



Revista Iberoamericana de Tecnología
Postcosecha

ISSN: 1665-0204

rebasa@hmo.megared.net.mx

Asociación Iberoamericana de Tecnología
Postcosecha, S.C.

México

Doperto, María Cecilia; Mugridge, Alicia; Chaves, Alicia R.; García, María A.; Viña, Sonia Z.
VALOR NUTRITIVO Y PARÁMETROS FISIOLÓGICOS RELATIVOS A LA CONSERVACIÓN
POSCOSECHA DE RAÍCES DE AHIPA (*Pachyrhizus ahipa*)

Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 11, núm. 1, 2010, pp. 75-81

Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C.

Hermosillo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81315093010>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

VALOR NUTRITIVO Y PARÁMETROS FISIOLÓGICOS RELATIVOS A LA CONSERVACIÓN POSCOSECHA DE RAÍCES DE AHIPA (*Pachyrhizus ahipa*)

María Cecilia Doporto, Alicia Mugridge, Alicia R. Chaves, María A. García, Sonia Z. Viña

CIDCA (Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos), Facultad de Ciencias Exactas UNLP – CONICET La Plata, 47 y 116 S/Nº, La Plata (1900), Buenos Aires, Argentina. Tel/Fax: 54-221-4249287/4254853 E-mail: soniavia@quimica.unlp.edu.ar

Palabras Clave: Raíces y tubérculos; Fuentes de almidón; Calidad nutricional; Actividad respiratoria; Enzimas amilolíticas

RESUMEN

En el presente trabajo se efectuó el análisis de macrocomponentes de raíces de ahipa, (*Pachyrhizus ahipa*) relevantes desde el punto de vista nutricional, y se caracterizaron también ciertos parámetros fisiológicos (actividad respiratoria, actividad α -amilasa), relativos a la conservación poscosecha y a las potenciales aplicaciones agroindustriales de este producto. En base a los resultados hallados, las raíces de ahipa pueden ser consideradas un alimento energético, fuente alternativa de almidón libre de gluten. Las raíces como tales y consecuentemente la harina que podría obtenerse a partir de las mismas, podrían constituir ingredientes en la elaboración de productos alimenticios destinados a poblaciones con necesidades nutricionales específicas. En comparación con otras raíces y tubérculos (R&T) tropicales y subtropicales, las raíces de ahipa mostraron una composición química más equilibrada desde el punto de vista nutricional, realizando un aporte de proteínas, fibra y minerales tales como potasio, calcio e hierro, junto con el componente mayoritario (almidón).

NUTRITIONAL VALUE AND PHYSIOLOGICAL PARAMETERS RELATED TO POSTHARVEST STORAGE OF AHIPA (*Pachyrhizus ahipa*) ROOTS

Keywords: Root and tuber crops; Starch sources; Nutritional quality; Respiratory activity; Amylolytic enzymes

ABSTRACT

In this work, the analysis of ahipa (*Pachyrhizus ahipa*) root macrocomponents was carried out, in order to assess the chemical composition and quality from a nutritional point of view. Certain physiological parameters (respiratory activity, α -amylase activity) concerning post-harvest conservation and potential agro-industrial applications of this product were also characterized. Based on the results obtained, ahipa roots could be considered an energy food and alternative source of gluten-free starch. The roots (and consequently the flour that could be derived from them) could be used as ingredients in the preparation of foodstuffs for populations with particular nutritional needs. In comparison with other roots and tubers (R&T) crops from tropical and subtropical regions, ahipa roots showed a chemical composition more balanced from a nutritional point of view, making a contribution of protein, fiber and minerals such as potassium, calcium, phosphorus and iron, together with the major component (starch).

INTRODUCCIÓN

Existe consenso general en cuanto a la importancia que reviste el rescate de especies vegetales nativas, tanto para la conservación de la biodiversidad como para su uso racional como nuevas fuentes de alimentos y aditivos alimentarios, fibras, colorantes, fitofármacos e incluso biocombustibles.

El estudio de especies que podrían ser cultivadas con propósitos múltiples (uso alimentario humano, ganadero, agroindustrialización, recuperación de suelos, etc.) implica potenciales beneficios económicos y agroecológicos, relacionados con la diversificación de cultivos y la generación de materias primas y productos elaborados alternativos.

Muchas de las especies cultivadas por los pueblos originarios de América antes de la Conquista fueron, lamentablemente, confinadas a áreas reducidas e incluidas casi exclusivamente dentro de planteos productivos enmarcados en economías de subsistencia.

Particularmente, el Centro Internacional de la Papa (CIP) ha implementado diversos programas para rescatar especies vegetales andinas amenazadas de extinción biológica y/o erosión genética.

Al respecto, ha sido mencionado que al menos nueve especies andinas productoras de raíces y tubérculos comestibles revisten importancia en sistemas agrícolas basados en la producción de papa.

Las especies correspondientes son: ahipa, achira, arracacha, maca, mashua, mauka, oca, ulluco y yacón. Estos cultivos son relevantes desde el punto de vista económico y nutricional para algunos agricultores de la región, que frecuentemente los usan sustituyendo en la dieta a ciertas frutas y hortalizas de mayor costo.

La mayoría de las raíces y tubérculos andinos presentan buenos rendimientos, aún con un bajo nivel de insumos, y muchos muestran resistencia a factores de estrés biótico y abiótico. Adicionalmente, en ciertos casos dan cuenta de un alto contenido de vitaminas, micronutrientes e incluso se les atribuyen propiedades medicinales.

Se considera factible encontrar nuevos usos para los mismos, que puedan estimular su demanda e incluso su exportación, creando nuevas oportunidades económicas.

Las especies del género *Pachyrhizus*, perteneciente a la familia Leguminosas, producen raíces tuberosas. Este género es nativo de América Central y del Sur. Las principales especies cultivadas son: *P. tuberosus* (jícama, Amazonian yam bean), cultivado principalmente en Bolivia, Perú, Ecuador y Brasil; *P. erosus* (jacatupe, Mexican yam bean) propio de América Central y el

Caribe, y *P. ahipa* (ahipa, Andean yam bean) de los Andes bolivianos y el norte de Argentina (Sørensen, 1996; Sørensen et al., 1997; Forsyth y Shewry, 2002; Zanklan et al., 2007).

Esta última especie se caracteriza por la acumulación de almidón de interés industrial en su raíz tuberosa y la presencia de rotenona en sus semillas y hojas. La raíz se consume casi exclusivamente cruda como las frutas o incluso cocida. Su piel se desprende fácilmente de la parte interior carnosa (Milanez y Moraes-Dallaqua, 2003).

El objetivo del presente trabajo fue el análisis de macrocomponentes de raíces de ahipa, relevantes desde el punto de vista nutricional, como así también la caracterización de ciertos parámetros fisiológicos (actividad respiratoria, actividad α -amilasa) relativos a la conservación poscosecha y a las potenciales aplicaciones agroindustriales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se trabajó con plantas de *Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi cultivadas en la Estación Experimental Montecarlo del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), ubicada en la provincia de Misiones, Argentina (26° 33' 40,15" LS; 54° 40' 20,06" LO). Las raíces fueron cosechadas en abril de 2009, cuando se produjo la senescencia de la parte aérea de las plantas.

Las raíces de ahipa se recibieron en el laboratorio del CIDCA (La Plata, Buenos Aires) y se procesaron inmediatamente. Aquéllas que se encontraban dañadas o con síntomas y/o signos de enfermedades fueron descartadas.

Las raíces seleccionadas fueron lavadas exhaustivamente con agua corriente, removiendo los restos de tierra. Se implementó un tratamiento de sanitización, consistente en una inmersión en solución de NaClO (250 ppm de cloro activo, 10 min). Luego las raíces se dejaron secar a temperatura ambiente.

Análisis químicos

Las raíces acondicionadas como se mencionó anteriormente fueron cortadas en rebanadas y secadas en estufa a 60°C, hasta alcanzar peso constante. Las muestras deshidratadas fueron finamente molidas y conservadas en frascos herméticamente cerrados hasta el momento de su análisis.

Contenido de materia seca y cenizas totales

Se cuantificó el contenido de humedad residual y cenizas totales, siguiendo los métodos de referencia (AOAC, 1990). Las muestras (0,5 g) fueron sometidas a deshidratación en estufa (San Jor H701P, Argentina) a 105°C hasta alcanzar peso constante. Luego, se dejaron enfriar en un desecador y se pesaron. Los resultados finales se expresaron como porcentaje (%) en relación al peso inicial de la muestra.

Las muestras deshidratadas de raíces de ahípa se colocaron en crisoles tarados, previamente incinerados (900°C), fueron pesadas exactamente y se carbonizaron lentamente a la llama de un mechero. Luego se llevaron a una mufla (Indef 331, Córdoba, Argentina) a 550°C hasta obtención de cenizas blancas (~5 h). Los crisoles conteniendo las muestras se pesaron y se calculó el porcentaje (%) de cenizas totales.

Cuantificación de sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro y fósforo

Muestras de cenizas (0,03-0,05 g) se pesaron en una balanza analítica y se disolvieron en HNO₃ 50% v/v. Para la determinación del contenido de calcio, las muestras se disolvieron en óxido de lantano a una concentración final igual a 0,5%. Los análisis de Fe ($\lambda = 248,3$ nm), Ca ($\lambda = 422,7$ nm) y Mg ($\lambda = 285,2$ nm) fueron realizados mediante espectroscopía de absorción atómica y la cuantificación de Na ($\lambda = 589,0$ nm) y K ($\lambda = 766,5$ nm) por espectroscopía de emisión atómica. Las mediciones se realizaron en un espectrofotómetro Shimadzu AA-6650.

El contenido de fósforo se determinó por el método espectrofotométrico basado en la reacción con el complejo vanado-molibdato.

Extracción y cuantificación de lípidos totales

Las muestras (12 g) se extrajeron con hexano durante 2 h en un equipo Soxhlet. El residuo obtenido en el balón luego de la recuperación y evaporación del solvente (grasa cruda) fue cuantificado gravimétricamente. Los resultados se expresaron como porcentaje (%) sobre base seca (a 60°C).

Cuantificación de proteína cruda

Se cuantificó el nitrógeno total de las muestras de ahípa (0,8 g) mediante el método Kjeldahl. Se utilizó una unidad de digestión Büchi K-435 y una unidad de destilación Büchi K-350 (Flawil, Suiza). El contenido de proteína cruda se calculó usando el factor de conversión 6,25. Los resultados se expresaron como porcentaje (%) sobre base seca (a 60°C).

Cuantificación de fibra detergente ácido (FDA)

Se llevó a cabo a partir de 1,0 g de raíces de ahípa, por el método de Van Soest y Moore. Las muestras se trataron durante 1 h a ebullición con una solución conteniendo bromuro de cetiltrimetilamonio y el residuo obtenido se cuantificó gravimétricamente. La fracción FDA correspondería a los componentes menos digeribles de la muestra, incluyendo lignina, celulosa, sílice y formas insolubles de nitrógeno. Los resultados se expresaron como porcentaje (%) sobre base seca (a 60°C).

Contenido de almidón total

Se determinó a partir 0,10-0,15 g de muestra, empleando el kit enzimático K-TSTA 05/06 (Megazyme®, Irlanda). El método consiste en la conversión de almidón a glucosa y la determinación colorimétrica de ésta mediante una reacción enzimática específica

acoplada a un sistema cromógeno (4-amino antipirina). Se empleó una solución patrón de D-glucosa (1,0 mg mL⁻¹) con 0,2% (p/v) de ácido benzoico. Las lecturas de absorbancia se realizaron a 510 nm en un espectrofotómetro Shimadzu UV mini 1240 UV-VIS (Japón). Los resultados se expresaron en porcentaje (%) sobre base seca (60°C).

Parámetros fisiológicos

Actividad respiratoria

Raíces de ahípa de peso y volumen conocidos se ubicaron en el interior de frascos de vidrio herméticamente cerrados de 2 L de capacidad. El CO₂ acumulado se midió usando un sensor Compuflow 8650 Indoor Air Quality Meter incorporado dentro del frasco. Se graficó la concentración de CO₂ en función del tiempo. A partir de la pendiente de la línea, se calculó la producción de CO₂ expresada en mL kg⁻¹ h⁻¹.

Actividad α -amilasa.

Se midió empleando el kit enzimático Ceralpha (K-CERA 08/05 Megazyme®, Irlanda), empleando como sustrato el reactivo p-nitrofenil maltoheptaósido con su extremo no reductor bloqueado, en presencia de exceso de α -glucosidasa termoestable que genera glucosa y p-nitrofenol. Una vez que se detuvo la reacción mediante el agregado de una base débil, se midió la absorbancia a 400 nm. Los resultados se expresaron como Unidades Ceralpha g⁻¹ de muestra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de materia seca (cuantificado a 60°C) de las raíces de ahípa fue 23,65±0,25%. La Tabla 1 muestra los resultados del análisis de macrocomponentes realizado sobre las muestras. El contenido de agua residual (determinado a 105°C) fue 12,91±0,19%.

Los niveles de cenizas totales hallados en muestras de ahípa fueron ligeramente inferiores a los informados para rizomas de

distintas variedades de *Canna edulis* (5,1 – 5,7%) pero superiores a los correspondientes a mandioca (1,9%) (Piyachomkwan et al., 2002). El contenido de lípidos totales de las raíces de ahípa (0,65%) fue significativamente más elevado que el informado para otras raíces y tubérculos (R&T). Afoakwa y Sefa-Dedeh (2001) hallaron que los valores medios de grasa cruda de distintas líneas de *Dioscorea dumetorum* estuvieron comprendidos entre 0,35–0,38%. Los autores señalaron que dichos niveles eran considerablemente reducidos y similares a los de otras R&T, tales como papa (0,4 g/100 g) y ciertas Aráceas comestibles (0,2 g/100 g). Sin embargo, Padonou et al. (2005) informaron un contenido promedio de lípidos igual a 0,56% (base seca) para raíces de mandioca deshidratadas.

Tabla 1. Macrocomponentes de raíces de ahípa (*Pachyrhizus ahípa*).

Componente	%
Humedad residual	12,91±0,19
Cenizas totales	3,50±0,0
Grasa cruda	0,65±0,04
Proteína cruda	8,61±0,29
Fibra detergente ácido	12,80±0,60
Almidón total	37,00±2,70

Nota: Los valores informados corresponden a la media \pm las desviaciones estándar. Los porcentajes se encuentran referidos a base seca determinada a 60°C, a excepción del contenido de humedad residual.

En relación al contenido de proteína cruda, Zanklan et al. (2007) han mencionado que las especies de *Pachyrhizus spp* (yam bean) producen relativamente altos niveles de proteína, hasta 3-5 veces mayores que los de R&T tropicales comúnmente cultivados, tales como mandioca, (*Manihot esculenta*), batata (*Ipomoea batatas*) y yam (*Dioscorea spp*). Los autores señalados han informado un contenido de proteína cruda de raíces de *P. ahípa* igual a 9,0%, cercano al hallado en el presente estudio.

Forsyth y Shewry (2002) estudiaron las proteínas presentes en raíces de *Pachyrhizus ahípa* y señalaron que la fracción de proteínas solubles en sales comprendían cerca del 60%

del nitrógeno total de las raíces, en tanto que los componentes nitrogenados de baja masa molecular representaban alrededor del 30%. Indicaron también que los análisis electroforéticos de la fracción proteica demostraron que ninguno de los constituyentes presentes en seis accesiones diferentes de *P. ahipa* se hallaba en cantidades suficientemente altas como para sugerir una función como proteínas de almacenamiento. Se concluyó que el rol primario de dichas proteínas estaría probablemente relacionado a aspectos del metabolismo y desarrollo de las raíces, confiriendo en ciertos casos protección contra plagas y enfermedades.

Los contenidos de fibra detergente ácido (FDA) presentes en muestras de raíces de ahipa fueron significativamente más elevados que los informados por Agbor-Egbe y Treche (1995) para tubérculos de distintas especies de *Dioscorea spp.* Los mencionados autores señalaron valores variables de FDA, comprendidos entre 2,0% (*D. liebrechtiana*) y 5,5% (*D. dumetorum*).

El contenido de almidón de las raíces de ahipa resultó comparativamente más bajo que el de mandioca y batata referidos a base seca (Opara, 2003).

En la Tabla 2 se observan los contenidos de sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro y fósforo de las raíces de ahipa. De los elementos minerales esenciales analizados, el fósforo y el potasio fueron los mayoritarios en tanto que, por tratarse de un microelemento, los tenores más bajos correspondieron al hierro. Ogbuagu (2008) también halló que el potasio fue el principal componente mineral en *Dioscorea bulbifera* ("potato yam") y *Dioscorea dumetorum* ("bitter yam").

Tres desórdenes fisiológicos relevantes han sido señalados para cultivos de R&T luego de la cosecha y durante el almacenamiento subsiguiente. De acuerdo con Ravi y Aked (1996), los mismos corresponden al incremento de la actividad respiratoria en asociación con la pérdida de agua y

carbohidratos, la ruptura de la dormancia y el daño inducido por bajas temperaturas.

La actividad respiratoria de las raíces de ahipa medida a temperatura ambiente (~20°C) fue $25,39 \pm 5,34 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. En el caso de batatas, la respiración contribuyó a la pérdida de peso y alteraciones de los tejidos, tanto a nivel interno como externo (Ravi and Aked, 1996). Picha (1986) informó que la tasa respiratoria de batatas recién cosechadas correspondió a $27 \text{ mL de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, similar a la tasa hallada en *P. ahipa*. Mediciones de la actividad respiratoria en tubérculos de *Dioscorea rotundata*, tanto sanos como afectados por decaimiento, llevadas a cabo por Coursey y Rusell (1969) mostraron que la misma varió entre 5 y $20 \text{ mL de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ para tubérculos sanos, dependiendo de la edad y el estado de dormición, mientras que en tubérculos dañados, la actividad respiratoria se incrementó por encima de $35 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Teniendo en cuenta que en ciertas regiones tropicales y subtropicales los Aroides comestibles son cultivados y consumidos en cantidades relevantes. Ravi y Aked (1996) han señalado que no existe demasiada información disponible sobre la actividad respiratoria de dichos productos durante la cosecha y el almacenamiento. Passam (1982) informó que en cormos de taro y tannia, las tasas respiratorias fueron 22 ± 5 y $41 \pm 11 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ a 27°C y 32°C, respectivamente.

Tabla 2. Contenido de elementos minerales en raíces de ahipa (*Pachyrhizus ahipa*).

Elemento	Contenido (mg/100g)
Sodio	12,24±2,47
Potasio	772,72±14,83
Calcio	209,79±14,83
Magnesio	64,34±0,49
Hierro	37,06±1,98
Fósforo	849,38±92,08

Nota: Los valores informados corresponden a la media \pm las desviaciones estándar, y se encuentran referidos a base seca determinada a 60°C.

El nivel endógeno de enzimas α -amilasas en productos ricos en almidón afecta significativamente el uso industrial de los mismos. Dependiendo del destino final, puede resultar útil un nivel de α -amilasa suficiente para producir sacáridos que puedan ser utilizados por ejemplo, como fuente de energía por levaduras. Por otra parte, actividades α -amilasa demasiado elevadas podrían ocasionar una dextrinización excesiva. Los valores hallados para raíces de ahipa correspondieron a $2,69 \pm 0,35$ UC g^{-1} , valores muy superiores a los obtenidos por Brandolini et al. (2010) para harina de trigo pan cultivar Blasco, aplicando el mismo método.

CONCLUSIONES

Las raíces de ahipa pueden ser consideradas un alimento energético, fuente alternativa de almidón libre de gluten. Las raíces como tales y consecuentemente la harina que podría obtenerse a partir de las mismas, podrían constituir ingredientes en la elaboración de productos alimenticios destinados a poblaciones con necesidades nutricionales específicas. En comparación con otras R&T tropicales y subtropicales, las raíces de ahipa mostraron una composición química más equilibrada desde el punto de vista nutricional, realizando un aporte de proteínas, fibra y minerales tales como potasio, calcio, hierro, junto con el componente mayoritario (almidón).

REFERENCIAS

- Afoakwa, E. O., Sefa-Dedeh, S. 2001. Chemical composition and quality changes occurring in *Dioscorea dumetorum* pax tubers after harvest. Food Chemistry, 75, 85–91.
- Agbor-Egbe, T., Treche, S. 1995. Evaluation of the Chemicals composition of Cameroonian Yam germoplasm. Journal of Food Composition and Analysis 8, 274-283.
- AOAC (1990). Official methods of analysis, 15th edn. Vols I and II. (edited by K. Helrich). Arlington, Virginia, USA: Association of Official Analytical Chemists (AOAC), Inc.
- Brandolini, A., Hidalgo, A., Plizzari, L. 2010. Storage-induced changes in einkorn (*Triticum monococcum* L.) and breadwheat (*Triticum aestivum* L. ssp. *aestivum*) flours. Journal of Cereal Science, 51, 205–212.
- Coursey, D. G., Rusell, J. D. 1969. A note on endogenous and bio-deteriorative factors in the respiration of dormant yam tubers. Int. Biodeterior. Bull., 5, 27.
- Forsyth, J. L., Shewry, P. R. 2002. Characterization of the Major Proteins of Tubers of Yam Bean (*Pachyrhizus ahipa*). J. Agric. Food Chem. 50, 1939-1944.
- Forsyth, J. L., Shewry, P. R. 2002. Characterization of the Major Proteins of Tubers of Yam Bean (*Pachyrhizus ahipa*). J. Agric. Food Chem. 50, 1939-1944.
- Milanez, C. R. D., Moraes-Dallaqua, M. A. 2003. Ontogênese do sistema subterrâneo de *Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi (Fabaceae). Revista Brasil. Bot., 26 (3), 415-427.
- Ogbuagu, M. N. 2008. Nutritive and Anti-Nutritive Composition of the Wild (Inedible) Species of *Dioscorea bulbifera* (Potato Yam) and *Dioscorea dumetorum* (Bitter Yam). The Pacific Journal of Science and Technology, 9 (1), 203-207.
- Opara, L. U. 2003. Postharvest technology of root and tuber crops. En: Crop management and postharvest handling of horticultural products. Volume II – Fruits and vegetables. Ramdane Dris, Raina Niskanen, Shri Mohan Jain Editors. Science Publishers, Inc. Enfield (NH), USA.
- Padonou, W., Mestres, C., Coffi Nago, M. 2005. The quality of boiled cassava roots: instrumental characterization and relationship with physicochemical

- properties and sensorial properties. Food Chemistry, 89, 261–270.
- Passam, H. C. 1982. Experiments on the storage of eddoes and tannias (*Colocassia* and *Xanthosoma spp*) under tropical ambient conditions, Trop. Sci., 24, 39.
- Picha, D. H. 1986. Weight loss in sweet potatoes during curing and storage: contribution of transpiration and respiration. J. Am. Soc. Hortic. Sci., 11, 889.
- Piyachomkwan, K., Chotineeranat, S., Kijkhunasatian, C., Tonwitawat, R., Prammanee, S., Oates, C. G., Sriroth, K. 2002. Edible canna (*Canna edulis*) as a complementary starch source to cassava for the starch industry. Industrial Crops and Products, 16, 11–21.
- Ravi, V., Aked, J. 1996. Review on tropical root and tuber crops. II. Physiological disorders in freshly stored roots and tubers. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 36(7), 711-731.
- Sørensen, M. 1996. Yam bean (*Pachyrhizus DC.*). Promoting the conservation and use of under-utilized and neglected crops, 2; Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, pp 141-145.
- Sørensen, M., Døygaards, S., Estella, J. E., Kvist, L. P., Nielsen, P. E. 1997. Status of the South American tuberous legume *Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng. Biodiversity Conserv. 6, 1581-1625.
- Zanklan, A. S., Ahouangonou, S., Becker, H. C., Pawelzik, E., Grüneberg, W. 2007. Evaluation of the storage root-forming legume yam bean (*Pachyrhizus spp.*) under West African conditions. Crop Science, 47, 1–14.
- Zanklan, A. S., Ahouangonou, S., Becker, H. C., Pawelzik, E., Grüneberg, W. 2007. Evaluation of the storage root-forming legume yam bean (*Pachyrhizus spp.*) under West African conditions. Crop Science, 47, 1–14.