedades coronarias (Dell'Agli *et al.*, 2004; Gresele *et al.*, 2011).

Guarner Argentina
Tecnología alimentaria

Enzimas **GUARENZYME** y **ESTABILASE** para molinería

Pensadas por expertos argentinos para las necesidades de los clientes argentinos

Guarenzyme Tecnología alimentaria

ESTABILASE Tecnología alimentaria

HIDROCOLOIDES (INSTANTÁNEOS Y COMUNES)
Goma arábica - Guar - Xántica - Tara - "Ticapan" sistemas de coatings

PRODUCTOS IMPORTADOS
Ácido ascórbico - Azodicarbonamida - L-cisteína - Estergum
Extracto de malta líquido y en polvo vegetales, carnes y frutas liofilizadas - Gluten

EMULSIONANTES
Datem - SSL - Monoglicéridos destilados

La libertad para crear

Cóndor 2320 (C1437FJT) Bs. As. - Argentina - Tel: (54 11) 4918-3603 / 3440 / 5242 / 4029
info@guarner.com.ar - www.guarner.com.ar

Cabe destacar que la accesión de ahípa local presentó valores de ácido fítico y de taninos correspondientes a los más bajos dentro de los rangos observados.

La presencia de glicósidos cianogénicos fue investigada cualitativamente, no hallándose niveles detectables de los mismos en las raíces utilizadas.

Conclusiones

La incorporación de raíces de ahípa a la dieta constituiría una alternativa nutricional relevante, debido a su aporte de proteínas, fibra y minerales esenciales. Particularmente, los análisis de prolaminas indicarían que la ahípa es un producto naturalmente libre de gluten, lo que reviste especial interés en su utilización como materia prima para la formulación de alimentos para celíacos, siendo capaz de cubrir una amplia variedad de requerimientos nutricionales e incrementando el número de alternativas para la producción de panificados.

Agradecimientos

Al Ing. Forestal Hugo Fassola y a los Ings. Agrs. Nahuel Pachas y Pablo Rohatsch de la EEA INTA Montecarlo (Misiones). Al Dr Fernando Chirido, por la determinación de prolaminas en muestras de ahípa.

Referencias

Alvarez-Jubete L, Arendt EK & Gallagher E (2010) Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trends in Food Science & Technology* 21, 106-113.

AOAC (1990) Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15th ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

Charles AL, Sriroth K & Huang T-c (2005) Proximate composition, mineral contents, hydrogen cyanide and phytic acid of 5 cassava genotypes. *Food Chemistry* 92, 615-620.

Chirido FG, Añón MC & Fossati CA (1995) Optimization of a competitive ELISA with polyclonal antibodies for quantification of prolaminas in foods. *Food and Agricultural Immunology* 7, 333-343.

Dell'Agli M, Busciala A & Bosisio E (2004) Vascular effects of wine polyphenols. *Cardiovasc Res* 63, 593-602.

Doporto MC, Mugridge A, García MA & Viña SZ (2011) *Pachyrhizus ahípa* (Wedd.) Parodi roots and flour: Biochemical and functional characteristics. *Food Chemistry* 126, 1670-1678.

Eluagu EN & Onimawo IA (2010) Effect of processing on the mineral composition and Antinutritional factors of orange fleshed sweet Potato (*Ipomoea batatas* L. Lam) flours. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry* 9, 1000-1005.

Forsyth JL, Ring SG, Noel TR, Parker R, Cairns P, Findlay K & Shewry PR (2002) Characterization of Starch from Tubers of Yam Bean (*Pachyrhizus ahípa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50, 361-367.

García-Estepa RM, Guerra-Hernández E & García-Villanova B (1999) Phytic acid content in milled cereal products and breads. *Food Research International* 32, 217-221.

Gresele P, Cerletti C, Guglielmini G, Pignatelli P, de Gaetano G & Violi F (2011) Effects of resveratrol and other wine polyphenols on vascular function: an update. *J Nutr Biochem* 22, 201-211.

Guzmán-Maldonado H, Castellanos J & De Mejía EG (1996) Relationship between theoretical and experimentally detected tannin content of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry* 55, 333-335.

Harland BF & Morris ER (1995) Phytate: A good or a bad food component? *Nutrition Research* 15, 733-754.

Hermann M (2009) The impact of the European Novel Food Regulation on trade and food innovation based on traditional plant foods from developing countries. *Food Policy* 34, 499-507.

Hermann M & Heller J (1997) Andean roots and tubers at the crossroads. In *Andean Roots and Tubers: Ahípa, arracacha, maca, yacon*. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops [M Hermann and J Heller, editors]. Rome, Italy: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute.

Hidvegi M & Lasztity R (2002) Phytic acid content of cereals and legumes and interaction with proteins. *Periodica Polytechnica Series in Chemical Engineering* 46, 59-64.

Janssen MMT (1997) Antinutritives. In *Food Safety and Toxicity*, pp. 349p. [JD Vries, editor]. Boca Raton; London: CRC Press.

Kikunaga S, Takahashi M & Huzisige H (1985) Accurate and Simple Measurement of Phytic Acid Contents in Cereal Grains. *Plant and Cell Physiology* 26, 1323-1330.

Leidi EO, Sarmiento R & Rodríguez-Navarro DN (2003) Ahípa (*Pachyrhizus ahípa* [Wedd.] Parodi): an alternative legume crop for sustainable production of starch, oil and protein. *Industrial Crops and Products* 17, 27-37.

Niewinski MM (2008) Advances in Celiac Disease and Gluten-Free Diet. *Journal of the American Dietetic Association* 108, 661-672.

Noman ASM, Hoque MA, Haque MM, Pervin F & Karim MR (2007) Nutritional and anti-nutritional components in *Pachyrhizus erosus* L. tuber. *Food Chemistry* 102, 1112-1118.

Oboh G & Akindahunsi AA (2003) Biochemical changes in cassava products (flour & gari) subjected to *Saccharomyces cerevisiae* solid media fermentation. *Food Chemistry* 82, 599-602.

Phillippy BQ, Lin M & Rasco B (2004) Analysis of phytate in raw and cooked potatoes. *Journal of Food Composition and Analysis* 17, 217-226.

Robertson JB & Van Soest PJ (1981) The detergent system of analysis and its application to human foods. In *The analysis of dietary fiber in food*, pp. 123-158 [WPT James and O Theander, editors]. New York: Marcell Dekker.

Sørensen M, Døyggaard S, Estrella J, Kvist L & Nielsen P (1997) Status of the South American tuberous legume *Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.: Field observations, taxonomic analysis, linguistic studies and agronomic data on the diversity of the South American *Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng. complex with special reference to the identification of two new cultivar groups from Ecuador and Peru. *Biodiversity and Conservation* 6, 1581-1625.

Tapia C & Sørensen M (2003) Morphological characterization of the genetic variation existing in a Neotropical collection of yam bean, <i>Pachyrhizus tuberosus</i> (Lam.) Spreng. *Genetic Resources and Crop Evolution* 50, 681-692.

Thompson T, Dennis M, Higgins LA, Lee AR & Sharrett MK (2005) Gluten-free diet survey: are Americans with coeliac disease consuming recommended amounts of fibre, iron, calcium and grain foods? *J Hum Nutr Diet* 18, 163-169.

Wanasundera JPD & Ravindran G (1994) Nutritional assessment of yam (<i>Dioscorea alata</i>) tubers. *Plant Foods for Human Nutrition (Formerly Qualitas Plantarum)* 46, 33-39.

Wu P, Tian J-C, Walker CE & Wang F-C (2009) Determination of phytic acid in cereals - a brief review. *International Journal of Food Science & Technology* 44, 1671-1676.

Zanklan AS, Ahouangonou S, Becker HC, Pawelzik E & Gruneberg WJ (2007) Evaluation of the Storage Root-Forming Legume Yam Bean (*Pachyrhizus* spp.) under West African Conditions. *Crop Sci* 47, 1934-19460