

Composición química del *Amaranthus dubius*: una alternativa para la alimentación humana y animal

Chemical composition of *Amaranthus dubius*:an alternative for human and animal feeding

K. Montero-Quintero¹, R. Moreno-Rojas², E. Molina¹ y A. B. Sánchez-Urdaneta³

¹Departamento de Química, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad del Zulia, Venezuela. ²Departamento de Bromatología y Tecnología de los Alimentos. 14071. Córdoba, España. ³Departamento de Botánica, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, Venezuela.

Resumen

Amaranthus dubius es una especie altamente diseminada en Venezuela, considerándose un arvense de cultivos de subsistencia, como el maíz, sorgo y leguminosas. En general, el género *Amaranthus* se caracteriza por su alto contenido de nutrientes en hojas y semillas. En este trabajo se evaluó su composición proximal, el contenido mineral, las sustancias tóxicas y antinutricionales de muestras recolectadas en una siembra experimental en el estado Miranda, Venezuela. En los análisis se utilizaron métodos analíticos clásicos. Se demostró un alto contenido de nutrientes en hojas, tallos y panículas, especialmente proteínas y minerales y bajas concentraciones de sustancias tóxicas y antinutricionales, lo cual sugiere que el *A. dubius* podría ser empleado en la alimentación humana y animal.

Palabras clave: *Amaranthus*, composición química, sustancias tóxicas, alimentación.

Abstract

Amaranthus dubius is highly disseminated specie in Venezuela, is considered a weed of subsistence crops, as corn, sorghum and legumes. In general, the genus *Amaranthus*, is characterized by its high content of nutrients in leaves and seeds. Proximate composition, mineral content, toxic and

antinutritional substances were evaluated, in samples recollected in an experimental planting in Miranda state, Venezuela. In the analysis was used the classical analytical methods. It showed a high content of nutrients in leaves, stems and panicles, especially minerals and proteins and low concentrations of toxic and antinutritional, which suggests that *A. dubius* might be used in the human and animal feeding.

Keywords: *Amaranthus*, chemical composition, toxic substances, feeding.

Introducción

El amaranto es una planta perteneciente a la familia Amaranaceae, género *Amaranthus*, la cual tiene más de 60 especies distribuidas en zonas tropicales y subtropicales. Es una planta fotosintética del tipo C_4 , con alta diversidad genética, alta productividad y se adapta a diferentes condiciones edafoclimáticas, especialmente a suelos secos y altas temperaturas (Olivares y Peña, 2009).

En Venezuela se encuentran distribuidas unas 12 especies de amaranto, conocidas como bleo o pira; siendo las principales *A. dubius*, *A. spinosus* y *A. hybridus* (Acevedo *et al.*, 2007; Olivares y Peña, 2009), éstas crecen en forma silvestre y comúnmente se consideran arvenses de varios cultivos de subsistencia, como el maíz, sorgo y algunas leguminosas (Matteucci *et al.*, 1999); sin embargo, se usan de manera marginal en sus regiones de origen; con un interés medicinal, como verdura para la alimentación humana o como forraje complementario en la alimentación de animales (Matteucci *et al.*, 1999).

En los últimos años el amaranto ha sido ampliamente estudiado, una de las razones del renovado interés es su excelente perfil de nutrientes; comparable con los cereales. Recientemente se ha demostrado

Introduction

Amaranth is a plant that belongs to the family Amaranaceae, *Amaranthus* gender, which has more than 60 species distributed in tropical and tropical areas. It is a photosynthetic plant of the C_4 type, with a high genetic diversity, high productivity and adapts to different soil-weather conditions, especially in dry soils and high temperatures (Olivares and Peña, 2009).

In Venezuela, are distributed 12 species of amaranths, known as "bleo" or "pira", being the most important *A. dubius*, *A. spinosus* and *A. hybridus* (Acevedo *et al.*, 2007; Olivares and Peña, 2009), these grow wildly and are commonly considered arvense of different subsistent crops, such as, corn, sorghum and some legumes (Matteucci *et al.*, 1999); however, have a marginal use or used as complimentary forage in the alimentation of animals (Matteucci *et al.*, 1999).

In the last years amaranth has been widely studied, one of the reasons for its interest is its excellent profile of nutrients, compare to other cereals. Recently, it has been proved that the amaranth seeds have a high nutritional value, associated to the quantity and quality of its proteins, also, it contains fats, fibers, minerals

que las semillas de amaranto tienen un alto valor nutricional, asociado con la cantidad y calidad de sus proteínas; además de, contener grasas, fibras, minerales y vitaminas; así como compuestos bioactivos, tales como, saponinas, fitoesteroles, escualeno y polifenoles (Odhav *et al.*, 2007; Acevedo *et al.*, 2007; Barba de la Rosa *et al.*, 2009.).

Las cualidades nutricionales y características agronómicas de las distintas especies de amaranto las convierten en plantas de potencial interés para ser empleadas en la industria agroalimentaria. En la alimentación humana se consumen sus semillas como cereal y sus hojas y tallos como verdura (Olivares y Peña, 2009); se emplea también como planta forrajera en la alimentación de cerdos, ovinos, caprinos, vacunos, entre otros (Matteucci *et al.*, 1999).

En este trabajo se evaluó la composición proximal, contenido mineral y la presencia de sustancias tóxicas y antinutricionales de *Amaranthus dubius* Mart. ex Thell, como una especie de potencial interés para uso agroindustrial.

Materiales y métodos

Recolección y procesamiento de las muestras

Las muestras de *A. dubius* se recolectaron en una siembra experimental ubicada en la finca El Néctar, sector Merecure, municipio Acevedo, estado Miranda, Venezuela. Se separaron hojas, tallos y panículas, las cuales fueron secadas en una estufa (50 a 60°C.40 h⁻¹) con rotación y aireación constante. Luego se molieron

and vitamins such as bioactive compounds like saponins, phytosterols, squalene and polyphenol (Odhav *et al.*, 2007; Acevedo *et al.*, 2007; Barba de la Rosa *et al.*, 2009).

The nutritional qualities and agronomic characteristics of the different species of amaranth make of it in plants of interest potential to be employed in the food industry. In the human alimentation are consumed its seeds as cereal and their leaves and stems as legumes (Olivares and Peña, 2009); it is also employed as a foreign plant in the alimentation of pigs, sheep, cattle, among others (Matteucci *et al.*, 1999).

In this research was evaluated the proximal composition, mineral content and presence of toxic substances and antinutritional of *Amaranthus dubius* Mart. ex Thell, as species of potential interest for its agro industrial use.

Materials and methods

Collection and processing of samples

Samples of *A. dubius* were collected at an experimental crop located in "El Néctar" farm, Merecure area, Acevedo parish, Miranda state, Venezuela. Leaves, stems and panicles were divided, which were let dried in a stove (50 to 60°C.40 h⁻¹) with rotation and constant ventilation. Then, were ground and sift at 0.5 mm (Resh Muhle Dietz, LB1-27) and stored in plastic containers with hermetic caps and covered with fabric for their posterior analysis.

y tamizaron a 0,5 mm (Resh Muhle Dietz, LB1-27) y almacenaron en envases de plástico con tapa hermética y cubiertas con un saco de tela para su posterior análisis.

Métodos analíticos

La composición proximal se determinó por los métodos de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1997), para la concentración de oxalato se utilizó un kit de análisis (Oxalate urinalysis diagnostic kit: Procedure No. 591, Sigma, St. Louis, MO) (Ilarslan *et al.*, 1997). El contenido de fitatos se determinó por el método de la solución cromogénica y para fenoles se empleó el método de Folin Ciocalteu (Onyango *et al.*, 2005). El contenido de nitratos se determinó por la técnica colorimétrica de nitración del ácido salicílico (Valdes *et al.*, 2004). El contenido de mineral se realizó por espectrofotometría de absorción y emisión atómica.

Análisis estadísticos

Se empleó un diseño experimental completamente al azar con ocho repeticiones y tres submuestras. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y subsecuente comparación múltiple de medias con la prueba de Tukey; para ello se utilizó el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System, 2002-2003 versión 9.1).

Resultados y discusión

Se observaron diferencias estadísticas en cuanto a la composición proximal, contenido mineral y de sustancias tóxicas y antinutricionales, entre las diferentes partes de las plan-

Analytical methods

The proximal composition was determined by methods at the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1997), for the concentrate of oxalate was used an analysis kit.

(Oxalate urinalysis diagnostic kit: Procedure No. 591, Sigma, St. Louis, MO) (Ilarslan *et al.*, 1997). The content of phytates was determined by the chromogenic solution method, and for phenols were employed the Folin Ciocalteu method (Onyango *et al.*, 2005). The nitrates content was determined by the colorimetric technique of salicylic acid (Valdes *et al.*, 2004). The mineral content was done by spectrophotometer of absorption and atomic emission.

Statistical analysis

A completely randomized experimental design was used with 8 replications and three sub-samples. The information obtained was submitted to a variance analysis and a posterior mean multiple comparison test of Tukey; for this, was used the statistical software SAS (Statistical Analysis System, 2002-2003 version 9.1).

Results and discussion

Statistical differences regarding the proximal composition, content of minerals, toxic substances and antinutritionals were observed among the different parts of the analyzed plants ($P < 0.05$). The ashes content (table 1) varied from 13.52 to 20.18% between the parts of the plant, being the leaves and panicles the ones that presented the highest values. The

tas analizadas ($P < 0,05$). El contenido de cenizas (cuadro 1) varió de 13,52 a 20,18% entre las partes de la planta, siendo las hojas y las panículas las que presentaron los mayores valores. Los porcentajes encontrados fueron altos comparados con otros vegetales de consumo convencional (Hernández *et al.*, 1987). Este hallazgo pudiera determinar la importancia de la especie como fuente de minerales para cubrir los requerimientos en humanos y animales.

Las distintas partes de las plantas no mostraron diferencias estadísticas en el contenido de Mg, Al y Hg ($P > 0,05$), pero sí entre algunas partes de la planta con respecto a la composición en Na, K, Ca, Fe, Zn y Cu ($P < 0,05$; cuadro 1). En relación al contenido de minerales se observó que la concentración de Mg presentó una variación entre 673,84 y 455,04 mg.100 g⁻¹, el Ca entre 3088,20 y 1294,50 mg.100 g⁻¹ y el Fe entre 73,08 y 41,75 mg.100 g⁻¹. Las hojas presentaron los valores más altos de metales esenciales con respecto a los tallos y las panículas, en el caso de los metales pesados, en los tallos se observaron los valores más altos de Al y Hg con 215,86 mg.100 g⁻¹ y 0,38 mg.100 g⁻¹, respectivamente, no se evidenció la presencia de Cd y Pb (cuadro 1).

La alta concentración de Ca, Mg y Fe en comparación con los cereales, y los bajos niveles de oxalatos (29,24 a 17,62 mg oxalato.100g⁻¹; cuadro 1) encontrados, permiten proponer al *A. dubius* como una fuente importante de minerales, su consumo pudiera prevenir y mejorar enfermedades como la osteoporosis, osteomalacia y

percentages found were high compared to the ones of others vegetables of conventional consumption (Hernández *et al.*, 1987). This finding might determine the importance of the species as mineral source to cover the requirements in humans and animals.

The different parts of the plants did not show statistics differences in the content of Mg, Al and Hg ($P > 0.05$), but they do in some parts of the plant regarding the composition in Na, K, Ca, Fe, Zn and Cu ($P < 0.05$; table 1). In relation to the mineral content was observed that the concentration of Mg presented a variation from 673.84 to 455.04 mg.100 g⁻¹, Ca from 3088.20 to 1294.50 mg.100 g⁻¹ and Fe from 73.08 to 41.75 mg.100 g⁻¹. Leaves presented the highest values of essential metals in relation to steams and panicles, in the case of heavy metals, in steams were observed the highest values of Al and Hg with 215.86 mg.100 g⁻¹ and 0.38 mg.100 g⁻¹, respectively, it was not observed the presence of CD neither of Pb (table 1).

The high concentration of Ca, Mg and Fe in comparison to cereals, and the low oxalates levels (29.24 to 17.62 mg oxalate.100g⁻¹; table 1) found, allow posing *A. dubius* as an important source of minerals, and its consumption might prevent and improve diseases such as osteoporosis, osteomalacia, anemia (Mahan y Escott-Stump, 2001).

The values of the proteins content show statistic differences among the parts of the plant analyzed ($P < 0.05$), being for the specie under study higher in leaves (26.34%), followed by panicles (20.53%) and

Cuadro 1. Composición proximal, contenido mineral y de sustancias tóxicas y antinutricionales en hojas, tallos y paniculas de *Amaranthus dubius* Mart. ex Thell.**Table 1. Proximal composition, mineral content and toxic and antinutritional substances in leaves, stems, and panicles of *Amaranthus dubius* Mart. ex Thell.**

Variables	Partes de la planta		
	Hojas	Tallos	Paniculas
Análisis proximal (%)			
Materia seca	89,90 ^b	91,76 ^a	91,15 ^a
Cenizas	20,18 ^a	17,35 ^b	13,52 ^c
Proteína cruda	26,34 ^a	6,41 ^c	20,53 ^b
Fibra cruda	9,24 ^c	33,28 ^a	23,02 ^b
Extracto etéreo	1,04 ^b	0,62 ^c	1,83 ^a
ELN	43,22 ^a	42,38 ^{ab}	41,12 ^b
NDT	62,68 ^c	64,28 ^b	67,75 ^a
Tóxicos y antinutricionales			
Fenoles totales (mg.100 g ⁻¹)	1,15 ^a	0,55 ^b	1,24 ^a
Fitatos (mg fitato.g ⁻¹)	2,29 ^b	1,14 ^c	6,99 ^a
Oxalato (mg oxalato.100g ⁻¹)	29,24 ^a	20,98 ^b	17,62 ^c
Nitratos (mg NO ₃ ⁻¹ .kg ⁻¹)	135,40 ^b	255,88 ^a	220,70 ^a
Minerales (mg.100g ⁻¹)			
Na	72,09 ^a	54,42 ^{ab}	38,58 ^b
K	2898,10 ^b	4184,50 ^a	2744,40 ^b
Mg	673,84 ^a	455,04 ^a	518,22 ^a
Ca	3088,20 ^a	1294,50 ^b	1559,50 ^b
Fe	73,08 ^a	41,75 ^b	60,71 ^{ab}
Zn	12,05 ^a	4,34 ^b	5,57 ^b
Cu	1,90 ^a	1,41 ^b	1,65 ^{ab}
Al	195,18 ^a	215,86 ^a	199,30 ^a
Hg	0,38 ^a	0,34 ^a	0,24 ^a

Los valores con letras diferentes en la misma fila presentaron diferencias estadísticas (P<0,05).

Nd: no se detectó la presencia de Pb y Cd.

anemias ferropénicas (Mahan y Escott-Stump, 2001).

Los valores de contenidos de proteínas arrojaron diferencias estadísticas entre las partes de la planta analizadas (P<0,05). Siendo para la

stems (6.41% table 1); considering high for a legume and in some cases it even duplicated the concentration reported in other species of amaranth, cereals or vegetables normally consumed as a protein source

especie en estudio mayor en las hojas (26,34%), seguido por las panículas (20,53%) y los tallos (6,41%; cuadro 1). Considerándose elevados para un vegetal, y en algunos casos hasta se duplicó la concentración reportada en otras especies de amaranto, de cereales o de vegetales consumidos habitualmente como fuente de proteínas (Hernández *et al.*, 1987; Acevedo *et al.*, 2007; Barba de la Rosa *et al.*, 2009).

Estos resultados pudieran determinar la importancia de la especie como fuente de proteínas para cubrir los requerimientos en humanos y animales, una vez que se establezca su calidad biológica.

Se presentaron diferencias estadísticas para los contenidos de fenoles totales, fitatos, oxalatos y nitratos entre algunas partes de la planta ($P < 0,05$). Se observó que la concentración de oxalatos varió entre 29,24 mg oxalato.100g⁻¹ y 17,62 mg oxalato.100g⁻¹ siendo mayor en la hoja; el contenido de nitratos fue mayor en el tallo (255,88 mg NO₃⁻¹.kg⁻¹) seguido por la panícula (220,70 mg NO₃⁻¹.kg⁻¹), en el caso de fenoles totales y fitatos se presentaron los valores más altos en la panícula con 1,24 mg.100 g⁻¹ y 6,99 mg fitato.g⁻¹, respectivamente.

Las bajas concentraciones de sustancias tóxicas y antinutricionales y la ausencia de metales pesados como Cd y Pb; así como, los bajos niveles de Hg y Al encontrados, permiten inferir que el consumo *A. dubius* no representa un riesgo para el consumo. Además, el reducido contenido de fitatos se ha relacionado con efectos positivos como, el retardo de la

(Hernández *et al.*, 1987; Acevedo *et al.*, 2007; Barba de la Rosa *et al.*, 2009).

These results might determine the importance of this specie as a protein source to fulfill the requirements in humans and animals, once established its biological quality.

Statistics differences were presented for the content of total phenoles, phytates, oxalates and nitrates among some parts of the plant ($P < 0.05$). It was observed that the concentration of oxalates varied from 29.24 mg oxalate.100g⁻¹ and 17.62 mg oxalate.100g⁻¹, being higher in the leave; the nitrate content was higher in steams (255.88 mg NO₃⁻¹.kg⁻¹) followed by panicles (220.70 mg NO₃⁻¹.kg⁻¹), in the case of the total phenols and phytates were presented the highest values in the panicle with 1.24 mg.100 g⁻¹ and 6,99 mg fitato.g⁻¹, respectively.

The low concentrations of toxic and antinutritional substances, and the absence of heavy metals such as Cd and Pb, as well as the low levels of Hg and AL found, allow inferring that the consumption of *A. dubius* does not represent a risk for its consumption. Also, the reduced content of phytates has been related to positive effects such as the retard in the digestion of the starch, reduction in the response of glucose, low levels of cholesterol, prevention to the formation of calculus in kidneys, and cancer preventing (Kumar *et al.*, 2009), while the phenols have been related to the antioxidant activity (Barba de la Rosa *et al.*, 2009).

digestibilidad del almidón, disminución de la respuesta de glucosa, hipocolesterolemia, prevención de cálculos renales, anticancerígeno, (Kumar *et al.*, 2009); mientras que los fenoles han sido relacionados con actividad antioxidante (Barba de la Rosa *et al.*, 2009).

Conclusiones

El *Amaranthus dubius* presentó alta concentración de proteínas y minerales; especialmente Ca, Mg y Fe, bajas concentraciones de sustancias tóxicas y antinutricionales, y no se detectó la presencia de metales pesados como Cd y Pb. La composición química del *A. dubius* le confiere un gran interés nutricional, ya que puede ser empleado como una nueva fuente de nutrientes de bajo costo en materias primas de la industria agroalimentaria, comparable con fuentes convencionales como leguminosas y forrajeras.

Literatura citada

A.O.A.C. 1997. Official method of analysis 20 th Ed. Kenneth Heirich (Eds.). Washington, D.C. 1110-1117 pp.

Acevedo, I., O. García, I. Acevedo, & C. Perdomo. 2007. Valor nutritivo de bledo (*Amaranthus spp*) identificado en el municipio Morán, Estado Lara. Revista Agrollanía, 4, 77-93.

Barba de la Rosa, A., I. Fomsgaard, B. Laursen, A. Mortensen, L. Olvera-Martínez, C. Silva-Sánchez, C. Mendoza-Herrera, J. González-Castañeda y A. De León-Rodríguez. 2009. Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) as an alternative crop for sustainable food production: Phenolic acids

Conclusions

Amaranthus dubius presented high concentration of proteins and minerals, especially Ca, Mg and Fe, low concentrations of toxic and antinutritional substances and were not detected the presence of heavy metals such as Cd and Pb. The chemical composition of *A. dubius* gives a great nutritional interest, since it can be employed as a new source of nutrients low of price in organic matter of the food industry, compare to conventional sources such as legumes and fodder legumes.

End of english version

and flavonoids with potential impact on its nutraceutical quality. J. Cereal Sci. 49:117-121.

Hernández, M., M. Chavez y H. Bourges. 1987. Valor nutritivo de los alimentos mexicanos. Inst. Nal. De la nutrición. México. Publ. Div. Nutrición L-12.

Ilarslan, H., R. Palmer, J. Imsande y H. Horner. 1997. Quantitative determination of calcium oxalate and oxalate in developing seeds of soybean (Leguminosae). Am. J. Bot. 84:1042-1046.

Kumar, V., A. Sinha, H. Makkar y K. Becker. 2009. A review. Dietary role of phytate and phytase in human nutrition. Food Chem. 1-52.

Mahan, L. y S. Escott-Stump. 2001. Nutrición y dietoterapia de Krauser. 10ª edición. Editorial Interamericana McGraw-Hill, MADRID 1274 pp.

Matteucci, S., L. Pla y A. Colma. 1999. Recolectión sistemática de germoplasmas de *Amaranthus spp.* en ecosistemas secos del

- estado Falcón, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 16:356-370.
- Odhav, B., S. Beekrum, U. Akula, H. Baijnath. 2007. Preliminary assessment of nutritional value of traditional leafy vegetables in KwaZulu-Natal, South Africa. *Journal of Food Composition and Analysis* 20:430-435
- Olivares E. y E. Peña. 2009. Bioconcentración de elementos minerales en *Amaranthus dubius* (bledo, pira), creciendo silvestre en cultivos del estado Miranda, Venezuela, y utilizado en alimentación. *Interciencia* 24(9):604-611.
- Onyango, C., H. Noetzold, A. Ziems, T. Hofmanna, T. Bley y T. Henle. 2005. Digestibility and antinutrient properties of acidified and extruded maize-finger millet blend in the production of Fuji. *Food Sci. Tech.*38(7):697-707.
- Valdés, A., M. Filippini, L. Martí y C. Salcedo. 2004. Determinación de nitratos en vegetales comparación de cuatro métodos analíticos. *Rev. FCA. UNCuyo*. 36(1):21-28.