

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**ESCUELA DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**Memoria de Título**

**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN PRODUCTO ALIMENTICIO  
INTERMEDIO A PARTIR DE AFRECHILLO DE AMARANTO**

**JESSICA ALEJANDRA VIDELA OSORIO**

**SANTIAGO, CHILE**

**2010**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**ESCUELA DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**Memoria de Título**

**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN PRODUCTO ALIMENTICIO  
INTERMEDIO A PARTIR DE AFRECHILLO DE AMARANTO**

**OBTENTION AND CHARACTERIZATION OF AN INTERMEDIATE FOOD  
PRODUCT FROM AMARANTH BRAN**

**JESSICA ALEJANDRA VIDELA OSORIO**

**SANTIAGO, CHILE**

**2010**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**ESCUELA DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN PRODUCTO ALIMENTICIO  
INTERMEDIO A PARTIR DE AFRECHILLO DE AMARANTO**

Memoria para optar al Título Profesional de:  
Ingeniera Agrónoma

**JESSICA ALEJANDRA VIDELA OSORIO**

PROFESOR GUÍA

Calificaciones

Sra. Ana María Estévez A.  
Ingeniero Agrónomo, M.S.

PROFESORES EVALUADORES

Sr. Hugo Núñez Kalasic  
Ingeniero Agrónomo

Sr. Pablo Morales P.  
Ingeniero Agrónomo, Phd.

**SANTIAGO, CHILE**

**2010.**

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por darme la fuerza para salir adelante.

A mis padres y hermanos por el cariño, los consejos y la oportunidad que me dieron de ser mejor persona.

A mi esposo por su apoyo y amor y a mi querida hija por el tiempo que me prestó para lograr mi meta.

**INDICE**

RESUMEN	6
Palabras claves	7
ABSTRACT	8
Key words	9
INTRODUCCIÓN	10
Objetivo General	12
Objetivos Específicos	12
MATERIALES Y MÉTODOS	13
Lugar del estudio	13
Materia prima	13
Método de obtención del PAI	13
ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS	15
DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	16
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
Caracterización física y química del afrechillo inicial	17
Caracterización física y química de los PAI	23
CONCLUSIONES	29
BIBLIOGRAFÍA	30

## RESUMEN

El amaranto es un pseudocereal que pertenece a la familia *Amarantaceae*. *Amaranthus cruentus* es una de las especies más usadas como alimento.

El afrechillo de amaranto es obtenido durante la molienda del grano; esto corresponde a un residuo industrial formado por la capa externa del grano y el embrión, que es separado durante la producción de harina.

El valor alimenticio y funcional del amaranto es más alto que la mayoría de los cereales, debido a su alta cantidad de proteína, ácidos grasos poliinsaturados, fibra dietética, tocoferoles, tocotrienoles y escualeno que participan en la prevención de la oxidación celular debido a su capacidad antioxidante.

El amaranto, al contener algunos compuestos bioactivos, es muy conveniente para el desarrollo de productos alimenticios funcionales por su actividad antioxidante, hipocolesterolémica e hipoglucémica.

Debido a las propiedades funcionales y la composición química del afrechillo de amaranto, la investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de dos tratamientos de purificación en el aumento de la cantidad de fibra dietética y la actividad antioxidante en un producto alimenticio intermedio (PAI).

En la producción de los PAI, se usó afrechillo de amaranto de granulometría, 150  $\mu\text{m}$  y 250  $\mu\text{m}$ . Para la preparación del afrechillo, el grano de amaranto fue molido en un molino de rodillo, usando los tamices correspondientes, separando el afrechillo de la harina. Para un kilogramo de afrechillo, se usó alrededor de dos veces la cantidad en grano.

El afrechillo de amaranto de dos granulometrías, fue caracterizado física y químicamente, antes y después de los tratamientos de purificación. Se realizó análisis de color, distribución del tamaño de partículas, densidad aparente, contenido de humedad, composición química proximal, azúcares totales y contenido de almidón, lisina total disponible, fibra dietética soluble e insoluble. De la composición proximal se puede mencionar que el contenido de proteínas en el afrechillo de 250  $\mu\text{m}$  fue de 13,12 g/100g de afrechillo, levemente superior al de 150  $\mu\text{m}$  donde se obtuvo un valor de 11,59 g/100g y el contenido de lípidos es relativamente bajo si se compara con otros cereales, obteniendo valores de 5,41 g/100g y 6,06 g/100g de afrechillo de 150 y 250  $\mu\text{m}$  respectivamente.

El afrechillo de amaranto fue purificado usando dos métodos que consisten en lavar el afrechillo sucesivamente con agua destilada, una solución de hidróxido de sodio y acetona, variando el tiempo de contacto, las concentraciones de los reactantes y la temperatura. Después de esto, los productos purificados fueron secados en estufa a 70 ° C durante aproximadamente 12 horas. Los PAI producidos fueron guardados en condiciones de refrigeración.

Para verificar la eficacia de los procesos de purificación, los PAI fueron caracterizados física y químicamente. La fibra dietética aumentó a 37,1 g/100g y la cantidad de fenoles totales se redujo a 0,2902 mg EAG/g afrechillo.

Los resultados mostraron que ambos métodos de purificación son eficaces para obtener un PAI con alto contenido de fibra dietética, sobre todo insoluble, pero con un contenido bajo de fenoles totales y una cantidad imperceptible de lisina disponible y de la actividad antioxidante, causada por el lavado con solvente de los afrechillos durante el tratamiento.

**Palabras claves**

Granulometría, ingrediente funcional, actividad antioxidante, fibra dietética.

## ABSTRACT

Amaranth is a pseudocereal belonging to the Amarantaceae family. *Amaranthus cruentus* is one of the species most used as food.

Amaranth bran is obtained during grain milling; it corresponds to an industrial residue formed by the external layer of the kernel and the embryo, which are separated during flour production.

Nutritional and functional value of amaranth is higher than most of cereals, due to its high amount of protein, poly unsaturated fatty acids, dietary fiber, tocopherols, tocotrienols and squalene which participate in prevention of cellular oxidation because of their antioxidant capacity.

Amaranth, having some bioactive compounds, is very suitable for functional foods development since its antioxidant, hypocholesterolemic and hypoglycemic activity.

Due the functional properties and the chemical composition of amaranth bran, the research had as aim the purpose of evaluate the effect of two purification treatments in order to increase the amount of dietary fiber and antioxidant activity in an intermediate food product (IFP).

In IFPs production, amaranth bran of to particle size, 150 and 250  $\mu\text{m}$ , were used. For the bran preparation, amaranth grain was milled in a roller mill, using the correspondent sieves, and thus separating bran from flour. For one kilogram of bran, about twice of grain was used.

Amaranth bran of two particle size, were physically and chemically characterized, before and after the purification treatments. There was realized analysis of color, particle size distribution, apparent density, moisture content, proximate chemical composition, total sugars and starch content, available lysine total, insoluble and soluble dietary fiber. Of the composition proximal it is possible to mention that the content of proteins in the bran of 250  $\mu\text{m}$  was of 13.12 g/100g of bran, slightly superior to that of 150  $\mu\text{m}$  where a value of 11.59 was obtained g/100g and the content of lipids is relatively low if it is compared with other cereals, obtaining values of 5.41 g/100g and 6.06 g/100g of bran of 150 and 250  $\mu\text{m}$  respectively.

Amaranth bran was purified using two methods which consist of washing the bran successively with distilled water, sodium hydroxide solution, and acetone, varying the contact time, the reactants concentrations and temperature. After that, purified products were dried in an oven at 70°C for approximately 12 hours. IFPs produced were kept under refrigeration conditions.

To verify the effectiveness of the purification processes, IFP were physically and chemically characterized. Dietary fiber increased to 37.1 g/100g and amount total phenolics decrease to 0.2902 mg EAG/g bran.

Results showed that both purification methods are effective to obtain an IFP with high dietary fiber content, especially insoluble, but with a low content of total phenolics and an undetectable amount of available lysine and antioxidant activity, caused by washing with solvent of bran during processing.

**Key words**

Particle size, functional ingredient, antioxidant activity, dietary fiber.

## INTRODUCCIÓN

El amaranto (*Amaranthus spp.*) es un pseudocereal perteneciente a la familia Amaranthaceae, la cual posee más de 70 géneros y más de 850 especies (Mujica y Berti, 1997). Las más importantes y conocidas son *Amaranthus caudatus* L., *Amaranthus hypocondriacus* L., *Amaranthus cruentus* L., *Amaranthus hybridus* L., entre otras.

El fruto es una cápsula pequeña que botánicamente corresponde a un pixidio unilocular. En algunas especies el fruto es dehiscente, por lo que deja caer fácilmente la semilla, las cuales son muy pequeñas, lisas, brillantes, con un diámetro entre 1-1,5 mm, ligeramente aplanadas y de colores variados entre los cuales se encuentran blanco, amarillo, dorado, rojo, rosado, púrpura o negro. Cada flor entrega sólo una semilla y el número de semillas por gramo puede variar entre 1000 a 3000 (Sánchez, 1980, citado por Mujica y Berti, 1997).

En el grano se distinguen cuatro partes importantes: el epispermo que corresponde a la cubierta seminal; el endosperma; el embrión formado por los cotiledones, siendo esta la capa más rica en proteínas y una capa interna llamada perisperma rica en almidón (Irving *et al.*, 1981, citado por Mujica y Berti, 1997).

El valor energético del amaranto es mayor que el de los cereales y el interés por el cultivo se debe a que tiene propiedades valiosas tales como un alto contenido de proteínas y lípidos, especialmente ácidos grasos insaturados, presencia de tocoferoles, tocotrienoles y escualeno, considerando que estos compuestos son útiles para prevenir la oxidación celular y que por lo tanto pueden utilizarse como antioxidantes (Klimczak *et al.*, 2002).

El grano de amaranto, específicamente la especie cruentus, está compuesto principalmente por un 15-22% de proteína y con un alto contenido de lisina, 3,0-11,5% de lípidos, 9-16% de fibra dietética y 48-62% de almidón, dependiendo de las técnicas de cultivo y de las condiciones ambientales (Colla *et al.*, 2006).

El balance aminoacídico es muy cercano al requerido para la nutrición humana y en una comparación realizada por el USDA (1963) citado por Mujica y Berti (1997) con los principales cereales en cuanto al contenido de proteínas, el amaranto es sólo inferior al trigo pero superior a cebada, maíz, arroz y centeno.

La leucina es el aminoácido limitante, sin embargo esto no tiene ningún efecto adverso al utilizar el amaranto en mezcla con otros cereales ya que en éstos se encuentra en abundancia. Por otra parte, una ventaja importante sería la carencia o bajo contenido de gluten y a diferencia de la quínoa, el amaranto no contiene saponinas que le darían un sabor amargo (Yáñez *et al.*, 1994).

La lisina es un aminoácido esencial y es de gran relevancia saber que las especies de amaranto contienen una cantidad importante de este aminoácido. Plate y Areas (2002) sostienen que el amaranto contiene gran cantidad de aminoácidos esenciales siendo esto una ventaja si se compara con otros cereales en los cuales la lisina es un aminoácido limitante.

Se debe considerar que el afrechillo presenta un valor proteico menor al de la harina refinada de amaranto y que además este valor en la harina refinada es también mayor que el de otros productos que se pueden obtener de este pseudocereal, como por ejemplo, amaranto tostado, harina integral y amaranto dilatado (Estévez *et al.*, 1991).

El afrechillo de amaranto se obtiene al moler el grano. En este proceso se separa la harina de amaranto, correspondiente a la fracción rica en almidón, de las cubiertas externas y seminales.

Al determinar la composición química proximal del afrechillo obtenido luego de la molienda del grano en dos temporadas de cosecha de *A. cruentus* se determinó que el afrechillo contiene 12,05g de proteínas, 7,65g de extracto etéreo, 7,31g de fibra cruda, 3,98g de cenizas y 69,01g de extracto no nitrogenado por cada 100 gramos de materia seca, siendo estos los valores para la cosecha del año 1987, muy similares a la cosecha del año 1990. De acuerdo a estos estudios se determinó que el contenido de proteínas, fibra, cenizas y lípidos en amaranto (*A. cruentus*) es mayor al trigo (Estévez *et al.*, 1991).

La composición del afrechillo al moler el grano dependerá en parte del tamizado. Estudios al respecto señalan que un tamiz de malla 40 otorga una fracción de lípidos y proteína mayor que un tamiz de malla 30 o menor (Búcaro y Bressani, 2002).

En cuanto al contenido de humedad según Yáñez *et al.* (1994), este es de 10,5 g/100 g de materia seca, lo que lo hace un factor positivo para la buena conservación del grano y de sus productos.

El afrechillo de amaranto es una fuente importante de fibra dietética. Pedersen *et al.* (1990) señala que semillas de amaranto de colores pálidos contienen aproximadamente 8% de fibra dietética total y que las semillas oscuras pueden llegar a contener el doble de fibra dietética total. Respecto a la fracción soluble de la fibra dietética ocurre lo contrario ya que las semillas pálidas pueden contener entre 33-44% de fibra soluble en comparación con las semillas oscuras o negras que solo alcanzan un 18% de fibra soluble. Plate y Areas (2002) señalan que la cantidad de fibra soluble en las semillas de amaranto puede ser mayor que la de otros cereales.

El contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de muchas especies vegetales, entre ellas el amaranto, cuyo principio es la disponibilidad de electrones capaces de neutralizar a algunos radicales libres, tienen una baja correlación según lo que indica Yawadio *et al.* (2008) al estudiar distintas especies de amaranto y quínoa, quien además sugiere que esto podría ser porque la mayor cantidad de compuestos antioxidantes podrían no ser compuestos fenólicos.

Con la finalidad de comprobar cuan efectivo en cuanto a aporte de fibra dietética y capacidad antioxidante es el usar afrechillo de amaranto como base alimenticia o bien en conjunto con otras materias primas, se realizó en este estudio una caracterización del afrechillo y posterior tratamiento de purificación para obtener un producto alimenticio intermedio (PAI), rescatando las ventajas que tiene el amaranto.

**Objetivo General:**

Determinar la capacidad antioxidante y concentración de fibra dietética en el afrechillo de amaranto luego de los tratamientos de purificación y su potencial como producto alimenticio intermedio (PAI) en la elaboración de alimentos funcionales.

**Objetivos Específicos:**

Determinar cual de los tratamientos de purificación es el más efectivo.

Determinar si la granulometría es un factor decisivo en la eficacia de los tratamientos de purificación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar del estudio

Esta investigación se llevó a cabo en las dependencias del departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

### Materia prima

Se utilizó afrechillo de amaranto, de la especie *Amaranthus cruentus* L. obtenido por la molienda del grano de amaranto proveniente de la localidad de Pirque, Región Metropolitana, cosecha de la temporada 2007/2008.

### Metodología

El afrechillo de amaranto se trabajó en dos granulometrías, 150 y 250  $\mu\text{m}$ , obtenido al moler el grano en un molino de rodillo Laboratory Mill 3800 con los tamices correspondientes. Previo a la molienda del grano, la humedad de éste se llevó de 8% a 13% aproximadamente. Para obtener los afrechillos de ambas granulometrías el grano se molió de forma separada. Finalmente se separaron muestras de 230 gramos aproximadamente en bolsas herméticas que se mantuvieron refrigeradas para evitar alteraciones.

Esta materia prima se sometió a una caracterización física y química antes de los tratamientos de purificación indicados más adelante.

### Obtención producto alimenticio intermedio (PAI)

Para la obtención de los PAI, el afrechillo se sometió a dos tratamientos de purificación (T1 y T2) tanto la granulometría de 150  $\mu\text{m}$  como la de 250  $\mu\text{m}$ . Para este proceso se utilizó entre 130 y 150 gramos de la materia prima inicial perdiéndose aproximadamente un 30% durante los procesos de lavado y filtración. Los tratamientos de purificación se detallan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Tratamientos de Purificación para la obtención de un producto alimenticio intermedio (PAI)

Purificación 1 (T1)	Purificación 2 (T2)
Lavado con agua destilada a temperatura ambiente	Lavado con agua destilada a temperatura ambiente
Tamizado en malla de 60 micrones	Tamizado en malla de 60 micrones
Suspensión por 1 hora en hidróxido de sodio (0.2% p/v) en relación afrechillo : hidróxido de sodio 1:2	Suspensión por 3 horas en hidróxido de sodio (0.2% p/v) en relación afrechillo : hidróxido de sodio 1:2
Centrifugación a 3500 rpm durante 10 minutos	Centrifugación a 3500 rpm durante 10 minutos
Lavado con acetona pura por 30 minutos a 25° C en relación afrechillo : acetona 1:3	Lavado con acetona al 50% por 30 minutos a 25° C en relación afrechillo : acetona 1:3
Filtración por gravedad en papel Whatman N° 4	Filtración por gravedad en papel Whatman N° 4
Lavado con agua destilada a 30° C por 20 minutos	Lavado con agua destilada a 30° C por 20 minutos
Filtración por gravedad en lino, por arrastres sucesivos con agua destilada a 22-25° C	Filtración por gravedad en lino, por arrastres sucesivos con agua destilada a 22-25° C
Secado en estufa a 70° C por 12 horas aprox.	Secado en estufa a 70° C por 12 horas aprox.
Envasado en bolsas herméticas posteriormente refrigeradas	Envasado en bolsas herméticas posteriormente refrigeradas

Para verificar la efectividad de los tratamientos de purificación en el objetivo de concentrar la cantidad de fibra dietética y la capacidad antioxidante en el afrechillo, las muestras de PAI fueron caracterizadas física y químicamente al igual que la materia prima inicial.

## Análisis Físicos y Químicos

### Caracterización Física

Se realizó a la materia prima inicial y a los PAI obtenidos de las purificaciones.

**Color:** Se determinaron los parámetros de luminosidad ( $L^*$ ), contribución del color verde y rojo ( $a^*$ ) y contribución del color amarillo y azul ( $b^*$ ) mediante un colorímetro de reflectancia, marca Minolta modelo CR-2001. La saturación ( $C^*$ ) y tono ( $H^*$ ) se calcularon por fórmula (Sáenz *et al.*, 1989).

**Granulometría:** Se midió utilizando tamices de aberturas diferentes con un zarandeo por 5 minutos y a una potencia de 50% en un granulómetro marca Retsch modelo AS-200, de acuerdo al método propuesto por la AACC (1998).

**Humedad:** Secado en estufa a presión reducida a 70° C a peso constante por 18 horas aproximadamente (AOAC, 1984).

**Densidad aparente:** Método propuesto por Kaur y Singh (2005).

### Caracterización Química

Se realizó a la materia prima inicial y a los PAI obtenidos de las purificaciones.

#### Composición proximal:

**Cenizas:** incineración en mufla a 550° C por 3 horas (AOAC, 1984).

**Proteínas:** método de Micro-Kjeldhal utilizando un factor de conversión para el afrechillo de amaranto de 6,25 (AOAC, 1984).

**Extracto etéreo:** Se determinó por extracción en Extractor Soxhlet, usando éter petróleo como solvente (AOAC, 1984).

**Fibra cruda:** Por hidrólisis ácida y básica con  $H_2SO_4$  0,255N y NaOH 0,313N respectivamente (AOAC, 1984).

**Extracto no nitrogenado (ENN):** determinado por diferencia para completar 100%.

**Azúcares totales:** método de Munson y Walker (AOAC, 1984).

**Almidón:** método de Sachse (AOAC, 1984).

**Fibra dietética:** Método enzimático-gravimétrico, MES-TRIS Buffer (Lee *et al.*, 1992).

**Lisina Disponible:** método de Dye-Binding (Hurrell *et al.*, 1979).

**Capacidad Antioxidante (DPPH):** método de Brand – Williams *et al.* (1995), utilizando un espectrofotómetro marca PG Instruments Ltd. Modelo T70 UV/VIS.

**Polifenoles totales:** El contenido de compuestos polifenólicos se determinó según el método de Folin-Cicolteau (Bordeau y Scarpa, 2000), utilizando un espectrofotómetro marca PG Instruments Ltd. Modelo T70 UV/VIS.

### Diseño experimental y Análisis estadístico

La unidad experimental de afrechillo de amaranto utilizada en los diferentes tratamientos fue de 80 gramos, los tratamientos correspondieron a dos granulometrías y dos procesos de purificación. El diseño experimental fue aleatorio con estructura factorial 2\*2 y 3 repeticiones. El primer factor correspondió a la granulometría del afrechillo de amaranto (150 y 250 micrones) y el segundo factor dado por el tratamiento de purificación (1 y 2). El diseño utilizado originó 4 tratamientos de purificación, sumando 2 tratamientos correspondientes a la materia prima inicial o afrechillo sin tratamiento de purificación. El número muestral fue de 18 muestras. En el Cuadro 2 se detalla el diseño experimental.

**Cuadro 2.** Diseño experimental de los tratamientos a las muestras de afrechillo para la obtención de los PAI

Granulometría	Tratamiento Purificación 1	Tratamiento Purificación 2
150 $\mu$	150T1	150T2
250 $\mu$	250T1	250T2

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza (ANDEVA) y en los casos con diferencias significativas se aplicó la prueba de comparación múltiple de Duncan otorgando un nivel de confianza de 95%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización física y química de afrechillo de amaranto inicial

**Color.** En el Cuadro 3 se presentan los parámetros de color del afrechillo de amaranto para las granulometrías de 150 y 250  $\mu\text{m}$  sin tratamiento.

**Cuadro 3.** Parámetros de color de afrechillo de amaranto de dos granulometrías

Parámetro	Granulometría 150 $\mu$	Granulometría 250 $\mu$
L*	71,68a $\pm$ 0,29*	70,1b $\pm$ 1,20*
a*	4,07a $\pm$ 0,03	4,35b $\pm$ 0,09
b*	16,88a $\pm$ 0,13	16,65b $\pm$ 0,35
C*	17,37a $\pm$ 0,12	17,21b $\pm$ 0,34
H*	76,45a $\pm$ 0,19	75,21b $\pm$ 0,42

Se empleó prueba "T". Letras diferentes indican diferencias estadísticas  $p < 0,05$

\* Promedio  $\pm$  D.E.

En todos los parámetros existe una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre las granulometrías. Se aprecia que el afrechillo de 150  $\mu\text{m}$  es más luminoso (L\*) y más amarillo (b\*) y tiene un grado de saturación del color (C\*) también mayor que el afrechillo de 250  $\mu\text{m}$ , todo esto coincide con un valor del ángulo del tono del color (H\*) mayor. Esto pudo deberse a que el afrechillo de 150  $\mu\text{m}$  al estar más molido presenta una distribución y color de sus partículas más homogéneo. Una diferencia, muy menor, es la contribución del color rojo (a\*), el cual es mayor en el afrechillo de 250  $\mu\text{m}$ , posiblemente por presentar parte de su cubierta menos molida dejando de manifiesto el leve color rosado de la semilla de amaranto utilizada en el estudio.

**Granulometría.** En el Cuadro 4 se presenta la composición granulométrica del afrechillo de amaranto para las granulometrías de 150 y 250  $\mu\text{m}$ .

**Cuadro 4.** Composición granulométrica de afrechillo de amaranto de dos granulometrías

Tamiz	Abertura Poro ( $\mu$ )	Retención (%)	
		Granulometría 150	Granulometría 250
Tapa	$\geq 1000$	0,1	0,1
18	$\geq 1000$	18,33a $\pm$ 5,37*	3,7b $\pm$ 0,15*
20	850	11,3a $\pm$ 1,13	4,33b $\pm$ 0,21
25	710	12,4a $\pm$ 0,92	14,2b $\pm$ 0,40
40	425	28,13a $\pm$ 2,18	41,7b $\pm$ 0,93
60	250	20,2a $\pm$ 1,56	26,27b $\pm$ 0,91
80	180	5,63a $\pm$ 1,16	5,3b $\pm$ 0,36
100	150	1,53a $\pm$ 0,31	1,3b $\pm$ 0,20
Fondo	$< 150$	1,57a $\pm$ 0,29	2,4b $\pm$ 0,06

Se empleó prueba "T". Letras diferentes indican diferencias estadísticas  $p < 0,05$

\*Promedio  $\pm$  D.E.

Los resultados del análisis granulométrico muestran que las diferencias ( $p < 0,05$ ) se presentan en todos los tamices. La mayor cantidad de ambos afrechillos quedó retenido en los tamices 40 y 60, siendo mucho mayor la retención del afrechillo de 250  $\mu\text{m}$  en el tamiz 40, probablemente por estar menos molido. En el caso de los tamices superiores que tienen una abertura mayor, la retención fue mayor para el afrechillo de 150  $\mu\text{m}$ , esto pudo deberse posiblemente a que las partículas al ser menores se adhirieron a las paredes de las bandejas de los tamices y a la malla de los mismos. Se puede observar además que del total de afrechillo utilizado en el análisis de ambas granulometrías más del 50% corresponde a partículas pequeñas, siendo un 57,2% en el afrechillo de 150  $\mu\text{m}$  y 53,7% en el de 250  $\mu\text{m}$ , considerando desde el tamiz 40 hasta el fondo. Estos valores indican claramente que el afrechillo de 150 está más molido.

Factores que podrían afectar la granulometría de los afrechillos según Brenam (1992, citado por Bernuy 2003) son la humedad, el contenido de azúcares y el equipo de molienda.

**Humedad y Densidad Aparente.** En el Cuadro 5 se presentan los análisis de humedad y densidad aparente del afrechillo para las granulometrías de 150 y 250  $\mu\text{m}$ .

**Cuadro 5.** Humedad y densidad aparente de afrechillo de amaranto de dos granulometrías

Análisis	Granulometría 150 $\mu$	Granulometría 250 $\mu$
Humedad (%)	12,48a $\pm$ 0,05*	13,13b $\pm$ 0,09*
Densidad aparente (g/mL)	0,57a $\pm$ 0,01	0,53b $\pm$ 0

Se empleó prueba "t". Letras diferentes indican diferencias estadísticas  $p < 0,05$

\* Promedio  $\pm$  D.E.

En el contenido de humedad de la materia prima inicial existe una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) y pudo deberse al contenido de agua adicionada antes de la molienda del grano, además el afrechillo de 150  $\mu\text{m}$  al estar más molido posee una mayor superficie expuesta a la evaporación.

Comparado con lo que señala Adekunle (2001) y Tosi *et al.* (2001) que utilizaron harina entera de amaranto los valores que aquí se obtuvieron son mayores, considerando que la materia prima inicial se acondicionó antes de la molienda con una humedad aproximada de 13%.

En densidad aparente también existieron diferencias significativas entre las granulometrías ( $p > 0,05$ ) y esto pudo ser por la diferencia de humedad y por el tamaño de las partículas, siendo menores las partículas en el afrechillo de 150  $\mu\text{m}$  por estar más molido y por lo tanto retuvo menos aire.

Haciendo la comparación con estudios de estos factores en granos enteros de amaranto esta densidad es mucho menor según lo señalado por Ostojja *et al.* (2002).

**Composición Proximal.** En el Cuadro 6 se presenta el análisis de la composición proximal del afrechillo de amaranto para las granulometrías de 150 y 250  $\mu\text{m}$ .

**Cuadro 6.** Composición proximal de afrechillo de amaranto de dos granulometrías

Compuesto (g/100g MS)	Granulometría 150 $\mu$	Granulometría 250 $\mu$
Ceniza	2,68a $\pm$ 0,10*	2,65b $\pm$ 0,01*
Proteína	11,59a $\pm$ 1,85	13,12b $\pm$ 0,21
Lípidos	5,41a $\pm$ 0,09	6,06b $\pm$ 0,20
Fibra Cruda	6,98a $\pm$ 1,02	2,3b $\pm$ 0,59
Extracto No Nitrogenado **	73,33a $\pm$ 2,34	75,87b $\pm$ 0,60

Se empleó prueba "t". Letras diferentes indican diferencias estadísticas  $p < 0,05$

\*Promedio  $\pm$  D.E.

\*\*ENN por diferencia

Todos los compuestos presentan una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ), siendo estas diferencias mayores en el contenido de fibra cruda.

En cuanto al contenido de ceniza los valores son levemente mayores que los indicados por Adekunle (2001) y menores si se compara con harina de amaranto (*A. cruentus*) según indican Escudero *et al.* (2004). Valores más elevados y por debajo de los aquí obtenidos son los presentados por Tosi *et al.* (2001) para cenizas en diferentes granulometrías de harina entera de amaranto de diferentes especies.

Los valores de proteína obtenidos están dentro de un rango según indican algunos autores, siendo menores que lo señalado por Tovar *et al.* (1989), Escudero *et al.* (2004) y mayor según Adekunle (2001) y Tosi *et al.* (2001) utilizando harina entera de amaranto.

En el caso de la fibra cruda es mayor en el afrechillo de 150  $\mu\text{m}$ . Lo contrario ocurrió con el contenido de lípidos que fue mayor en el afrechillo de 250  $\mu\text{m}$  que al estar menos molido retiene más los lípidos y por lo tanto es mayor la extracción. En cuanto a los valores del contenido de lípidos, comparados con harina de amaranto, los encontrados en el afrechillo de amaranto son mucho menores de acuerdo a lo señalado por Escudero *et al.* (2004), quien obtuvo 8,77 g/100g.

Es importante señalar que al utilizar sólo el afrechillo del grano de amaranto los valores obtenidos en los análisis fueron menores que lo que señalan algunos autores que utilizaron harina entera de amaranto, el grano entero y diferentes especies, siendo además diferentes en su expresión genética.

**Azúcares Totales y Almidón.** En el Cuadro 7 se presentan los resultados de los análisis de azúcares totales y almidón del afrechillo de amaranto para las granulometrías de 150 y 250  $\mu\text{m}$ .

**Cuadro 7.** Azúcares totales y almidón de afrechillo de amaranto de dos granulometrías

Compuesto (g/100g MS)	Granulometría 150 $\mu$	Granulometría 250
Azúcares Totales	0,56a $\pm$ 0,02*	0,7b $\pm$ 0,03*
Almidón	53,73a $\pm$ 1,71	79,49b $\pm$ 2,32

Se empleó prueba "t". Letras diferentes indican diferencias estadísticas  $p < 0,05$

\*Promedio  $\pm$  D.E.

En ambos compuestos existe una diferencia marcada ( $p < 0,05$ ) entre las granulometrías de los afrechillos, siendo más importante en el almidón, principalmente en el afrechillo de 250  $\mu\text{m}$ .

Pedersen *et al.* (1987) determinaron valores superiores al 2% en contenido de azúcar para granos de amaranto enteros y que recibieron distintos tratamientos, valores también considerados bajos, al igual que los aquí logrados. Se observa además que el afrechillo de 250  $\mu\text{m}$  contiene una cantidad mayor de azúcares totales probablemente por estar menos molido.

La literatura citada indica valores de 60% a 63% para el almidón (Escudero *et al.* 2004; Adekunle 2001; Tovar *et al.* 1989), observándose una diferencia marcada con los resultados obtenidos, sin embargo Tosi *et al.* (2001) obtienen un valor muy cercano al de esta investigación, siendo este un 73,7%, considerando que utilizó harina entera. Tal vez una razón de porque el afrechillo de 250  $\mu\text{m}$  contenga más almidón que el de 150  $\mu\text{m}$  es que tenga mayor cantidad de germen y esta menos molido.

**Compuestos Bioactivos.** En el Cuadro 8 se presentan los resultados del análisis de compuestos bioactivos del afrechillo de amaranto para las granulometrías de 150 y 250  $\mu\text{m}$ .

**Cuadro 8.** Compuestos bioactivos de afrechillo de amaranto de dos granulometrías

Compuesto	Granulometría 150 $\mu$	Granulometría 250 $\mu$
Fibra Dietética Total (g/100g)	13,91a $\pm$ 5,02*	10,23b $\pm$ 0,73*
Fibra Soluble (g/100g)	0,90a $\pm$ 0,75	1,51b $\pm$ 0,58
Fibra Insoluble (g/100g)	13,01a $\pm$ 5,74	8,72b $\pm$ 1,30
Fenoles Totales (mg EAG/g)	0,68a $\pm$ 0,14	0,45b $\pm$ 0,05
Lisina Disponible (g/100g)	1,417a $\pm$ 0,54	0,4752b $\pm$ 0,41
Cap. Antioxidante (EC <sub>50</sub> )	0,00865a $\pm$ 0	0,03349b $\pm$ 0

Se empleó prueba "t". Letras diferentes indican diferencias estadísticas  $p < 0,05$

\*Promedio  $\pm$  D.E.

En los compuestos bioactivos hay una diferencia significativa entre las granulometrías. Según Pedersen *et al.*, (1990) el contenido de fibra dietética total en semillas de amaranto de colores pálidos es de 8% y las semillas oscuras pueden contener hasta el doble de fibra dietética total, siendo los valores obtenidos en este estudio mayores a lo que indican los autores en cuanto a las semillas de colores pálidos. Además valores indicados por Escudero *et al.* (2004) revelan que en el caso de la fibra soluble los valores aquí obtenidos son muy menores y con una diferencia menor para la fibra insoluble cuyos valores corresponden a casi el total del contenido de fibra dietética. Tosi *et al.* (2001) utilizando harina entera de amaranto de diferentes especies indica valores muy variables para fibra dietética total, entre 4,7% hasta 37,2 % correspondiendo de este último un 31,8% a fibra insoluble.

La relación de fibra dietética soluble e insoluble es muy marcada entre las granulometrías de los afrechillos, observando que en el afrechillo de 150  $\mu\text{m}$  es 1: 14,5 y en el afrechillo de 250  $\mu\text{m}$  es 1: 5,8, esto nos indicaría que al tener una relación menor el afrechillo de 250 $\mu$  es más ventajoso si se considera que la fibra útil para el organismo humano en cuanto a funcionalidad es la fibra soluble. Es muy probable que el afrechillo de 250  $\mu\text{m}$  posee una cantidad más importante de fibra insoluble por el hecho de estar menos molido y además por contener más germen, reteniendo así la fibra durante el tratamiento.

Se observó que el aporte de fenoles totales es importante para la capacidad antioxidante del afrechillo de amaranto. Klimczak *et al.* (2002) obtuvieron valores para fenoles totales de 0,3917 mg EAG/g a 0,5622 mg EAG/g de semillas de otras variedades, expresado en equivalentes de ácido gálico, siendo estos un tanto menores a los valores de esta investigación y señalando que los autores utilizaron harina entera de amaranto por lo que se podría decir que el afrechillo contiene una cantidad de compuestos fenólicos dentro del rango e incluso mayor.

En cuanto al contenido de lisina, varios autores afirman que el amaranto contiene una cantidad importante de este aminoácido esencial. Pedersen *et al.* (1987) encontraron en sus estudios con granos de amaranto de distintas variedades y sometidos a varios tratamientos como por ejemplo tostado, reventado y otros que el contenido de lisina alcanzó valores superiores a los aquí señalado, lo cual se justifica porque los autores consideraron el grano entero.

En las Figuras 1 y 2 que se presentan a continuación, es posible apreciar que la granulometría influye en el contenido de fenoles totales y por ende en la capacidad antioxidante del afrechillo. La granulometría de 250  $\mu\text{m}$  presenta una capacidad antioxidante mayor que el afrechillo de 150  $\mu\text{m}$  cuyo valor fue de 0,03349 EC<sub>50</sub> y la granulometría de 150  $\mu\text{m}$  0,00865 EC<sub>50</sub>, lo cual pudo deberse a que el afrechillo de 250  $\mu\text{m}$  contiene más germen y está más entero.

Esta actividad esta dada por la cantidad de compuestos fenólicos presente en la materia prima y que es capaz de decolorar hasta en un 50% un compuesto metanólico de DPPH utilizado en el análisis (Brand-Williams *et al.*, 1995).

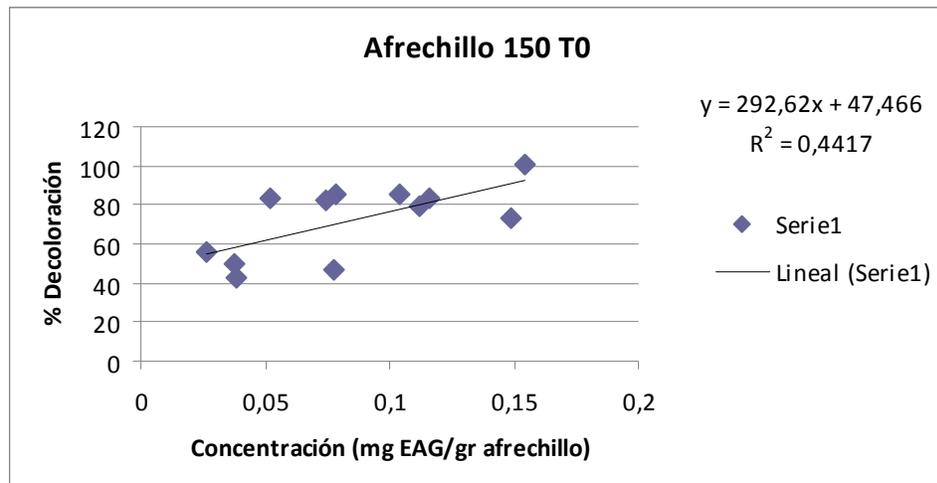


Figura 1: Capacidad antioxidante del afrechillo inicial, 150  $\mu$ .

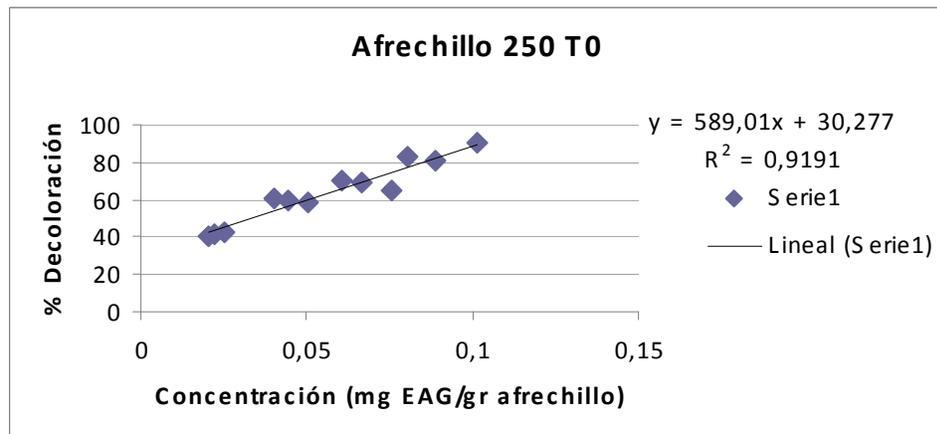


Figura 2: Capacidad antioxidante del afrechillo inicial, 250  $\mu$ .

Gorinstein *et al.* (2007) señalan que existe una correlación lineal entre el contenido total de fenoles y la potencial capacidad antioxidante de muchos cereales y pseudocereales y que al igual que frutas y verduras pueden ser recomendados para el empleo de dietas equilibradas.

Sin embargo, Yawadio *et al.* (2008) señalaron en su investigación que la correlación entre el contenido total de fenoles y la actividad antioxidantes de semillas de quínoa y algunas especies de amaranto, entre ellas *A. cruentus*, es baja, explicando que talvez los compuestos con capacidad antioxidante no sean compuestos fenólicos, tales como el ácido ascórbico y el ácido fítico (compuestos solubles en agua), tocoferoles, esteroides y carotenoides (compuestos lipofílicos) y otros, los cuales podrían ser los contribuidores más probables a la actividad antioxidante y explicando porque esta capacidad es mayor con un contenido de fenoles menor, en uno de los resultados aquí obtenidos.

### Caracterización física y química de los PAI

**Color.** En el Cuadro 9 se presentan los parámetros de color de los PAI de afrechillo de amaranto con los dos tratamientos de purificación.

**Cuadro 9.** Parámetros de color de los PAI con los tratamientos de purificación

Afrechillo	Tratamiento de Purificación		Promedio
	1	2	
<b>Parámetro L*</b>			
150	69,13±2,30*	66,97±0,73*	68,05a
250	71,18±0,81	70,55±0,20	70,87b
Promedio	70,16A	68,76A	
<b>Parámetro a*</b>			
150	3,42±1,0	4,55±0,41	3,98a
250	4,52±0,25	3,90±0,38	4,21a
Promedio	3,97A	4,23A	
<b>Parámetro b*</b>			
150	13,1±1,35	16,17±0,72	14,63a
250	16,87±0,10	14,70±0,85	15,78a
Promedio	14,98A	15,43A	
<b>Parámetro C*</b>			
150	13,55±1,53	16,79±0,80	15,17a
250	17,46±0,15	15,21±0,91	16,33a
Promedio	15,51A	16,0A	
<b>Parámetro H*</b>			
150	75,56±2,9	74,30±0,73	74,93a
250	75,01±0,73	75,80±0,77	75,40b
Promedio	75,28A	75,05B	

Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre filas y letras mayúsculas entre columnas ( $p < 0,05$ ), según test de Duncan.

\*Promedio ± D.E.

En el parámetro luminosidad (L\*) existen diferencias significativas entre las granulometrías, siendo mayor el valor en el afrechillo de 150 micrones pero a la vez menor que los valores del afrechillo inicial (sin tratamiento). La contribución del color rojo (a\*) y el color amarillo (b\*) no presentan diferencias significativas, tanto entre las granulometrías como entre las purificaciones, no así en el afrechillo inicial. Esta diferencia se pudo dar por el lavado del afrechillo durante las purificaciones que en cierto modo arrastró compuestos pigmentados de los afrechillos y homogenizó el color. Respecto a la saturación del color (C\*) y al tono (H\*) los valores no difieren mucho de la materia prima inicial.

**Granulometría.** En el Cuadro 10 se presentan los composición granulométrica de los PAI de afrechillo de amaranto con los dos tratamientos de purificación.

**Cuadro 10.** Composición granulométrica de los PAI con los tratamientos de purificación

Afrechillo	Tratamiento de Purificación		Promedio
	1	2	
<b>Tamiz 18</b> (Diámetro $\geq 1.000 \mu$ )			
150	52,12 $\pm$ 8,75*	43,72 $\pm$ 1,83*	47,92a
250	32,77 $\pm$ 6,06	33,68 $\pm$ 3,26	33,22b
Promedio	42,44A	38,69A	
<b>Tamiz 20</b> (Diámetro 850 $\mu$ )			
150	13,31 $\pm$ 1,04	22,14 $\pm$ 4,87	17,73a
250	7,73 $\pm$ 0,84	6,77 $\pm$ 0,67	7,25b
Promedio	10,52A	14,46A	
<b>Tamiz 25</b> (Diámetro 710 $\mu$ )			
150	7,55 $\pm$ 1,17	9,60 $\pm$ 0,15	8,58a
250	11,33 $\pm$ 0,91	10,98 $\pm$ 0,91	11,16b
Promedio	9,44A	10,29A	
<b>Tamiz 40</b> (Diámetro 425 $\mu$ )			
150	15,09 $\pm$ 3,56	12,62 $\pm$ 1,66	13,85a
250	26,37 $\pm$ 1,89	24,53 $\pm$ 2,10	25,45b
Promedio	20,73A	18,57A	
<b>Tamiz 60</b> (Diámetro 250 $\mu$ )			
150	8,48 $\pm$ 2,41	7,67 $\pm$ 0,75	8,08a
250	17,33 $\pm$ 2,41	15,42 $\pm$ 1,10	16,38b
Promedio	12,91A	11,55A	
<b>Tamiz 80</b> (Diámetro 180 $\mu$ )			
150	1,39 $\pm$ 0,44	1,92 $\pm$ 0,44	1,66a
250	4,27 $\pm$ 0,64	3,73 $\pm$ 0,33	3,99b
Promedio	2,83A	2,83A	
<b>Tamiz 100</b> (Diámetro 150 $\mu$ )			
150	0,70 $\pm$ 0,15	0,84 $\pm$ 0,28	0,77a
250	1,37 $\pm$ 0,15	1,16 $\pm$ 0,13	1,26b
Promedio	1,03A	1A	
<b>Fondo</b> (Diámetro $< 150 \mu$ )			
150	1,12 $\pm$ 0,5	1,22 $\pm$ 0,51	1,17a
250	2,9 $\pm$ 0,95	3,27 $\pm$ 0,06	3,09b
Promedio	2,01A	2,25A	
<b>Tapa</b> (Diámetro $\geq 1000 \mu$ )			
150	0,21 $\pm$ 0,04	0,26 $\pm$ 0,13	0,24a
250	0,23 $\pm$ 0,06	0,46 $\pm$ 0,12	0,35a
Promedio	0,22A	0,36A	

Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre filas y letras mayúsculas entre columnas ( $p < 0,05$ ), según test de Duncan.

\*Promedio  $\pm$  D.E.

En el caso de los afrechillos tratados con las purificaciones en el análisis granulométrico se presentó nuevamente el hecho de que son dos tamices los que retienen en mayor cantidad el afrechillo, estos fueron el tamiz 18 y el tamiz 40, concentrándose aún más en el tamiz 18 y más que en los afrechillos no tratados. Esta situación pudo deberse a que con las purificaciones y posterior secado de los PAI el afrechillo se aglomeró en partículas más grandes. Se debe señalar que la diferencia se dio entre granulometrías y no entre purificaciones. Esta situación se presentó en todos los tamices a excepción de la tapa en donde no existen diferencias.

**Humedad y Densidad aparente.** En el Cuadro 11 se presentan los valores obtenidos de humedad y densidad aparente de los PAI de afrechillo de amaranto con los dos tratamientos de purificación.

**Cuadro 11. Humedad y densidad aparente de los PAI con los tratamientos de purificación**

Compuesto	Afrechillo	Tratamiento de Purificación		Promedio
		1	2	
Humedad (%)	150	12,59±4,69*	0,39±0,21*	6,49a
	250	1,50±0,51	0,83±0,26	1,17b
	Promedio	7,05A	0,61B	
Densidad Aparente (g/mL)	150	0,5±0,02	0,54±0,02	0,52a
	250	0,49±0,01	0,47±0,01	0,48b
	Promedio	0,49A	0,51A	

Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre filas y letras mayúsculas entre columnas, según test de Duncan.

\*Promedio ± D.E.

El análisis de humedad presentó diferencias significativas entre las granulometrías y las purificaciones. Es muy probable que este resultado se debiera a una diferencia en el secado de los PAI, tanto en el tiempo como en la temperatura de secado además en la cantidad de agua absorbida durante el proceso de purificación.

La densidad aparente presentó diferencias sólo entre las granulometrías, siendo los valores mayores en la granulometría de 150 µm; lo que se pudo deber a una mayor aglomeración de las partículas producto de la humedad y del proceso de secado de los PAI dejando por lo tanto mayor cantidad de aire entre partículas.

**Composición Proximal.** En el Cuadro 12 se presenta la composición proximal de los PAI de afrechillo de amaranto con los dos tratamientos de purificación.

**Cuadro 12.** Composición proximal de los PAI con los tratamientos de purificación

Compuesto (g/100g MS)	Afrechillo	Tratamiento de Purificación		Promedio
		1	2	
Cenizas	150	2,33±0,05*	2,57±0,08*	2,45a
	250	2,79±0,07	2,74±0,02	2,77b
	Promedio	2,56A	2,65A	
Proteína	150	10,39±0,45	10,11±0,07	10,25a
	250	10,74±0,54	11,24± 0,49	10,99b
	Promedio	10,56A	10,67A	
Lípidos	1500	2,48±0,32	1,79±0,21	2,14a
	2500	4,83±0,14	3,49± 0,21	4,16b
	Promedio	3,66A	2,64B	
Fibra Cruda	150	13,99±1,62	11,84±0,52	12,92a
	250	8,91±1,29	7,57±0,09	8,24b
	Promedio	11,46A	9,71A	
Extracto no Nitrogenado **	150	70,80±0,87	74,04±0,60	72,42a
	250	72,73±1,96	74,96±0,62	73,85a
	Promedio	71,77A	74,5B	

Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre filas y letras mayúsculas entre columnas ( $p < 0,05$ ), según test de Duncan.

\*Promedio ± D.E.

\*\* ENN por diferencia

Los compuestos cenizas, proteína y fibra cruda presentan diferencias sólo entre las granulometrías. Esto indica que las purificaciones y los agentes reactivos no tienen mayor incidencia en los resultados.

El afrechillo de 250  $\mu\text{m}$  contiene más ceniza y proteína que el afrechillo de 150  $\mu\text{m}$  y esta diferencia se pudo dar principalmente porque el afrechillo de 250  $\mu\text{m}$  está menos molido y podría contener una cantidad de germen mayor. Si bien las diferencias no son significativas entre los procesos de purificación, es importante señalar que algunas proteínas son hidrosolubles y que también se ven afectadas por el uso de la acetona la cual las hace precipitar.

En el caso de los lípidos, las diferencias se dan por ambos factores y también se presentó una importante reducción en el contenido si se compara con el afrechillo que no fue purificado. Esta reducción y diferencia entre las granulometrías y las purificaciones se podría explicar por el uso de acetona e hidróxido de sodio en las purificaciones. La acetona actúa como un disolvente orgánico y provoca la eliminación de los lípidos en los afrechillos y el hidróxido de sodio desdobra los lípidos para formar jabones (saponificación).

**Azúcares totales, almidón y compuestos bioactivos.** En el Cuadro 13 se presenta los resultados obtenidos de azúcares totales, almidón y compuestos bioactivos de los PAI de afrechillo de amaranto con los dos tratamientos de purificación.

**Cuadro 13.** Azúcares totales, almidón y compuestos bioactivos de los PAI con los tratamientos de purificación

Compuesto	Afrechillo	Tratamiento Purificación		Promedio
		1	2	
Azúcares Totales (g/100g)	150	Trazas	Trazas	
	250	Trazas	Trazas	
	Promedio			
Almidón (g/100g)	150	53,38±1,35*	79,13±2,02*	66,26 <sup>a</sup>
	250	72,61±2,08	60,28±4,588	66,45 <sup>a</sup>
	Promedio	62,99A	69,71B	
Fenoles Totales (mg EAG/g)	150	0,32±0,05	0,29±0,05	0,31 <sup>a</sup>
	250	1,04±0,10	0,26±0,17	0,64 <sup>b</sup>
	Promedio	0,68A	0,28B	
Fibra Dietética Total (g/100g)	150	30,8±4,06	37,1±8,31	33,95 <sup>a</sup>
	250	27,16±2,37	32,41±2,81	29,78 <sup>b</sup>
	Promedio	28,98A	34,75B	
Fibra Dietética Soluble (g/100g)	150	1,52±0,48	0,92±0,79	1,22 <sup>a</sup>
	250	3,71±1,63	2,48±0,63	3,10 <sup>b</sup>
	Promedio	2,62A	1,70B	
Fibra Dietética Insoluble (g/100g)	150	29,28±4,37	36,18±7,97	32,73 <sup>a</sup>
	250	23,45±0,87	26,72±2,40	25,09 <sup>b</sup>
	Promedio	26,37A	31,45B	
Cap. Antioxidante (EC <sub>50</sub> )	150	ND	ND	
	250	ND	ND	
	Promedio			

Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre filas y letras mayúsculas entre columnas ( $p < 0,05$ ), según test de Duncan.

\*Promedio ± D.E.

ND: No detectable

La presencia de azúcares en los afrechillos purificados fue completamente insignificante por lo tanto se puede decir que las purificaciones son eficientes para eliminar los azúcares, señalando además que son compuestos hidrosolubles por lo que es muy probable que gran parte se eliminaran con los lavados iniciales del tratamiento.

En el caso del almidón se dio una situación especial, ya que comparando los valores con el afrechillo inicial, para el afrechillo de 150  $\mu\text{m}$  la purificación 1 disminuyó levemente el contenido de almidón, en cambio la purificación 2 lo concentró en forma importante, lo contrario ocurrió con el afrechillo de 250  $\mu\text{m}$ . Esto pudo deberse a que al disminuir otros compuestos como los azúcares, lípidos, proteínas, se concentró más el almidón.

El contenido de lisina disponible en los PAI de esta investigación no fue posible detectarlo, probablemente este aminoácido fue eliminado durante las purificaciones por efecto de los reactivos utilizados. Se debe considerar además que tanto el amaranto como otros cereales al ser sometidos a tratamientos de calor seco, como fue el caso de los afrechillos purificados para obtener los PAI que se secaron en estufa a 70° C, sufren detrimentos nutricionales, especialmente las proteínas ya que estas al interactuar con los azúcares y más precisamente con los azúcares reductores, disminuyen de forma considerable la biodisponibilidad, principalmente del aminoácido lisina y en segundo lugar de los aminoácidos azufrados Tovar *et al.* (1989).

El contenido de fenoles se vio afectado de forma muy importante y las diferencias se presentan entre granulometrías y purificaciones. Esto se debe principalmente al uso de acetona que actúa como un solvente eliminando principalmente las grasas y los compuestos fenólicos, reduciendo drásticamente la capacidad antioxidante, lo que va en desmedro según Gorinstein *et al.* (2007) del efecto positivo de la capacidad antioxidante en el perfil lipídico del plasma sanguíneo.

La actividad antioxidante en los afrechillo de ambas granulometrías y sometidos a los procesos de purificación no fue posible determinarla ya que el porcentaje de decoloración fue inferior al 50%. Esta situación se dio básicamente porque al utilizar acetona pura o diluida se produjo un lavado de los compuestos fenólicos.

En cuanto a fibra dietética, hubo diferencias entre los factores y se observó un importante incremento en la concentración comparado con el afrechillo inicial, siendo la fibra insoluble la que aporta más a la composición final. El incremento de la fibra dietética total se apreció de forma más marcada en ambos afrechillos con la purificación 2, ocurriendo lo mismo con la fibra insoluble. Probablemente esta diferencia entre las purificaciones se debió a que en la purificación 2 se utilizó acetona diluida lo cual eliminó menos fibra. Además esta concentración podría explicarse porque se eliminan compuestos tales como los azúcares, almidón ,algunos lípidos entre otros.

En cuanto a la relación entre fibra soluble e insoluble, se encontró que dicha relación es menor en ambos afrechillos sometidos al tratamiento de purificación 1. Se obtuvieron los siguientes valores: en el afrechillo de 150  $\mu\text{m}$  con el tratamiento 1 es 1:19,3 y con el tratamiento 2 es 1:39,3; para el afrechillo de 250  $\mu\text{m}$  tratamiento 1 es 1:6,3 y con tratamiento 2 es 1:10,8. Claramente se puede apreciar que los afrechillos de ambas granulometrías y tratados con la purificación 1 presentan una ventaja al tener una relación entre las fibras soluble e insoluble menor y que al igual que en el afrechillo de 250  $\mu\text{m}$  sin purificación, esto es beneficioso para la salud. Es muy probable que la menor presencia de fibra soluble en los afrechillos con el tratamiento de purificación 2 se deba a el mayor tiempo de contacto con el hidróxido de sodio y el arrastre producido tanto por los agentes reactivos como por los lavados con agua destilada.

## CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación indican que es posible, mediante procesos de purificación, obtener un Producto Alimenticio Intermedio (PAI) con alto contenido de fibra dietética. Sin embargo es importante señalar que la relación de fibra dietética soluble e insoluble empeora con los tratamientos de purificación.

La acetona provoca una drástica disminución de los compuestos fenólicos y por consecuencia la capacidad antioxidante también se ve afectada ya que la cantidad de fenoles y de otros compuestos no fenólicos se relacionan directamente con la actividad antioxidante. Además afecta fuertemente la presencia de lisina disponible que no fue posible determinar luego del análisis.

Los métodos de purificación utilizados ayudan además a eliminar compuestos, tales como azúcares, almidón, lípidos y muy levemente se reduce el contenido de proteínas. En el caso del almidón se hace mención especial ya que durante la purificación algunas muestras vieron incrementado su porcentaje, posiblemente en desmedro de la eliminación de otros compuestos.

De acuerdo a los resultados obtenidos es posible mencionar que la granulometría del afrechillo de amaranto es un factor determinante en el objetivo de concentrar la fibra dietética total puesto que el afrechillo de granulometría 150  $\mu\text{m}$  presentó un valor promedio mayor que el afrechillo de 250  $\mu\text{m}$ . Además es posible también apreciar que el tratamiento de purificación 2 es más efectivo.

**BIBLIOGRAFÍA**

Adekunle, J. 2001. The effect of amaranth grain flour on the quality of bread. *International Journal of Food Properties* 4(2): 341-351.

American Association of Cereal Chemists (AACC), 1989. *Approved Methods*, Vol.1, 38-12.

Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C.), 1984. *Official methods on analysis of the association of official analytical chemist*. 14<sup>th</sup> ed. Virginia, E.U.A. 1241p.

Bernuy, E. 2003. Incorporación de harina y de fibra purificada del fruto de Algarrobo *Prosopis chilensis* (Mol) Stunz. en el desarrollo de galletas. Tesis Magíster en Ciencias Agropecuarias, Mención Agroindustria. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Santiago, Chile. 90p.

Bordeau, E. y J. Scarpa. 2000. *Análisis químico del vino*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. 253p.

Brand-Williams, W., M. E., Cuvelier and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm-Wiss. U. Technol.* (28): 25-30.

Búcaro, M. y R. Bressani. 2002. Distribución de la proteína en fracciones físicas de la molienda y tamizado del grano de amaranto. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 52(2).

Colla, E., P. Do Amaral and F. Menegalli. 2006. *Amaranthus cruentus* flour films: Influence of Stearic Acid addition, plasticizer concentration and emulsion stirring speed on water vapor permeability and mechanical properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 6645-6653.

Escudero, N.L., M.L. De Arellano, J.M. Luco, M.S. Giménez and S.I. Mucciarelli. 2004. Comparison of the chemical composition and nutritional value of *Amaranthus cruentus* flour and its protein concentrate. *Plant Foods for Human Nutrition* 59: 15-21.

Estévez, A., E. Castillo, M. Vásquez, I. Zacarias, E. Yáñez y D. Granger. 1991. Efectos de algunas operaciones sobre las características químicas de *Amaranthus cruentus*. 98-100. 9<sup>o</sup> Congreso Nacional de Ciencias y Tecnología de Alimentos. Santiago, Chile, Noviembre, 1991.

Gorinstein, S., O.J. Medina, N.O. Jaramillo, I. Arnao, A. Martínez, P. Arancibia-Avila, F. Toledo, E. Katrich, S. Trakhtenberg. 2007. The total polyphenols and the antioxidant potentials of some selected cereals and pseudocereals. *Eur Food Res. Technol.* 225: 321-328.

Hurrell, R. F., P. Lerman and K. J. Carpenter. 1979. Reactive lysine in foodstuffs as measured by a rapid dye-binding procedure. *Journal of Food Science* 44: 1221-1227.

Kaur, M. and N. Singh. 2005. Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Food Chemistry* 91: 403-411.

Klimczak, I., M. Malecka and B. Pacholek. 2002. Antioxidant activity of ethanolic extracts of amaranth seeds. *Nahrung/Food* 46 (3): 184 ± 186.

Lee, S., L. Prosky and J. Devries. 1992. Determination of total, soluble and insoluble fiber food. Enzymatic Gravimetric method Mes – Tris Buffer: Collaborative Study, J. Assoc-Off Anal. Chem. 75(3):395-416.

Mujica, A. y M. Berti. 1997. El cultivo del amaranto (*Amaranthus spp.*): producción, mejoramiento genético y utilización. Preparado en colaboración con la FAO Roma: FAO 89-96.

Ostoja, H., M. Cierach, H. Konopko and K. Majewska. 2002. Effect of addition of grit made of crude and expanded amaranth seeds on the quality of canned meat. *Nahrung/Food* 46: 270-275.

Pedersen, B., L.S. Kalinowski and B.O. Eggum. 1987. The nutritive value of amaranth grain (*Amaranthus cruentus*) 1. Protein and minerals of raw and processed grain. *Plant Foods for Human Nutrition* 36: 309-324.

Pedersen, B., K.E. Bachk Nudsen and B.O. Eggum. 1990. The nutritive value of amaranth grain (*Amaranthus caudatus*) 3. Energy and fiber of raw and processed grain. *Plant Foods for Human Nutrition* 40: 61-71.

Plate, A. and J. Areas. 2002. Cholesterol-lowering effect of extruded amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) in hypercholesterolemic rabbits. *Food Chemistry* 76: 1-6.

Sáenz, C., C. Calvo y E. Loyola. 1989. El color en alimentos medidas instrumentales. Ediciones Universidad de Chile, Santiago. 96p.

Tosi, E.A., E. Ré, H. Lucero and R. Masciarelli. 2001. Dietary fiber obtained from amaranth (*Amaranthus cruentus*) grain by differential milling. *Food Chemistry* 73: 441-443.

Tovar, L. R., E. Brito, T. Takahashi, T. Miyazawa, J. Soriano and K. Fujimoto. 1989. Dry heat popping of amaranth seed might damage some of its essential amino acids. *Plant Foods for Human Nutrition* 39: 299-309.

Yáñez, E., I. Zacarias, D. Granger, M. Vásquez y A. Estévez. 1994. Caracterización química y nutricional del amaranto (*Amaranthus cruentus*). Archivos Latinoamericanos de Nutrición 44(1): 57-62.

Yawadio, R., H. Kikuzaki and Y. Konishi. 2008. Antioxidant activity of various extracts and fractions of *Chenopodium quinoa* and *Amaranth* spp. seeds. Food Chemistry 106: 760-766.