

EVALUACIÓN DE PANES ENRIQUECIDOS CON AMARANTO PARA REGIMENES DIETÉTICOS

Keyla Carolina Montero-Quintero, Rafael Moreno-Rojas, Edgar Ali Molina, Máximo Segundo Colina y Adriana Beatriz Sánchez-Urdaneta

RESUMEN

El amaranto es una planta con alto contenido de proteínas, minerales y fibra que podría ser utilizado en la elaboración de alimentos. Se evaluaron las características físicas y composición química de panes con 0, 5, 10, 15 y 20% de *Amaranthus dubius* Mart. ex Thell. y luego fueron seleccionados dos panes para la evaluación biológica. Treinta ratas Sprague Dawley fueron distribuidas en cinco grupos: dieta pan con 0% de amaranto (DPA0), dieta pan con 10% de amaranto (DPA10) dieta pan con 20% de amaranto (DPA20), dieta con caseína (DC) y dieta apteica. Se utilizó un diseño unifactorial aleatorizado y se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey con seis repeticiones y tres submuestras. El mayor contenido de proteínas, fibra

cruda y minerales se observó en los panes con 10 y 20% de amaranto mostrando diferencias estadísticas ($P < 0,05$) entre ellos y con el resto de los panes. El consumo de alimento, la eficiencia del alimento y la ganancia en peso no revelaron diferencias estadísticas ($P > 0,05$) entre las dietas con amaranto. La digestibilidad de DPA10 fue mayor sin diferencias estadísticas ($P > 0,05$) con DC. El pan con 10% de amaranto presentó las mejores características físicas y composición proximal, especialmente proteínas, lípidos y minerales, así como una alta digestibilidad. La utilización de harina de amaranto hasta un 10% constituye una alternativa para mejorar el valor nutricional de los panes y elaborar alimentos funcionales por el aporte de fibra.

Introducción

La tendencia actual hacia el desarrollo de alimentos funcionales ha ganado terreno a nivel mundial, especialmente en los productos de panadería, los cuales han sido complementados con diferentes sustancias nutritivas y protectoras que permiten disminuir la incidencia de diversos tipos de patologías asociadas con los alimentos.

En los últimos años las investigaciones persiguen mejorar el valor nutritivo del pan de trigo con ingredientes funcionales; por tanto, se está promoviendo el uso de cereales y pseudocereales en grano y harinas integrales, así como la adición de mezclas de diferentes semillas, frutos secos y/o de productos con

un elevado aporte de fibra dietética (Bodroza-Solarov *et al.*, 2008; Sanz-Penella *et al.*, 2009) ya que su presencia se relaciona con la regulación intestinal, incluyendo un aumento de la masa fecal y reducción del tiempo de tránsito intestinal de la misma. De igual forma tiene efectos sobre el colesterol en sangre y en la reducción de la absorción intestinal de glucosa, por lo que ayuda en la prevención y control de enfermedades cardiovasculares y metabólicas (Aleixandre y Miguel, 2008; Repo-Carrasco, 2009).

El amaranto es una planta perteneciente a la familia Amaranthaceae, género *Amaranthus*, distribuida en zonas tropicales y subtropicales (Olivares y Peña, 2009).

En Venezuela se encuentran unas 12 especies de amaranto, conocidas como bleado 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 interés medicinal o como verdura para la alimentación humana (Matteucci *et al.*, 1999).

En años recientes el amaranto ha sido ampliamente estudiado, siendo una de las razones para ello su excelente composición nutricional, comparable con los cereales

(Osvald *et al.*, 2009). *Amaranthus dubius* tiene un alto valor nutricional asociado a la presencia de una alta concentración de proteínas y minerales; especialmente Ca, Mg y Fe (Montero-Quintero *et al.*, 2011), presenta un alto contenido de fibra (Arellano *et al.*, 2004), así como compuestos bioactivos tales como saponinas, fitoesteroles, escualeno y polifenoles (Acevedo *et al.*, 2007; Odhav *et al.*, 2007; Barba de la Rosa *et al.*, 2009). Además, se han reportado bajas concentraciones de sustancias tóxicas y antinutricionales en esta especie, y no se ha detectado la presencia de metales pesados como Cd y Pb (Molina *et al.*, 2011).

Amaranthus dubius presenta valor como nutraceutico debido al alto porcentaje de fibra

PALABRAS CLAVE / Amaranto / Composición Proximal / Evaluación Biológica / Minerales / Pan /

Recibido: 26/06/2014. Modificado: 27/05/2015. Aceptado: 29/05/2015.

Keyla Montero-Quintero. Licenciada en Bioanálisis y M.Sc. en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, LUZ, Venezuela. Doctora en Tecnología de Alimentos, Universidad de Córdoba, España. Docente Investigadora, LUZ, Venezuela. Dirección: Departamento de Química,

LUZ. Apartado 526, Maracaibo 4001-A, Zulia, Venezuela. e-mail: keylamq@gmail.com
Rafael Moreno-Rojas. Doctor en Veterinaria, Universidad de Córdoba, España. Catedrático, Universidad de Córdoba, España. e-mail: rafael.moreno@uco.es
Edgar Ali Molina. Licenciado en Educación Química y M.Sc. en

Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universidad del Zulia (LUZ), Venezuela. Doctor en Tecnología de Alimentos, Universidad de Córdoba, España. Docente Investigador, LUZ, Venezuela. e-mail: molinaed01@gmail.com
Máximo Colina. Maestro Panadero, Programa de

Formación en Panadería, LUZ, Venezuela. e-mail: maximocolina@gmail.com
Adriana Beatriz Sánchez-Urdaneta. Ingeniera Agrónoma, LUZ, Venezuela. Maestra y Doctora en Ciencias, Colegio de Postgraduados, México. Docente Investigadora, LUZ, Venezuela. e-mail: usanchez@fa.luz.edu

EVALUATION OF AMARANTH ENRICHED BREAD FOR DIETARY REGIMES

Keyla Carolina Montero-Quintero, Rafael Moreno-Rojas, Edgar Ali Molina, Máximo Segundo Colina and Adriana Beatriz Sánchez-Urdaneta

SUMMARY

*Amaranth is a plant rich in protein, minerals and fiber that could be used in food processing. We evaluated physical characteristics and chemical composition of bread with 0, 5, 10, 15 and 20% of *Amaranthus dubius* Mart. ex Thell and thereafter two breads were selected for biological evaluation. Thirty Sprague Dawley rats were divided into five groups: bread diet with 0% amaranth (DPA0), bread diet with 10% amaranth (DPA10), bread diet with 20% of amaranth (DPA20) casein diet (DC) and aprotic diet. A randomized design was used univariate and the multiple comparison Tukey test was applied, with six replicates and three subsamplings. The highest content of*

protein, crude fiber and minerals was found in breads with 10 and 20% amaranth, showing statistical differences ($P < 0.05$) between them and the other breads. Feed intake, feed efficiency and weight gain showed no statistical differences ($P > 0.05$) between diets with amaranth. DPA10 digestibility was higher, without statistical difference ($P > 0.05$) with DC. The bread with 10% amaranth presented the best physical characteristics and proximal composition, especially proteins, lipids and mineral, and high digestibility. The use of amaranth flour up to 10% is an alternative to improve the nutritional value of the bread and prepare functional foods for fiber intake.

AVALIAÇÃO DE PÃES ENRIQUECIDOS COM AMARANTO PARA REGIMES DIETÉTICOS

Keyla Carolina Montero-Quintero, Rafael Moreno-Rojas, Edgar Ali Molina, Máximo Segundo Colina e Adriana Beatriz Sánchez-Urdaneta

RESUMO

*O amaranto é uma planta com alto conteúdo de proteínas, minerais e fibra que poderia ser utilizado na elaboração de alimentos. Se avaliaram as características físicas e composição química de pães com 0, 5, 10, 15 e 20% de *Amaranthus dubius* Mart. ex Thell. E em seguida foram selecionados dois pães para a avaliação biológica. Trinta ratas Sprague Dawley foram distribuídas em cinco grupos: dieta pão com 0% de amaranto (DPA0), dieta pão com 10% de amaranto (DPA10) dieta pão com 20% de amaranto (DPA20), dieta com caseína (DC) e dieta aprotéica. Se utilizou um desenho unifatorial aleatorizado e se aplicou a prova de comparação múltipla de Tukey com seis repetições e três subamostras. O maior conteúdo de proteínas,*

fibra crua e minerais se observou nos pães com 10 e 20% de amaranto mostrando diferenças estatísticas ($P < 0,05$) entre eles e com o resto dos pães. O consumo de alimento, a eficiência do alimento e o ganho em peso não revelaram diferenças estatísticas ($P > 0,05$) entre as dietas com amaranto. A digestibilidade de DPA10 foi maior sem diferenças estatísticas ($P > 0,05$) com DC. O pão com 10% de amaranto apresentou as melhores características físicas e composição proximal, especialmente proteínas, lipídeos e minerais, assim como uma alta digestibilidade. A utilização de farinha de amaranto até um 10% constitui uma alternativa para melhorar o valor nutricional dos pães e elaborar alimentos funcionais pelo aporte de fibra.

dietética, toda ella como fibra dietética insoluble (40,48%) y no conteniendo fibra dietética soluble (Arellano *et al.*, 2004). Sin embargo, algunos autores han reportado un alto contenido de fibra y los beneficios de estas en la disminución de hipercolesterolemia y disminución de la glucosa sanguínea y control de peso, lo cual conlleva a pesar que las especies de amaranto contienen los dos tipos de fibra dietética. Esto le proporciona interés nutricional, ya que puede convertirse en una alternativa para mejorar la dieta. También se podría utilizar en la preparación de productos libres de gluten y alimentos funcionales (Czerwinski *et al.*, 2004; Hye *et al.*, 2006; Montero-Quintero *et al.*, 2015).

El amaranto puede ser empleado como una nueva fuente de nutrientes de bajo costo en

materias primas de la industria agroalimentaria, especialmente en la elaboración de pan, permitiendo mejorar su valor nutricional del mismo y ofreciendo un alimento funcional a la población. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el uso del amaranto (*Amaranthus dubius* Mart. ex Thell.) como ingrediente para mejorar la calidad del pan de trigo desde el punto de vista nutricional y funcional, a través del estudio de la composición química y la evaluación biológica de panes elaborados.

Materiales y Métodos

Harina de amaranto

Las muestras de *A. dubius* se obtuvieron de una siembra experimental ubicada en el municipio Santa Rita, estado Zulia, Venezuela. El suelo fue

preparado con rastra y fertilizado con materia orgánica (capa vegetal y el estiércol de aves de corral).

Las panículas fueron deshidratadas en estufa a 50-60°C durante 40h, con rotación y aireación constante. Posteriormente se molieron y tamizaron con tamaño de partícula $\leq 0,5$ mm (Retsch Muhle Dietz, LBI-27, Alemania) y fueron almacenadas en recipientes de plástico con tapa hermética; se cubrieron con una bolsa de tela y se guardaron en un lugar seco a temperaturas $\leq 20^\circ\text{C}$ hasta la determinación de su composición (Tabla I) y preparación del pan.

Formulación y preparación de los panes

Se elaboraron muestras de pan integral suplementado

con 0, 5 10, 15 y 20% de harina de amaranto, de acuerdo con la propuesta de Colina (2012), la cual consistió en mezclar harina de trigo y harina integral de amaranto, utilizando esta mezcla como base a la que se añadieron los otros componentes en proporciones máxicas de 1% de sal, 5% de azúcar, 5% de grasa, 1% de vinagre, 5% de levadura con 55% de agua. Estos ingredientes se mezclaron y se amasaron durante 15min (Boia®, 20 litros) y posteriormente se amasó manualmente. La masa fue pesada y colocada en el molde. La fermentación de la masa se llevó a cabo a 30-35°C por 180min y luego se horneó a 160-170°C durante 1h 10min. El pan 0% amaranto se preparó usando una mezcla de harina de trigo y 15% de salvado de trigo

TABLA I
COMPOSICIÓN PROXIMAL,
CONTENIDO MINERAL Y
DE SUSTANCIAS TÓXICAS Y
ANTINUTRICIONALES
EN HARINA DE PANÍCULAS
DE *Amaranthus dubius*

Análisis proximal (g·kg ⁻¹)	Panículas
Materia seca	911,5
Cenizas	135,2
Proteína cruda	205,3
Fibra cruda	230,2
Extracto etéreo	18,3
ELN	411,2
NDT	677,5
Tóxicos y antinutricionales	
Fenoles totales (mg/100g)	1,24
Fitatos (mg fitato/g)	6,99
Oxalato (mg oxalato/100g)	17,62
Nitratos (mg NO ₃ ⁻¹ /kg)	220,70
Minerales (mg/100g)	
Na	38,58
K	2744,40
Mg	518,22
Ca	1559,50
Fe	60,71
Zn	5,57
Cu	1,65
Al	199,30
Hg	0,24

Modificado de Montero-Quintero *et al.* (2011). Las unidades del análisis proximal fueron cambiadas de % a g·kg⁻¹. ELN: extracto libre de nitrógeno, NDT: nutrientes digeribles totales. No se detectó la presencia de Pb y Cd.

(Colina, 2012), a fin de obtener de un pan integral tecnológicamente comparable para evaluar.

Análisis físicos

Se realizó una evaluación de las características físicas del pan testigo (0% amaranto) y de los enriquecidos con harina integral de amaranto. Se utilizó una regla graduada para medir el ancho, alto y largo de los panes y una balanza para el peso.

Análisis químicos

Se realizó un análisis proximal (AOAC, 1997) de la harina de amaranto, así como de los panes elaborados. La proteína cruda se obtuvo multiplicando el contenido en nitrógeno por el factor 6,25. Los minerales Ca, Mg, Zn y Fe se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica (AOAC, 1997).

Preparación de las dietas

Se prepararon tres dietas utilizando las muestras de pan con 0% harina de amaranto y de los panes seleccionados de acuerdo a las características físicas y composición proximal. Los panes se cortaron y se secaron a 60°C durante 48h, luego se molieron y se utilizaron en la preparación de los pellets de cada dieta para ser suministrada a ratas Sprague Dawley.

Para cada una de las dietas se incorporaron: 90% de harina de pan, 5% de aceite vegetal y 5% de una mezcla de vitaminas y minerales, suministrada por T&V (Alforja, España) con la siguiente composición de vitaminas y minerales (g·kg⁻¹ pre-mix): Fe 10; I 0,2; Co 0,02; Cu 3; Mn 10; Zn 12; Se 0,02; vitamina E 3,2; vitamina B₁ 0,2; vitamina B₂ 0,6; vitamina B₆ 0,2; vitamina B₁₂ 0,002; d-pantoato de Ca 2; ácido nicotínico 4,4; cloruro de colina 10; vitamina A 1.800.000UI; vitamina D₃ 300.000UI.

Además de estas dietas experimentales se preparó una dieta proteica que contenía caseína para asegurar un consumo del 10% o más de proteína y una dieta aprotéica con base en almidón de maíz, aceite vegetal, mezcla de vitaminas y minerales, azúcar y goma xantán (como aglutinante) para ser utilizada en el método de relación de proteína neta (NPR).

Evaluación biológica

Un total de 30 ratas macho Sprague Dawley, suministradas por el Bioterio de la Universidad Centro-Occidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto, estado Lara, Venezuela, con 33 días de edad, fueron alojados individualmente y se mantuvieron en ciclos de 12h luz/oscuridad a 25°C, consumiendo alimento comercial (Rataharina Protinal®) y agua *ad libitum* por siete días como periodo de adaptación. Después de este tiempo los animales se dividieron en cinco grupos de seis ratas cada uno. La alimentación fue *ad libitum* por un periodo de 21 días. Los autores confirman que el ensayo se ajustó a lo dispuesto en las recomendaciones sobre el cuidado y protección de los animales utilizados con fines experimentales establecidos en la Unión Europea (European Union, 2003).

Los registros de la ingesta de alimentos se realizó diariamente y las ratas se pesaron cada siete días. Los datos fueron empleados para realizar los cálculos de parámetros utilizados en la evaluación biológica de un alimento, a saber: eficiencia del alimento (EA)= ganancia en peso corporal (g)/ingesta de alimento (g), utilización del alimento (UA)= consumo de alimento (g)/ganancia en peso corporal (g), relación de eficiencia proteica (PER)= ganancia en peso corporal (g)/ingesta de proteínas (g), relación de

eficiencia proteica corregida (C-PER)= PER de la caseína (2,5)×PER de la proteína a prueba/PER de caseína experimental, utilización neta de proteína (NPU)= proteína consumida (g)/ganancia en peso corporal (g), retención neta de proteína (NPR)= (ganancia en peso del grupo experimental (g) + pérdida de peso del grupo aprotéico (g))/ingesta de proteínas del grupo experimental (g), digestibilidad aparente de la proteína (DA)= (N consumido-N excretado en las heces)/(N consumido) × 100, digestibilidad verdadera de la proteína (DV)= (N consumido-N excretado en las heces en dieta experimental)-(N excretado en las heces en dieta aprotéica)/N consumido × 100.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron utilizando un diseño unifactorial aleatorizado para evaluar la composición proximal y mineral de los panes, así como la calidad biológica de la proteína en los panes. Se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey con seis repeticiones y tres submuestreos, utilizando el software estadístico SAS versión 9.1.3 (SAS, 2002-2003).

Resultados y Discusión

Evaluación química

En la Tabla II se muestran los resultados de los análisis

TABLA II
ANÁLISIS PROXIMAL Y CONTENIDO MINERAL DE PANES
ELABORADOS CON HARINA DE TRIGO Y HARINA DE AMARANTO

Variables	Pan 0%	Pan 5%	Pan 10%	Pan 15%	Pan 20%
Análisis proximal (g·Kg ⁻¹)					
Materia seca	912,0 d	915,1 c	918,1 ab	916,5 bc	919,2 a
Cenizas	19,8 b	15,8 c	20,0 b	16,5 c	31,4 a
Proteínas	173,5 d	174,4 d	183,7 b	178,1 c	189,2 a
Extracto etéreo	38,1 e	63,7 d	70,0 c	82,0 b	86,9 a
Fibra cruda	14,8 c	10,7 e	17,3 b	11,6 d	30,0 a
ELN	753,8 a	735,4 b	711,8 c	708,4 c	662,4 d
NDT	794,6 d	808,6 b	806,2 bc	815,1 a	803,2 c
Minerales					
Calcio (%)	0,752 b	0,72 c	0,733 c	0,793 b	0,974 a
Magnesio (%)	0,112 e	0,146 d	0,172 c	0,193 b	0,257 a
Zinc (ppm)	53,184 d	62,224 d	99,340 b	84,440 c	135,873 a
Hierro (ppm)	39,900 b	44,917 b	59,672 a	38,483 c	52,534 a

ELN: extracto libre de nitrógeno, NDT: nutrientes digeribles totales. Los valores con letras diferentes en la misma fila presentaron diferencias estadísticas (P<0,05).

químicos de los panes elaborados. El contenido de materia seca (915,1-919,2g·kg⁻¹), proteínas (174,4-189,2g·kg⁻¹) y lípidos (63,7-86,9g·kg⁻¹) fueron mayores (P<0,05) en los panes que contenían amaranto que en el testigo.

Los panes con 10% y 20% de amaranto presentaron la mayor concentración de proteínas (189,2 y 183,7g·kg⁻¹), cenizas (31,4 y 20,0g·kg⁻¹) y fibra cruda (30,0 y 17,3g·kg⁻¹) respectivamente, mostrando diferencias estadísticas (P<0,05) entre ellos y con el resto de los panes formulados. Por otro lado, el contenido de extracto etéreo fue mayor en los panes con 15 y 20% de amaranto. Se observaron diferencias estadísticas (P<0,05) entre ellos y con el resto de los panes.

El aumento del contenido de materia seca, proteínas, cenizas, extracto etéreo (lípidos) y fibra en los panes se debió a la composición nutricional de la harina de amaranto empleada (Montero-Quintero *et al.*, 2011, Molina *et al.*, 2011), lo que fue consistente con lo reportado por Sanz-Penella *et al.* (2013).

El contenido de cenizas por la inclusión de harinas integrales constituyó un aumento en la concentración de minerales en el producto final (Sanz-Penella *et al.*, 2009). Del mismo modo, la adición de harina integral de amaranto aumentó el contenido proteico, representando dicho incremento una mayor cantidad de proteínas de mayor valor biológico para consumo humano, debido a su composición aminoacídica (Silva-Sánchez *et al.*, 2008), respecto a la muestra control. En lo que respecta al contenido en fibra, la inclusión de amaranto aumentó su cantidad al doble cuando se utilizó al 20%. Por lo tanto, los panes con amaranto podrían ser empleados como fuente de fibra (Tosi *et al.*, 2001) y de esta manera ayudar en el tratamiento de ciertas patologías asociadas a la falta de consumo de fibra.

El valor de extracto etéreo en los panes suplementados con harina de amaranto

duplicó el contenido del pan testigo; sin embargo, esto no puede considerarse negativo para su consumo debido a que se ha reportado que los lípidos en el amaranto se deben principalmente a la presencia de ácidos grasos insaturados y escualeno (He *et al.*, 2002), los cuales tienen efectos positivos a la salud.

El contenido mineral en los panes fue mayor a medida que se aumentó el contenido de amaranto, lo que confirmó lo reportado por Montero-Quintero *et al.* (2011) sobre el posible uso de *A. dubius* como fuente de minerales, especialmente Ca y Fe; lo cual se evidenció en los resultados obtenidos. La mayor concentración de Ca, Mg, Fe y Zn se observó en los panes con 20% de amaranto, presentando diferencias significativas (P<0,05) con el resto de los panes, a excepción del contenido de Fe, donde no hubo diferencias (P>0,05) con el pan con 10% de amaranto. Estos resultados fueron consistentes con los observados por Sanz-Penella *et al.* (2013); sin embargo, se debe destacar que los valores observados en los panes con 20% de amaranto, fueron superiores a los observados por Sanz-Penella *et al.* (2013) al sustituir con un 40% de harina de amaranto.

Evaluación física

El peso, ancho, alto y largo de los panes elaborados se presentan en la Tabla III. Se observaron diferencias estadísticas (P<0,05) en el ancho de los panes que contenían amaranto y el pan testigo. El peso de los panes varió entre 492,41-446,76 g; los panes con 15 y 20% de amaranto presentaron el mayor peso y se observaron diferencias estadísticas (P<0,0006) entre ellos y el pan con 10% de amaranto. En la altura de los panes no se presentaron diferencias entre el 5 y 10% de amaranto (P>0,05), pero sí con el resto de los grupos (P<0,0006).

La evaluación visual permitió detectar que los panes con más de un 10% de harina de

amaranto presentaron un menor tamaño de poros y hogazas más compactas, con un tamaño similar a la masa original que se colocó en el molde, lo que indicó que no se produjo una retención de gas durante la fermentación. Por tanto, se podría afirmar que a mayor porcentaje de suplementación con harina de amaranto se obtuvo un menor tamaño del pan (Figura 1). Asimismo, se detectó que a medida que aumentó la concentración de harina integral de amaranto la corteza del pan fue más oscura (Figura 1) por efecto del color de la harina, hallazgo comparable con lo reportado por Rossell *et al.* (2009) y Sanz-Penella *et al.* (2013) al utilizar harina de otras especies de amaranto en la preparación del pan. Esto podría estar relacionado con el contenido de azúcares reductores y proteínas presentes en las harinas (Repo-Carrasco *et al.*, 2003) que reaccionan durante la cocción produciendo pardeamiento no enzimático de Maillard y con las condiciones aplicadas durante la cocción (temperatura, humedad relativa, modos de transferencia de calor; Esteller y Lannes, 2008). A través de la evaluación cualitativa se observó que la presencia de 20% de amaranto produjo migas más duras en comparación con el testigo. Hallazgos similares fueron reportados por Park *et al.* (2005) y Roseell *et al.* (2009) al utilizar harinas de pseudocereales.

Considerando los resultados de los análisis físicos y químicos, el pan integral suplementado con 10% de harina de amaranto presentó las mejores características; sin embargo, el pan con 20% de amaranto fue seleccionado por considerarse que su mayor contenido de proteínas, cenizas (minerales) y fibra podría ofrecer los mejores beneficios. Además, se ha reportado que la inclusión de harina de amaranto podría ser hasta una proporción máxima del 20%, manteniendo la calidad del producto, así como el beneficio nutricional de este ingrediente (Sanz-Penella *et al.*, 2013).

Evaluación biológica

En la Tabla IV se muestran los resultados de la evaluación biológica de los panes seleccionados. Las ratas alimentadas con la dieta con pan de amaranto al 10% (DPA10), la dieta con pan de amaranto al 20% (DPA20) y dieta con caseína (DC) mostraron aumento de peso durante los 21 días del ensayo. Por el contrario, las ratas alimentadas con la dieta de pan sin amaranto (DPA0) perdieron peso.

El consumo de alimento y proteína varió de manera similar: se observó una menor ingesta en los grupos DPA0, DPA10 y DPA20 (P<0,0001) en comparación con DC, lo cual podría deberse a la mayor sensación de saciedad de los animales (Carter, 1993) que pudiera relacionarse con el contenido de fibra aportada por el amaranto (Montero-Quintero *et al.*, 2011) y que en el caso de DPA0 fue aportado por el afrecho utilizado.

El promedio de la ganancia en peso corporal fue de 51,42; 0,58 y 0,43g para DC, DPA10 y DPA20, respectivamente. Se observaron diferencias estadísticas (P<0,0001) entre el aumento de peso de las ratas que consumieron DC y el resto de las dietas experimentales. La poca ganancia en peso de los grupos DPA10 y DPA20 durante todo el estudio pudo deberse al bajo consumo de las dietas; sin embargo, el balance entre los nutrientes de las dietas aportaron los requerimientos nutricionales de las ratas, lo cual permitió en líneas generales el mantenimiento del peso corporal. Esto sugiere el posible uso de panes con amaranto en regímenes alimenticios hipocalóricos e isocalóricos.

Considerando que la fibra de un alimento afecta la ganancia en peso, así como la excreción fecal de proteína, debido a la disminución de la digestibilidad del alimento (Carron *et al.*, 1997), se esperaba que el aporte de amaranto en los panes afectara negativamente su digestibilidad; sin embargo, la digestibilidad

TABLA III
ANÁLISIS FÍSICO DE PANES ELABORADOS CON HARINA DE TRIGO Y HARINA DE AMARANTO

	Peso (g)	Alto (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)
Pan 0%	464,95 ab	7,97 bc	8,03 c	9,27 a
Pan 5%	469,90 ab	10,03 a	28,10 bc	8,10 b
Pan 10%	446,76 b	8,77 ab	28,17 ab	8,17 b
Pan 15%	482,28 a	8,03 bc	28,23 a	8,60 b
Pan 20%	492,41 a	7,43 c	28,07 bc	8,33 b

Los valores con letras diferentes en la misma columna presentaron diferencias estadísticas ($p < 0,05$).

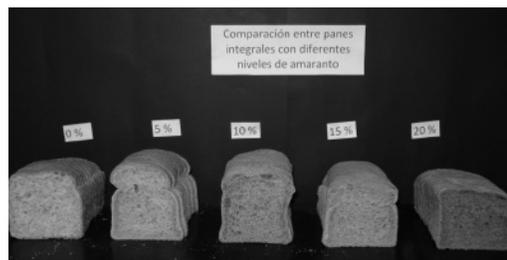


Figura 1. Panes elaborados con diferentes proporciones de harina de trigo y harina de amaranto.

aparente y digestibilidad verdadera varió de forma similar en DC (87,80 y 91,26%) y DPA10 (83,00 y 90,56%), sin diferencias estadísticas ($P > 0,05$) entre ellas; aun cuando la ganancia en peso en DC fue mucho mayor.

Las proteínas de origen vegetal son generalmente inferiores en calidad debido a su baja proporción o ausencia de algunos aminoácidos esenciales y a la presencia de algunos factores antinutricionales tales como fibras, taninos y fitatos, que podrían modificar la bio-utilización de los alimentos, haciendo difícil su absorción debido a la reducción de la digestión enzimática, especialmente de las proteínas y aminoácidos (Lenzi Almeida *et al.*, 2008). Sin embargo, DPA10 presentó una alta digestibilidad lo que demostró que la proteína del amaranto tuvo una elevada disponibilidad para ser utilizada aun con el alto contenido de fibra que presentó.

Los resultados del EA y PER no revelaron diferencias estadísticas ($P > 0,05$) entre las dietas con amaranto. DC presentó los valores más altos, observándose diferencias estadísticas ($P < 0,0001$) con el resto de las dietas. Resultados similares fueron obtenidos por

Pacheco *et al.* (2007) al evaluar un suplemento alimenticio alternativo asociación de salvados, semillas vegetales y leche en polvo en el crecimiento y el desarrollo de ratas, y por

Lenzi de Almeida *et al.* (2008) al estudiar el efecto de las semillas de linaza en el crecimiento de ratas Wistar.

Los bajos valores de EA Y PER presentados en los grupos DPA10 y DPA20 pudieron estar relacionados con el bajo consumo del alimento, así como por el alto contenido de fibra (Lenzi de Almeida *et al.*, 2008).

Los valores de NPR se vieron afectados por la adición de amaranto como fuente de fibra y proteína en el pan, observando diferencias ($P < 0,0001$) con DC y similitud en los valores de DPA0.

Aun cuando el alto contenido de fibra en los panes con amaranto pudo afectar la bio-utilización del pan, debido a que las fibras aumentan la cantidad de las heces fecales y el flujo intestinal, podrían interactuar además con la proteína haciendo difícil su absorción debido a la reducción de la digestión enzimática. Los valores de EA, PER y digestibilidad fueron superiores al pan testigo, el cual tenía afrecho como fuente de fibra. Por tanto, la proteína aportada por el amaranto (hasta en 10% de adición) no solo tuvo una digestibilidad comparada a la de la caseína, sino que podría haber sido utilizada por las

ratas en el mantenimiento de sus funciones vitales.

Gómez por permitir la utilización del Bioterio.

Conclusiones

El pan con un 10% de amaranto presentó las mejores características visuales y la mejor composición nutricional especialmente proteínas, lípidos y minerales. Además, esto se vio potenciado por su alta digestibilidad comparada con la caseína. Asimismo, las ratas alimentadas con DPA10 mantuvieron su peso corporal.

La utilización de harina de amaranto constituye una alternativa viable para mejorar el valor nutricional de los panes y para ser utilizado como coadyuvante en los regímenes dietéticos hipocalóricos e isocalóricos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia (CONDES) por el financiamiento de esta investigación (proyecto N° CC-0670-10), al Programa de Formación en Panadería de la Universidad del Zulia por su colaboración en la elaboración de los panes, y al Instituto Endocrino-Metabólico Félix

REFERENCIAS

- Acevedo I, García O, Acevedo I, Perdomo C (2007) Valor nutricional de bleo (*Amaranthus* spp.) identificado en el municipio Morán, estado Lara. *Agrollanía* 4: 77-93.
- Aleixandre A, Miguel M (2008) Dietary fiber in the prevention and treatment of metabolic syndrome. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 48: 905-912.
- AOAC (1997) *Official Methods of Analysis*. 20th Ed. Heirich K. (Ed.). Washington, DC, EEUU. 1110-1117 pp.
- Arellano Mirta AL, Albarracín G, Arce S, Mucciarelli S (2004) Estudio comparativo y agronómico de dos especies de amarantos. *Int. J. Exp. Bot. Phytom* 1: 199-203.
- Barba de la Rosa AP, Fomsgaard IS, Laursen B, Mortensen AG, Olvera-Martínez L, Silva-Sánchez C, Mendoza-Herrera A, González-Castañeda J, De León Rodríguez A (2009) Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) as an alternative crop for sustainable food production: Phenolic acids and flavonoids with potential impact on its nutraceutical quality. *J. Cereal Sci.* 49: 117-121.

TABLA IV
DIGESTIBILIDAD APARENTE, DIGESTIBILIDAD VERDADERA, NITRÓGENO CONSUMIDO, NITRÓGENO ABSORBIDO Y UTILIZACIÓN DE LA PROTEÍNA DE PANES ELABORADOS CON HARINA DE TRIGO Y HARINA AMARANTO

	Pan 0%	Pan 10%	Pan 20%	Caseína
GP	-4,85 b	0,58 b	0,43 b	51,42 a
AC	87,21 b	100,67 b	102,43 b	176,83 a
PD	15,62 d	16,53 c	17,03 b	25,10 a
PC	13,63 b	16,64 b	17,44 b	44,39 a
EA	-0,054 c	0,0050 b	0,0057 b	0,29 a
PER	-0,35 c	0,03 b	0,03 b	1,15 a
PER corregido	-0,76 c	0,07 b	0,06 b	2,5 a
NPR	1,29 c	1,87 b	1,70 b	2,25 a
DA	77,56 b	83,00 a	77,20 b	87,80 a
DV	88,68 b	90,56 a	85,05 b	91,26 a
NC	2,18 b	2,66 b	2,79 b	7,10 a
NA	2,50 d	2,64 c	2,72 b	4,02 a
UP	-4,24 a	-1,40 a	3,25 a	0,89 a

DA: digestibilidad aparente, DV: digestibilidad verdadera, GP: ganancia en peso, AC: alimento consumido, NC: nitrógeno consumido, NA: nitrógeno absorbido, PD: proteína en la dieta, PC: proteína consumida, PER: relación de eficiencia proteica, EA: eficiencia del alimento, UP: utilización de la proteína. Los valores con letras diferentes en la misma fila presentaron diferencias estadísticas ($P < 0,05$).

- Bodroza-Solarov M, Filiocev B, Kevresan Z, Mandic A, Simurina O (2008) Quality of bread supplemented with popped *Amaranthus cruentus* grain. *J. Food Proc. Eng.* 31: 602-618.
- Carron NM, García AA, Goñi I, Saura-Calixto F (1997) Nutritional and physiological properties of grape pomace as a potential food ingredient. *Am. J. Enol. Vitic.* 38: 329-332.
- Carter JF (1993) Potential of flaxseed and flaxseed oil in baked goods and other products in human nutrition. *Cereal Foods World* 38: 753-759.
- Colina Barriga MS (2012) *La Magia de la Panadería*. 1ª ed. Zulia, Venezuela. 220 pp.
- Czerwinski J, Bartnikowska E, Leontowicz H, Lange E, Leontowicz M, Katrich E, Trakhtenberg S, Gorinstein S. (2004) Oat (*Avena sativa* L.) and amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) meals positively affect plasma lipid profile in rats fed cholesterol-containing diets. *J. Nutr. Biochem.* 15: 622-629.
- Esteller MS, Lannes SCS (2008). Production and characterization of sponge dough bread using scaled rye. *J. Texture Stud.* 39: 56-67.
- European Union (2003) *Protection of Animals Used for Experimental Purposes*. Directive 86/609/EEC of 24/11/1986, amended 16/09/2003.
- He HP, Cai Y, Sun M, Corke H (2002) Extraction and purification of squalene from amaranthus grain. *J. Agric. and Food Chem* 50: 368-372.
- Hye-Kyung K, Mi-Jeong K, Hong-Yon C, Eun-Ki Kim, Dong-Hoon S (2006) Antioxidative and anti-diabetic effects of amaranth (*Amaranthus esculantus*) in streptozotocin-induced diabetic rats. *Cell Biochem. Funct.* 24: 195-199.
- Lenzi de Almeida KC, Spreafico Fernandes F, Teles Boaventura G, Guzmán-Silva M. (2008) Efecto de la semilla de linaza (*Linum usitatissimum*) en el crecimiento de ratas Wistar. *Rev. Chil. Nutr.* 35: 443-451
- Matteucci S, Pla L, Colma A (1999) Recolección sistemática de germoplasmas de *Amaranthus* spp. en ecosistemas secos del estado Falcón. Venezuela. *Rev. Fac. Agron. LUZ* 16: 356-370.
- Molina E, González-Redondo P, Montero K, Ferrer R, Moreno-Rojas R, Sánchez-Urdaneta AB (2011) Efecto de la época de recolecta y órgano de la planta sobre el contenido de metales de *Amaranthus dubius* Mart. ex Thell. *Interciencia* 36: 386-391.
- Montero-Quintero K, Moreno Rojas R, Molina E, Sánchez-Urdaneta AB (2011) Composición química del *Amaranthus dubius*: una alternativa para la alimentación humana y animal. *Rev. Fac. Agron. LUZ* 28(Supl. 1): 619-627.
- Montero-Quintero KC, Moreno-Rojas R, Molina E, Colina-Barriga MS, Sánchez-Urdaneta AB (2015) Efecto del consumo de panes integrales con amarantho (*Amaranthus dubius* Mart; ex Thell;) sobre la respuesta glicémica y parámetros bioquímicos en ratas Sprague Dawley. *Nutric. Hospit.* 31: 313-320.
- Olivares E, Peña E (2009) Bioconcentración de elementos minerales en *Amaranthus dubius* (bledo, pira), creciendo silvestre en cultivos del estado Miranda, Venezuela, y utilizado en alimentación. *Interciencia* 24: 604-611.
- Oszvald M, Tamás C, Rakszegi M, Tömösközi S, Békés F, Tamás L (2009) Effects of incorporated amaranth albumins on the functional properties of wheat dough. *J. Soc. Chem. Ind. Food Agril.* 89: 882-889.
- Pacheco JT, Daleprane JB, Boaventura GT (2007) O efeito da alimentação alternativa nos indicadores biológicos e químicos de ratos em crescimento alimentados com a dieta do município de Quissamã/RJ. *Rev. Saúde Com.* 3: 35-47.
- Park HS, Maeda T, Morita N (2005) Effect of whole quinoa flours and lipase on the chemical, rheological and breadmaking characteristics of wheat flour. *J. Appl. Glycosci.* 52: 337-343.
- Repo-Carrasco-Valencia R, Peña J, Kallio H, Salminen S (2009) Dietary fiber and other functional components in two varieties of crude and extruded kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *J. Cereal Sci.* 49: 219-224.
- Rosell CM, Cortez G, Repo-Carrasco R (2009) Breadmaking use of Andean crops quinoa, Kañiwa, Kiwicha, and Tarwi. *Cereal Chem.* 86: 386-392.
- Sanz-Penella JM, Tamayo-Ramos JA, Sanz Y, Haros M (2009) Phytate reduction in bran-enriched bread by phytase-producing bifidobacteria. *J. Agric. Food Chem.* 57: 239-244.
- Sanz-Penella JM, Wronkoswska M, Soral-Smietana M, Haros M (2013) Effect of whole flour on bread properties and nutritive value. *LWT-Food Sci. Technol.* 50: 679-685.
- SAS (2002-2003) *Statistical Analysis System*. Ver. 9.1. SAS Institute Inc, Cary, NC, EEUU.
- Silva-Sánchez C, Barba de la Rosa AP, León-Galván MF, De Lumen BO, De León-Rodríguez A, De Mejía E (2008) Bioactive peptides in amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) seed. *J. Agric. Food Chem.* 56: 1233-1240.
- Tosi EA, Ré ED, Lucero H, Masciarelli R (2001) Dietary fiber obtained from amaranth (*Amaranthus cruentus*) grain by differential milling. *J. Agric. Food Chem.* 73: 441-443.