

## Caracterización química y nutricional del amaranto (*Amaranthus cruentus*)

Enrique Yáñez<sup>1</sup>, Isabel Zacarías<sup>1</sup>, Denise Granger<sup>2</sup>, Magaly Vásquez<sup>3</sup> y Ana María Estévez<sup>3</sup>

**Resumen.** Se estudiaron dos muestras de *Amaranthus cruentus* cosechadas en 1987 (A) y 1990 (B) en los alrededores de la ciudad de Santiago. Con ellas se prepararon harinas integrales y refinadas. Las harinas integrales contenían 14.6 y 12.6% de proteína respectivamente y 6.6 y 7.3 de aceite en las muestras A y B respectivamente. Ambas muestran contienen cantidades interesantes de Ca, P, Mg y K. La composición del aceite de amaranto de la harinas integrales mostró, en promedio, 19% de ácido palmítico, 3.4% de ácido esteárico, 34% de ácido oleico y 33% de ácido linoleico. Además aparece el ácido docosaenoico (C22:1) con 9%. En términos generales la razón de ácidos grasos saturados a insaturados fue 1:3 aproximadamente. La concentración de fibra cruda fue 3.7% en las harinas integrales y 2.4% en las refinadas. La calidad biológica de la proteína de las harinas integrales y refinadas crudas se midió en la rata mediante el método de la razón proteica neta (NPR). Los valores de los cuatro materiales ensayados variaron entre 3.04 y 3.20 (caseína 4.08) no registrándose diferencias significativas entre ellos. Estos valores corresponden a 75 y 78% del valor de la proteína patrón. La evaluación biológica de la proteína de combinaciones de harina de trigo comercial y de amaranto integral crudas reveló un buen efecto complementario entre ambos materiales, medido como razón de eficiencia proteica (PER). El PER de la harina de trigo fue 0.54, valor que mejoró con cada incremento de la incorporación de amaranto hasta alcanzar a 2.15 en la mezcla 25:75 (trigo/amaranto). La proteína de amaranto sola dio un PER de 1.94 (caseína 2.77). El proceso de extrusión aplicado a mezclas de trigo/amaranto arrojó un valor de PER de 1.64 para trigo, en comparación con la misma dieta sin extruir que en el experimento anterior dio un valor de 0.54. La dieta 90/10 (trigo/amaranto) produjo un ligero incremento no significativo en la calidad de la proteína. Los niveles de sustitución de 30 y 50% produjeron efectos estadísticamente significativos ( $p < 0.05$ ) en la calidad proteica alcanzando valores de PER de 2.04 y 2.24. Las mezclas de maíz/amaranto registraron aumentos no significativos ( $p > 0.05$ ) en la ingesta, crecimiento y en la razón de eficiencia proteica. La dieta 50:50 (maíz/amaranto) produjo una mejoría estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) en el PER en comparación con la dieta de maíz alcanzando un valor de 2.47. Los resultados de este estudio indican que el amaranto es un valioso recurso vegetal que contiene más proteína y de mejor calidad que la de los cereales y puede jugar un rol importante en las dietas humanas junto a los cereales cuyo valor proteico contribuye a mejorar.

**SUMMARY.** Chemical and nutritional characterization of amaranthus (*Amaranthus cruentus*). Two samples of *Amaranthus cruentus* harvested in 1987 (sample A) and 1990 (sample B) were studied. Whole and refined flours were obtained. The whole flours contained 14.6 and 12.6% protein and 6.6 and 7.3 ether extraction, respectively. Both samples contained significant levels of Ca, P, Mg and K. Amaranth oil contained 19% palmitic acid, 3.4% stearic acid, 3.4% stearic acid, 34% oleic acid and 33% linoleic acid. Docosaenoic acid (C22:1) was present at the level of 9%. The ratio of saturated to unsaturated fatty acids was approximately 1:3. The level of crude fiber was 3.7% in the whole flours and 2.4% in the refined ones. Biological protein quality of flours was measured in the rat by the net protein ratio (NPR) method. The NPR values of the four materials tested ranged from 3.04 to 3.20 (NS), as compared with 4.08 for casein. These values are equivalent to 75-78% of the standard protein. Blends of raw wheat flour and whole amaranth flour fed to rats produced a good complementary effect between proteins, as shown by PER test. Wheat flour gave a poor PER value of 0.54. However, this figure increased with every increment of amaranth flour reaching a value of 2.15 for the blend 25:75. The PER for the amaranth diet (0:100) was 1.94 (casein 2.77). As expected, the extrusion process applied to the wheat/amaranth and corn/amaranth mixtures improved the biological quality of the protein. The wheat flour diet (100:0) gave a PER value of 1.64. Mixture 90:10 produced a low non significant increase in the protein quality. Higher levels of substitution, 30 and 50%, significantly improved the protein quality reaching PER values of 2.04 and 2.24 respectively. Corn/amaranth blends produced significant increases only at the levels of 70:30 and 50:50. The results of this study show that amaranth seeds are a valuable resource, containing a higher level of protein of better quality than cereals like wheat and corn and may play an important role in human diets.

- 1 Universidad de Chile, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Casilla 138-11, Santiago, Chile.
- 2 Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Estación Experimental La Platina, Santiago, Chile.
- 3 Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago Chile.  
Esta investigación fue financiada parcialmente por el Proyecto 989/90 de FONDECYT (Chile)

## INTRODUCCION

El amaranto era cultivado en América desde antes de la llegada de los españoles, alcanzando su apogeo en los períodos Maya y Azteca (1). La semilla era consumida en distintas preparaciones, pero también se aprovechaban las hojas y tallos. La semilla del amaranto, molida y amasada con sangre proveniente de sacrificios humanos era ofrecida a las divinidades y consumida por los habitantes en sus ceremonias religiosas. Cuando Cortés conquistó esos territorios en 1519, prohibió dichas prácticas y el amaranto casi desapareció. Su cultivo logró mantenerse precariamente en remotos lugares montañosos. Sólo en épocas recientes el amaranto salió de su letargo y actualmente se le cultiva, aparte México y Centroamérica, en los territorios andinos de América del Sur. En la actualidad existe un gran interés por desarrollar comercialmente el cultivo del amaranto en varios países como EE.UU. y también en Europa y Latinoamérica (2-6).

Las especies con mejores posibilidades de desarrollo son *Amaranthus cruentus*, *A. caudatus* y *A. hypochondriacus*. Según Sánchez-Marroquín su cultivo se ha desarrollado principalmente en México, Suroeste de EE.UU., Sur de Canadá, Guatemala, Perú, Bolivia y Argentina (2). Sin embargo, otros autores señalan que el amaranto es un componente de las dietas humanas en Australia, Africa y Asia, especialmente en Nepal y en regiones montañosas del Norte y Sur de la India en las formas de grano y hortaliza. (1). Entre las ventajas del amaranto se ha señalado que crece bien en suelos áridos y pobres que no son aptos para los cereales (1) como son los de los altos valles de América del Sur. Las semillas pueden someterse a diversos tratamientos como reventado, tostado o molienda para consumir en suspensiones con agua o con leche o en forma de pan, tortilla, galletas y otras preparaciones. (2).

La composición química proximal del amaranto de grano indica que el contenido de proteína puede alcanzar a 16-17% que es bastante superior al del trigo o maíz (1). La composición de aminoácidos señala un alto contenido de lisina, si se le compara con la proteína del trigo o del maíz. Su aminoácido limitante es la leucina, lo que no representa un inconveniente porque dicho aminoácido se halla en exceso en la mayoría de los cereales. La proteína presenta un buen valor nutritivo, ya sea que se le compare con cereales o con la caseína. Los valores de PER que han sido comunicados varían entre 1.5 y 2.0 (corregidos en relación a un valor de 2.50 de caseína) y su disponibilidad es cercana a 90%. El contenido de aceite varía entre 6-8% aproximadamente. Su composición indica que los ácidos oleico y linoleico constituyen alrededor del 70% y el ácido esteárico representa el 20%.

A diferencia de la quinua, no contiene saponinas, compuestos que le imparten un sabor amargo. Otros principios antinutricionales como el factor antitriptico y hemaglutininas parecen encontrarse en bajas concentraciones. Lo mismo sucedería con nitratos y oxalatos. En cambio, el factor limitante parece ser la carencia o bajo contenido de gluten.

El cultivo del amaranto es prácticamente inexistente en Chile, habiéndose realizado sólo algunas experiencias preliminares que han tenido como fin conocer las características culturales, la composición química y su valor nutritivo. Por ello, el objetivo de esta investigación fue contribuir a conocer sus características químicas y nutritivas y posibles aplicaciones en la alimentación humana.

## MATERIALES Y METODOS

Se evaluaron dos muestras de *Amaranthus cruentus* de las cosechas 1987 (muestra A) y 1990 (muestra B), respectivamente, de cultivos realizados en la localidad de Colina, cercana a Santiago. Ambas fueron sometidas a molienda para producir harinas integrales y refinadas. La molienda para obtener harina integral se efectuó en un molino Brabender Quadrumat Junior tipo II, modelo N° 279002, de cuatro rodillos. La operación se realizó sin malla tamizadora para obtener harina integral. Para la obtención de harina refinada se utilizó un molino Buhler modelo MLU-202. Esta molienda consiste en la trituración del grano por medio de rodillos. Debido al pequeño tamaño de la semilla de amaranto (diámetro aproximado de 1mm), fue necesario modificar el proceso eliminando los dos primeros pasajes del molino.

Ambos tipos de harina se sometieron a análisis químico proximal que incluyó las siguientes determinaciones: humedad, cenizas, extracto etéreo, nitrógeno y fibra cruda, empleando los métodos de la AOAC (7). El valor potencial de nitrógeno se multiplicó por 5.85 para obtener el porcentaje de proteína (1). El extracto no nitrogenado (ENN) se calculó por diferencia entre 100 y la sumatoria de los contenidos de humedad, cenizas, lípidos, proteína y fibra cruda.

### Composición de ácidos grasos

La composición de ácidos grasos se determinó sólo en la muestra A. El análisis comprendió las etapas de saponificación con NaOH 0,5N en metanol; metilación con BF<sub>3</sub>, al 14% en metanol; extracción con n-heptano; y cromatografía de gas en un equipo Carlo Erba 6000 Vega Series 2 (8).

### Macro y microminerales

Para determinar los elementos Ca, Mg, Zn, Fe, Na y K, la muestra se sometió a una hidrólisis ácida. Para medir Cu y Mn la muestra se redujo a cenizas a 550°C por 18 horas. La medición de Ca, Mg, Fe, Zn, Cu y Mn, se realizó en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer modelo 1100B. El Na y el K se midieron por emisión atómica en el mismo instrumento. El fósforo se determinó por reducción a cenizas y reacción colorimétrica con molibdato de sodio y sulfato de hidrazina a 700 nm, en un espectrofotómetro UV-visible Perkin Elmer 1A. (9).

### Calidad biológica de la proteína

La calidad biológica de la proteína de las harinas integrales

y refinadas se midió en ratas en crecimiento de la raza Wistar de la colonia del INTA. Para ello se empleó el método de la razón proteica neta (NPR), de acuerdo a la metodología de Bender y Doell (10).

Los materiales en ensayo se incorporaron en las dietas en cantidad suficiente para proveer un nivel proteico de 10%. Se incluyó además una dieta aprotéica, como lo requiere el método mencionado (10), y un tratamiento con una proteína de referencia constituida por caseína ANRC. En cada tratamiento se usaron diez ratas de 21-23 días de edad, de ambos sexos. Los animales se alojaron en jaulas individuales de malla de alambre con fondo cribado.

La experiencia duró 14 días durante los cuales las ratas recibieron la dieta y el agua de bebida ad libitum.

*Mezclas de amaranto y trigo*

Para conocer el efecto complementario de las proteínas de trigo (T) y amaranto (A) se prepararon mezclas de harina de trigo refinada y harina integral de amaranto, ambas crudas, en las siguiente proporciones: (%): 100:0, 75:25; 50:50, 25:75 y 0:100. La calidad biológica de la proteína de estas combinaciones se evaluó en la rata por el método de la razón de eficiencia proteica (PER) en un experimento de 4 semanas según Chapman et al. (11) Cada siete días, se renovó la dieta y se pesaron los animales en forma individual.

*Cocción-extrusión de mezclas de amaranto y cereal*

En una segunda etapa se prepararon mezclas de harinas de amaranto/trigo y amaranto/maíz en las razones de 100:0,

90:10, 70:30 y 50:50. Se las sometió a un proceso de cocción-extrusión en un equipo Wenger X-25. El extrusor acondicionado para el proceso se alimentó con la mezcla respectiva a la velocidad de 2300 g/min. La temperatura máxima empleada fue 145°C durante los últimos 10 seg. En este proceso la matriz Wenger utilizada constó de dos orificios de 1/4 pulg. La apariencia del producto extruido fue de trozos livianos, de tamaño irregular de 1-2 cm de color café amarillento.

Se determinó la composición química proximal de estas combinaciones y luego se midió la calidad biológica de la proteína por el método de la razón de eficiencia proteica (PER) en ratas, ya mencionado. Las dietas no fueron isoproteicas.

RESULTADOS

La composición proximal de los materiales ensayados se presenta en la Tabla 1. El grado de humedad, alrededor de 9-10% es compatible con la buena conservación del grano y de sus productos. Los valores encontrados en la muestra A y B y sus fracciones concuerdan bastante bien con las señaladas por diferentes investigadores (1,26). Es interesante destacar el contenido de lípidos, que es superior al del maíz, por el valor calórico que imparten a la semilla. Nuestros resultados confirman también el buen nivel de proteína que presentan tanto las harinas integrales (14.6 y 12.6%), como las refinadas (16.33 y 15.5%) y los afrechillos (14.0 y 11.7%). Estas cifras son superiores en alrededor de 50% a las que se encuentran en el trigo.

TABLA 1  
COMPOSICION QUIMICA DE HARINAS DE *AMARANTHUS CRUENTUS*  
(g/100g)

|             | Muestra A       |                 |            | Muestra B       |                 |            |
|-------------|-----------------|-----------------|------------|-----------------|-----------------|------------|
|             | Harina integral | Harina refinada | Afrechillo | Harina integral | Harina refinada | Afrechillo |
| Humedad     | 9.6             | 9.8             | 10.5       | 10.2            | 9.6             | 10.0       |
| Cenizas     | 2.6             | 3.3             | 2.8        | 2.5             | 3.2             | 2.1        |
| Ext. etéreo | 6.6             | 8.8             | —          | 7.3             | 10.2            | —          |
| Proteína*   | 14.6            | 16.3            | 14.0       | 12.6            | 15.5            | 11.7       |
| Fibra cruda | 3.7             | 2.4             | 4.1        | 3.7             | 2.3             | 5.2        |
| E.N.N.      | 62.9            | 59.4            | —          | 67.5            | 61.5            | —          |
| Kcal/100g   | 369             | 382             | —          | 386             | 400             | —          |

\*N x 5.85

El contenido de elementos minerales aparece en la Tabla 2. El calcio presente en la muestra B es igual al comunicado por Saunders y Becker (1) para la misma especie *A. cruentus*. Los valores de la muestra A resultaron inferiores a los de la muestra B. La harina refinada de amaranto B contiene 176 ppm de hierro, cifra que es unas ocho veces superior a la de la harina de trigo para panificación (12). Se ha señalado que *A. cruentus* contiene 310 ppm de sodio, lo que contrasta fuertemente con nuestros propios análisis en que dicho elemento no pudo ser detectado. Nuestros valores son más concordantes con los de McCance y Widdowson quienes dan un valor de 30 ppm de dicho elemento en la harina de trigo blanca (12). Nuestros valores de potasio en amaranto son unas cuatro veces más altos que los valores de este elemento en la harina de trigo (12). Los valores de zinc, cobre y manganeso son también más altos que los que se encuentran en la harina de trigo (12).

TABLA 2  
CONTENIDO DE AGUNOS MACRO Y  
MICROMINERALES EN HARINAS DE *AMARANTHUS*  
*CRUENTUS* (mg/kg)

|           | Muestra A |          | Muestra B |          |
|-----------|-----------|----------|-----------|----------|
|           | Integral  | Refinada | Integral  | Refinada |
| Calcio    | 1084      | 1171     | 1741      | 1583     |
| Fósforo   | 5410      | 4872     | 4185      | 4286     |
| Magnesio  | 2990      | 3355     | 2697      | 2734     |
| Hierro    | 111       | 128      | 136       | 176      |
| Potasio   | 5245      | 5769     | 4193      | 4200     |
| Zinc      | 21        | 27       | 38        | 35       |
| Cobre     | 5         | 6        | 7         | 7        |
| Manganeso | 21        | 23       | 20        | 23       |

En cuanto a la composición de ácidos grasos del aceite de *A. cruentus* el análisis reveló contenidos de 19.7% y 18.5% de ácido palmítico y 3.4 y 3.3% de ácido esteárico (Tabla 3). El ácido oleico (C 18:1) constituye el 33.0% y 34.2% en las muestras A y B, respectivamente. El ácido linoleico (C 18:2) forma el 34.3% y 32.5% de los lípidos, respectivamente, mientras que el análisis indicó cantidades no significativas de ácido linolénico. A estos se agrega el ácido docosaenoico (C 22:1) en 8 y 10% respectivamente. La razón de ácidos grasos saturados a insaturados es aproximadamente 1:3.

TABLA 3  
COMPOSICION DE ACIDOS GRASOS DEL ACEITE  
DE *AMARANTHUS CRUENTUS*

| Acidos grasos     |        | Muestra                |          |
|-------------------|--------|------------------------|----------|
|                   |        | A<br>Esteres metflicos | B<br>(%) |
| Mirístico         | C 14:0 | tr                     | 0.1      |
| Palmítico         | C 16:0 | 19.7                   | 18.5     |
| Palmitoleico      | C 16:1 | tr                     | 0.1      |
| Esteárico         | C 18:0 | 3.4                    | 3.3      |
| Oleico            | C 18:1 | 33.0                   | 34.2     |
| Linoleico         | C 18:  | 34.3                   | 32.5     |
| Linolénico        | C 18:3 | tr                     | 0.4      |
| Eicosanoico       | C 20:0 | tr                     | 0.4      |
| Docosaenoico      | C 22:1 | 8.0                    | 10.0     |
| Total saturados   |        | 23.1                   | 21.9     |
| Total insaturados |        | 75.3                   | 77.1     |

En la Tabla 4 se presentan los resultados de la evaluación biológica de la proteína de las muestras A y B. El crecimiento de las ratas en este estudio fue 9.5 g y 10.5g en las muestras de harinas integrales A y B; las harinas refinadas produjeron aumentos de peso inferiores, de 8.3 y 7.0g, respectivamente. La ingesta fue prácticamente idéntica en ambos tipos de materiales: 81.3g y 81.0g en las muestras integrales y 74.5g y 76.3g en las muestras refinadas; sin embargo, las diferencias observadas no resultaron estadísticamente significativas. Por otra parte, la ganancia de peso y la ingesta dietaria resultaron, en todos los casos, inferiores a los de los animales que recibieron la dieta control de caseína ( $p < 0.05$ ). En la misma Tabla 4 aparecen los valores de razón proteica neta (NPR). Las harinas integrales produjeron valores de 3.04 y 3.08., los que aumentaron a 3.17 y 3.20 en las harinas refinadas. Estas diferencias no son significativas. Los cuatro productos ensayados resultaron significativamente inferiores al valor 4.08 obtenido para caseína. Es interesante comparar estos resultados con los comunicados por Bressani (6) quien en un total de 10 muestras, provenientes de Perú, México y Guatemala encontró valores de NPR promedio de 2.30, 2.04 y 2.36 respectivamente. En otro estudio de 31 muestras, los valores de NPR fluctuaron entre 1.74 y 3.14 (6).

TABLA 4  
RESULTADOS DEL ESTUDIO BIOLOGICO DE  
HARINAS DE DOS MUESTRAS DE *AMARANTHUS*  
*CRUENTUS*

| Dietas     | Variación de peso (g) | Ingesta (g) | NPR                    |
|------------|-----------------------|-------------|------------------------|
| Harinas:   |                       |             |                        |
| Integral A | 9.5±3.7               | 81.3±8.1    | 3.04±0.50 <sup>b</sup> |
| Refinada A | 8.3±4.0               | 74.5±10.0   | 3.17±0.30 <sup>b</sup> |
| Integral B | 10.5±2.8              | 81.0±8.9    | 3.08±0.22 <sup>b</sup> |
| Refinada B | 7.0±3.0               | 76.3±6.7    | 3.20±0.38 <sup>b</sup> |
| Caseína    | 29.8±6.7              | 111.3±10.2  | 4.08±0.36 <sup>a</sup> |

Variación de peso grupo apteico: -14.7 g

Los resultados de la evaluación biológica de la proteína, medida como razón de eficiencia proteica (PER), de combinaciones de trigo: amaranto (T:A) aparecen en la Tabla 5. Puede apreciarse que las ratas que recibieron la dieta de harina de trigo (100:0) tuvieron una baja ingesta, un pobre crecimiento y un bajo valor de PER, 0.54. Sin embargo, las combinaciones 75:24, 50:50 y 25:75 produjeron incrementos graduales en la ingesta y en el peso de las ratas que se tradujeron en aumentos importantes en la razón de eficiencia proteica de aproximadamente, dos, tres y cuatro veces el valor de la proteína de trigo. La combinación que produjo los mejores resultados fue la 25:75 con un PER 2.15. Es interesante señalar que la dieta de amaranto produjo un PER de 1.94 que es significativamente superior ( $p < 0.001$ ) a la de trigo. La dieta de caseína produjo un PER de 2.77. Los resultados de este experimento confirman el carácter complementario de la proteína de ambos granos y señalan la ventaja nutricional que se produciría al usarlos en la formulación y producción de nuevos alimentos.

TABLA 5  
VALORACION BIOLOGICA (PER) DE PROTEINAS  
DE TRIGO Y AMARANTO Y MEZCLAS DE ELLAS  
vs. CASEINA

| Mezclas | Peso Inicial | Variación de peso | Ingesta total | PER                    |
|---------|--------------|-------------------|---------------|------------------------|
| T : A   |              |                   |               |                        |
| 100: 0  | 50.6±3.2     | 7.0±2.1           | 180.4±17.4    | 0.54±0.15 <sup>a</sup> |
| 75 : 25 | 50.5±3.3     | 22.4±7.3          | 198.5±25.6    | 1.31±0.35 <sup>b</sup> |
| 50 : 50 | 50.6±3.3     | 29.1±12.2         | 205.1±34.3    | 1.50±0.46 <sup>b</sup> |
| 25 : 75 | 50.8±3.0     | 48.9±10.7         | 232.6±36.2    | 2.15±0.24 <sup>c</sup> |
| 0 : 100 | 50.9±2.7     | 46.4±8.7          | 233.0±20.7    | 1.94±0.23 <sup>c</sup> |
| Caseína | 50.9±3.3     | 74.1±13.5         | 263.4±29.8    | 2.77±0.24 <sup>d</sup> |

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

El efecto de la cocción-extrusión sobre combinaciones de trigo/amaranto y maíz/amaranto se presenta en la Tabla 6. La ingesta dietaria de las ratas que consumieron trigo: amaranto en las razones 100:0 y 90:10 registraron la misma ingesta total, aunque con distintas dispersiones. Los valores de ganancia de peso fueron 40.5 y 1.70 (ns). Puede concluirse que el proceso tecnológico empleado fue muy efectivo, porque en el experimento anterior la proteína de harina de trigo cruda (100:0) registró un PER de 0.54. Este efecto se debe fundamentalmente a una mejoría de la digestibilidad de la proteína y del almidón, así como a la destrucción de factores antinutricionales presentes en la semilla. Las mezclas 70:30 y 50:50 produjeron aumentos importantes en la ingesta: 283.1 y 286.3g y ganancia de peso, 60.5 y 68.9g, respectivamente, en relación a las combinaciones anteriores. Los valores de PER se incrementaron significativamente ( $p < 0.05$ ) en relación a las combinaciones anteriores, pero no son estadísticamente diferentes ( $p > 0.05$ ) entre ellos. Resulta interesante comparar el comportamiento de la mezcla trigo:amaranto (50:50) al estado crudo y sometida al proceso de cocción-extrusión. Las Tablas 5 y 6 muestran de manera muy clara el efecto favorable del procesamiento sobre los parámetros ingesta total, ganancia de peso y calidad biológica de la proteína (PER). La diferencia en la calidad proteica puede explicarse por la mejoría del patrón aminoacídico resultante de la complementación de aminoácidos de ambas proteínas. Las combinaciones de maíz: amaranto siguieron un patrón similar. Las ratas con la dieta 100:0 registraron una ingesta dietaria de 197.5g, la que aumentó gradualmente con el incremento de amaranto hasta alcanzar a 275.4g en la combinación 50:50. Un resultado similar se observó en la evolución del crecimiento de los animales. La dieta de maíz (100:0) produjo un valor de PER de 1.77, el que mejoró con cada incremento en la proporción de amaranto, llegando a 2.47 en la mezcla 50:50. Igual que en las combinaciones de trigo: amaranto, la buena calidad proteica observada en los distintos parámetros con las mezclas maíz: amaranto puede explicarse por el efecto del tratamiento aplicado y por la mejoría del patrón de aminoácidos esenciales. Estos resultados son similares a los obtenidos por Pedersen y cols. quienes alimentaron a ratas con dietas que contenían mezclas crudas y cocidas de amaranto con maíz, con trigo o con sorgo (13). Nuestros resultados mostraron una mejoría significativa en el crecimiento y en la razón de eficiencia proteica (PER), de modo similar al efecto que obtuvieron dichos investigadores al medir el valor biológico y la utilización proteica neta en sus materiales (13).

Los resultados obtenidos en este estudio confirman que la semilla de *A. cruentus* contienen más proteína y esta es de mejor calidad que la de los cereales, lo que la convierte en un valioso recurso para la alimentación humana. Además presenta alrededor de un 7% de aceite que le confiere un valor energético importante. Las combinaciones de trigo con amaranto al estado crudo y de trigo o maíz con amaranto sometido al proceso de extrusión indican que se produce una

buena complementación aminoacídica entre la proteína de amaranto y la de los cereales. Ello señala que existe la posibilidad de desarrollar una amplia gama de productos en base a las combinaciones señaladas para beneficio de la nutrición humana.

TABLA 6  
CALIDAD BIOLÓGICA DE LA PROTEÍNA DE  
MEZCLAS DE AMARANTO Y CEREALES  
EXTRUIDOS

| Mezclas<br>T : A      | Ingesta<br>total<br>(g) | Variación<br>de peso<br>(g) | Proteína<br>ingerida<br>(g) | PER                     |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| <b>Trigo/amaranto</b> |                         |                             |                             |                         |
| 100: 0                | 246.1±8.45              | 40.5±2.3                    | 24.68±0.85                  | 1.64±0.07 <sup>a</sup>  |
| 90 : 10               | 246.1±15.09             | 42.6±5.1                    | 25.07±1.54                  | 1.70±0.12 <sup>a</sup>  |
| 70 : 30               | 283.1±22.6              | 60.5± 8.1                   | 29.64±2.34                  | 2.04± 0.12 <sup>b</sup> |
| 50 : 50               | 286.3±28.6              | 68.9±10.5                   | 30.61±3.05                  | 2.24±0.14 <sup>b</sup>  |
| <b>Maíz/amaranto</b>  |                         |                             |                             |                         |
| 100: 0                | 197.5±34.3              | 22.9±5.8                    | 12.17±1.10                  | 1.77±0.38 <sup>a</sup>  |
| 90 : 10               | 213.0±23.3              | 27.1±6.8                    | 14.19±1.50                  | 1.77±0.38 <sup>a</sup>  |
| 70 : 30               | 242.2±14.5              | 40.4±5.6                    | 18.20±1.13                  | 2.22±0.21 <sup>b</sup>  |
| 50 : 50               | 275.4±31.9              | 58.0± 7.8                   | 23.44±2.71                  | 2.47±0.14 <sup>b</sup>  |

Peso inicial ratas: 52.1±2.6g

Letras distintas indican diferencia significativa (p<.05)

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Srta. Verónica Cortés, la realización de algunos análisis de laboratorio y al Dr. Ernesto Guzmán Castro, su valiosa colaboración y sugerencias en la preparación de este manuscrito.

#### REFERENCIAS

1. Saunders RM & R. Becker. *Amaranthus*: a potential food and feed resource. In: advances in Cereal Science and Technology. Y Pomeranz (Ed), Vol. VI. Minnesota: AACCC 357-396. 1984.
2. Sánchez -Marroquín A. Dos cultivos olvidados de importancia agroindustrial: el amaranto y la quinua. Arch Latinoamer Nutr 33:11-322. 1983.
3. Yáñez GA, J.K. Messinger, C.E. Walter & R.H. Rupnow. Cereal Chem 63:273-276, 1986.
4. National Research Council. *Amaranth*: modern prospects for an ancient crop. National Academy Press, Washington, DC. 1985.
5. Vietmeyer ND. Lesser known plants of potential use in agriculture and forestry. Science 232:13379-1384. 1986.
6. Bressani R. Calidad proteínica de la semilla de amaranto cruda y procesada. El amaranto y su potencial. Vol N°3, 1983.
7. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of the AOAC. 13th edition, Washington, DC, The Association. 1980.
8. A.O.C.S. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society R.C. Walter (ed), Champaign, IL. 1988.
9. Osborne D.R. and Voogt P. Análisis de los nutrientes de los alimentos. Sección 6. Cenizas, elementos y componentes inorgánicos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España. p. 173-189. 1986.
11. Chapman D.G., Castillo Raúl and Campbell J.A. Evaluation of protein in foods 1. A method for the determination of protein efficiency ratios. Can J. Biochem Physiol 37: 679-686, 1959.
12. McCance R.A. and Widdowson, E.M. The composition of foods. Fifth edition. The Royal Society of Chemistry and Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. United Kingdom, 1992.
13. Pedersen B., L. Hallgren, I Hansen & BO Eggum. The nutritive value of amaranth grain (*Amaranthus caudatus*). 2. As a supplement to cereals. Plant Foods for Human Nutrition 36: 325-334, 1987.

Recibido: 03-03-1993

Aceptado: 07-03-1994