

## EXTRACCIÓN CON SOLUCIONES NEUTRA Y ALCALINA PARA EL AISLAMIENTO DE FIBRA SOLUBLE E INSOLUBLE A PARTIR DE SALVADO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.), KIWICHA (*Amaranthus caudatus* L.) Y CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen.)

Carlos A. Ligarda Samanez<sup>1\*</sup>, Ritva Repo-Carrasco<sup>2</sup>, Christian R. Encina Zelada<sup>3</sup>, Iván Herrera Bernabé<sup>4</sup>, Zory Quinde-Axtell<sup>5</sup>

### RESUMEN

Se evaluó el contenido de fibra dietaria y sus componentes en 3 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), 3 variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) y 3 variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Las siguientes variedades de cada grano andino fueron elegidas por su alto contenido de fibra dietaria soluble (FDS): quinua: variedad Salcedo INIA, cañihua: variedad Cupí y kiwicha: variedad Morocho. Estas variedades fueron molidas y tamizadas para obtener salvados ricos en fibra dietaria soluble e insoluble (FDI). Se probó dos métodos para aislar la fibra soluble e insoluble: método neutro y método alcalino. El método neutro consistió en solubilizar en agua las fracciones de FDS presentes en los salvados; posteriormente las fracciones solubles se purificaron por diversos procedimientos fisicoquímicos, luego de los cuales se realizó la operación de liofilización para la obtención de las fracciones ricas en FDS y FDI. Por otro lado, el método alcalino utilizó otro medio como disolvente para realizar el aislamiento de la FDS, como fue el reactivo de hidróxido de sodio al dos por ciento; los residuos de las fracciones de FDS y FDI fueron liofilizados. Una vez aisladas las fracciones ricas en FDI y FDS por los métodos neutro y alcalino, a partir de los salvados concentrados, se evaluaron sus propiedades fisicoquímicas y tecnofuncionales; además, se determinó el rendimiento de ambos métodos de extracción de fibra. Finalmente, con los resultados que se obtuvo en esta investigación, se demostró que el método más adecuado para la extracción de las fracciones de FDI y FDS fue el que utiliza el procedimiento neutro.

**Palabras clave:** *Chenopodium quinoa* Willd, *Amaranthus caudatus* L. y *Chenopodium pallidicaule* Aellen, fibra dietaria total, método alcalino y neutro.

---

<sup>1\*</sup> Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional José María Arguedas, Jr. Constitución N° 409, Andahuaylas – Perú, carligarda@hotmail.com

<sup>2</sup> Dpto. de Ingeniería de Alimentos, Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú.

<sup>3</sup> Dpto. de Tecnología de Alimentos, Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú.

<sup>4</sup> Escuela de Industrias Alimentarias, Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque – Perú.

<sup>5</sup> Dpto. de Ingeniería Alimentos, Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú.

## NEUTRAL AND ALKALINE EXTRACTIONS METHODS FOR THE ISOLATION OF SOLUBLE AND INSOLUBLE FIBERS BRANS FROM QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.), KIWICHA (*Amaranthus caudatus* L.) AND CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen.)

### ABSTRACT

In the present research, characterization of the components of total dietary fiber of 3 varieties of quinoa (*Chenopodium quinoa*), 3 varieties of kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) and 3 varieties of cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), was carried out. For further studies, the following varieties of each andean crop were chosen due to their high content of soluble dietary fiber quinoa: Salcedo INIA variety, kiwicha: Morocho variety and cañihua: Cupi variety. These cereals were processed by milling and sieving to obtain brans which were analyzed for their dietary fiber content and components. These operations allowed concentrating the soluble dietary fiber in the brans. The soluble and insoluble dietary fibers were isolated using two different methods: extraction with neutral solution and extraction with basic solution. The first method consisted in extracting with water the fractions of soluble dietary fiber of the brans. These fractions were purified by physicochemical methods and lyophilized to obtain fractions rich in soluble and insoluble dietary fiber. In the second method basic solution was used to obtain fractions rich in soluble and insoluble dietary fiber. Once the fractions rich in soluble and insoluble dietary fiber were prepared, physicochemical and techno functional properties of these fractions were evaluated. The yield of the two methods of extraction was calculated, as well. The results of this research demonstrated that the most adequate method of extraction of the dietary fiber fractions is the method which uses neutral solvents.

**Key words:** *Chenopodium quinoa* Willd, *Amaranthus caudatus* L. y *Chenopodium pallidicaule* Aellen, dietary fiber, neutral and alkaline methods.

### INTRODUCCIÓN

Los Andes son una zona de agricultura tradicional que puede ser considerada como un macro centro de conservación de la biodiversidad de los cultivos nativos. Los granos andinos forman parte del Perú y también de otros países sudamericanos. Son muy bien adaptados a las condiciones de los andes: altura, clima, suelo. Presentan una gran variabilidad en cuanto a tamaño, forma y colores de planta y grano. Podría elaborarse productos innovadores con estas materias primas. No obstante, hay pocos estudios que permiten el conocimiento del real potencial de estas variedades en cuanto a su aprovechamiento en la industria alimentaria.

La quinua es una planta de la familia *Chenopodiaceae*, género *Chenopodium*, sección *Chenopodia* y subsección *Cellulata*. El género *Chenopodium* es el principal dentro de la familia *Chenopodiaceae* y tiene amplia distribución mundial, con cerca de 250 especies<sup>1</sup>.

La kiwicha es una planta (muy rústica) anual que alcanza gran desarrollo y elevada altura en los suelos fértiles, llegando en algunos casos hasta 2,6 metros. La semilla es circular vista por encima y lenticular vista de costado, de 1 a 1,5 mm de diámetro y 0,5 mm de espesor, con un peso de 0,6 a 1 g por 100 semillas; generalmente tiene colores pálidos, pero el color puede variar desde blanco hueso a beige, café claro, rojo, pardo y negro<sup>2</sup>.

La kañiwa es una de las especies agrícolas menos estudiadas y en muchas oportunidades se la ha confundido con la quinua. No existen evidencias arqueológicas relacionadas con la kañiwa, de manera que no se puede saber desde qué tiempo data su cultivo. Sin embargo, el hecho de

que las plantas pierden gran parte del grano por dehiscencia, hace pensar que su proceso de domesticación no está aún concluido. Este cultivo parece estar muy relacionado con la cultura Tiahuanaco que estuvo asentada en el altiplano de Perú y Bolivia<sup>3</sup>.

La definición más ampliamente aceptada con fines analíticos es la que define la fibra dietaria (*dietary fiber*) o fibra alimentaria, considerando aspectos fisiológicos. La fibra consta de dos fracciones (insoluble y soluble en agua) y sus propiedades vendrán determinadas por los porcentajes de estas fracciones. La fibra insoluble es escasamente fermentada y tiene un marcado efecto laxante y regulador intestinal, mientras que la fibra soluble es fermentada en alta proporción y sus principales propiedades se relacionan con la disminución del colesterol y glucosa en la sangre y desarrollo de la flor intestinal<sup>4</sup>. Los métodos de análisis de la fibra dietética se pueden clasificar en 3 grupos: **métodos gravimétricos** (fibra bruta, fibra detergente ácida y fibra detergente neutra); **enzimático-gravimétricos** (fibra insoluble, soluble y total) y **químicos** (polisacáridos no-almidón)<sup>5</sup>. Otros métodos utilizan una proteasa, para acelerar el proceso hidrolítico y evitar la pérdida de compuestos ácidos-lábiles que supone la utilización de pepsina<sup>6</sup>.

La aplicación de la fibra dietética es importante en la dieta humana, existiendo dos posibilidades: aumentando su consumo, sin grandes cambios en los hábitos alimentarios y con productos elaborados tales como: alimentos enriquecidos, preparados dietéticos y farmacéuticos<sup>7</sup>.

Los objetivos de la presente investigación fueron el caracterizar proximalmente y determinar el contenido de fibra dietaria en tres variedades de quinua, tres de kiwicha y tres de cañihua; obtener salvados ricos en fibra dietaria soluble (FDS) e insoluble (FDI); probar dos métodos para aislar la fibra soluble e insoluble: método neutro y método alcalino; aislar las fracciones ricas en FDI y FDS por ambos métodos a partir de los salvados concentrados y evaluar sus propiedades fisicoquímicas y tecnofuncionales y determinar el rendimiento de ambos métodos de extracción de fibra.

## PARTE EXPERIMENTAL

Se utilizaron tres variedades de cada uno de los cultivos: quinua (Kancolla, Blanca de Juli y Salcedo INIA); kiwicha (Morocho, Centenario y Óscar Blanco), y cañihua (Cupi, Illpa y Ramis). Las muestras de quinua y cañihua provinieron del INIA de Puno, mientras que las muestras de kiwicha fueron colectadas del INIA de Ayacucho, teniendo una muestra representativa de 5 kg de cada una de las variedades indicadas. Se utilizaron materiales de vidrio como: bureta, Erlenmeyer, fiolas, placas petri, vasos de precipitado, además de otros equipos y reactivos de laboratorio recomendados para los análisis de los respectivos métodos. También se utilizaron *kits* de *Megazyme*<sup>®</sup> para la determinación de fibra dietaria total (FDT),  $\beta$ -glucanos, lignina Klason y almidón resistente.

### Obtención de salvados.

Con el objeto de eliminar materiales extraños se realizó la limpieza de los granos; posteriormente se realizó la desaponificación y secado de la quinua. Luego se molieron los granos en el equipo Brabender Quadrumat Jr<sup>®</sup>. Las fracciones de salvado obtenidas fueron posteriormente tamizadas (tamiz número 20) para mejorar el rendimiento de extracción del salvado. Se consideró salvado a todo aquello que tenía tamaños superiores a 250  $\mu$ m. Finalmente, las muestras se empacaron en bolsas de polietileno de alta densidad y se almacenaron convenientemente hasta su análisis.

### Extracción de fibra dietaria (método neutro)

Se pesaron los salvados que fueron previamente pulverizados en el molino Cyclotec<sup>®</sup>; posteriormente fueron mezclados con agua destilada. Centrifugándose la solución a una

velocidad de 1 500 x g por un tiempo de 15 minutos. Se repitió el procedimiento una vez más. Los sobrenadantes fueron colectados después de realizar la operación de centrifugación, usándose la parte líquida para el aislamiento posterior de la fracción de fibra soluble y los residuos usados para el aislamiento de la fracción de fibra insoluble.

Para el aislamiento de la fracción rica en fibra soluble, fue necesario precipitar las proteínas de la solución ajustándose el pH de las fracciones solubles (pH 4 para kiwicha y pH 5 para quinua y cañihua), usando para tal efecto soluciones de HCl o NaOH 1 N. Las soluciones que se obtuvieron se centrifugaron por un tiempo de 10 minutos a una velocidad de 1 500 x g, con la finalidad de separar los residuos de los sobrenadantes. El sobrenadante que se obtuvo fue liofilizado dando como resultado una fracción rica en fibra soluble. Se pesaron los residuos provenientes de la centrifugación anterior, y luego se procedió a realizar lavados sucesivos con agua destilada a través de los tamices con apertura de 106 µm para eliminar el almidón residual. Los materiales que se recuperaron de los tamices fueron fracciones ricas en fibra insoluble. Posteriormente, los residuos que se obtuvieron de los tamices se disolvieron nuevamente en agua para realizar la incubación con la enzima  $\alpha$ -amilasa (termamyl<sup>®</sup>, 50 µl/100 ml) a un pH de 6, por un tiempo de 30 minutos y una temperatura de 100 °C en baño de agua con agitación ocasional. Seguidamente se realizó la centrifugación de la mezcla por un tiempo de 10 minutos a una velocidad de 1 500 x g, los pellets resultantes; finalmente se liofilizaron lográndose obtener fracciones de fibra insoluble purificada.

#### **Extracción de fibra dietaria (método alcalino)**

Se molieron los salvados con la finalidad de uniformizar el tamaño de las partículas en el molino Ciclotec<sup>®</sup>. Posteriormente, éstos fueron desengrasados con acetona como solvente; a continuación, las muestras se secaron a temperatura medio ambiental. El almidón presente en el salvado molido fue digerido utilizando una solución de la enzima glucoamilasa a pH 4,8 por un tiempo de 24 horas; posteriormente el residuo fue recuperado por filtración (tamiz de 106 µm de abertura). Luego se lavó el residuo con agua destilada realizando este procedimiento cuatro veces con la finalidad de eliminar el almidón residual. El residuo, libre de almidón fue mezclado con un litro de reactivo (hidróxido de sodio al 2 por ciento con pH 14 a 20°C) y extraído a una temperatura de 60 °C por un tiempo de 4 horas de incubación (se decidió la elección de NaOH por ser el más económico en el mercado). El extracto que se obtuvo fue centrifugado, colectándose los sobrenadantes correspondientes a la parte líquida para el aislamiento posterior de la fracción de fibra soluble y los residuos fueron usados para el aislamiento de la fracción de fibra insoluble.

El sobrenadante fue neutralizado usando para tal efecto, soluciones de ácido acético o hidróxido de sodio 5 N; dicha operación se llevó a cabo con la finalidad de precipitar algunas proteínas y contribuir así a la purificación de la fracción final. La solución neutralizada fue tratada con el reactivo de ácido tricloroacético, llevando la concentración final del sobrenadante a siete por ciento (no se realizó la diálisis por falta de membranas en el mercado nacional y por ser bastante costosas). El extracto que se obtuvo fue agitado con cuatro volúmenes de etanol al 95%, almacenándose esta solución toda una noche con la finalidad de precipitar la fracción de fibra dietaria soluble. El precipitado fue colectado por centrifugación y liofilizado finalmente para la obtención de las fracciones ricas en fibra dietaria soluble. Los residuos resultantes de la primera centrifugación fueron liofilizados, lográndose obtener una fracción rica en fibra insoluble.

#### **Métodos de análisis.**

Se determinó la composición proximal<sup>8</sup>, fibra dietaria total, soluble e insoluble<sup>8</sup>,  $\beta$ -glucanos<sup>8</sup>, almidón resistente<sup>9</sup>, celulosa<sup>10</sup>, lignina de Klason<sup>8</sup>, pentosanos<sup>11</sup>, capacidad de absorción de agua<sup>12</sup>, capacidad de retención de agua<sup>13</sup> y la capacidad de absorción de muestra orgánica<sup>12</sup>. La

viscosidad de las soluciones de fibra soluble al 3 por ciento (w/v); se midió con un viscosímetro rotacional Brookfield® DV-III HB hechas a temperatura estable de 24 °C.

### Análisis estadístico.

Todos los análisis se determinaron por triplicado, expresando los resultados como promedio  $\pm$  desviación estándar. Para el análisis estadístico se empleó el diseño completamente al azar (DCA), para evaluar el efecto de la variedad del grano andino, así como del tipo de método de extracción de fibra, sobre las propiedades fisicoquímicas y tecnofuncionales de las fibras aisladas, además de su rendimiento, considerándose un nivel de significancia del noventa y cinco por ciento, se aplicó al ser significativo el análisis anterior la prueba de comparación de medias de HSD de Tukey. Se utilizó el paquete estadístico *Statgraphics 5.1*.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Composición de granos enteros

Las variedades de cañihua presentaron el contenido de proteína más alto, seguido por las variedades de kiwicha y quinua (tabla 1). La cañihua, kiwicha y quinua tienen contenidos de lípidos similares; un bajo contenido de grasa fue observado en la quinua Salcedo INIA. Los contenidos de ceniza fueron altos en los granos de cañihua observándose que los mismos en kiwicha y quinua son parecidos. Estos granos andinos tienen contenidos relativamente altos de minerales como el hierro, calcio y magnesio comparados con otros granos<sup>14,15</sup>.

**Tabla 1.** Rangos de la composición proximal de las diferentes variedades de granos andinos (g / 100 g materia seca) evaluados

Grano andino	Proteína (%)	Lípidos (%)	Cenizas (%)
quinua	11,7 – 12,2	5,6 – 6,7	2,2 – 2,6
kiwicha	13,2 – 15,2	6,1 – 8,0	2,2 – 2,3
cañihua	15,6 – 17,0	6,8 – 8,2	3,6 – 4,0

La tabla 2 muestra los valores de FDT en quinua, kiwicha y cañihua. La cañihua presentó altos contenidos de FDT seguido de la kiwicha y la quinua que tienen un contenido similar. Los granos de cañihua tienen alto contenido de FDI seguido de los granos de kiwicha y quinua que son bajos en FDI y altos en FDS. Los granos de cañihua presentan mayor contenido de FDS en comparación con los granos de kiwicha.

**Tabla 2.** Rangos de contenido de fibra dietaria de las diferentes variedades de granos andinos (g / 100 g materia seca) evaluados

Grano andino	Fibra soluble (%)	Fibra insoluble (%)	Fibra dietaria total (%)
quinua	3,2 – 5,3	6,1 – 7,4	10,4 – 11,5
kiwicha	1,9 – 2,4	8,5 – 9,3	10,9 – 11,3
cañihua	2,3 – 4,1	15,6 – 18,7	18,7 – 21,9

El contenido de  $\beta$ -glucanos en los granos andinos es muy bajo. Los cultivos de kiwicha presentan mayores contenidos que las variedades de quinua y cañihua (tabla 3). El contenido de pentosanos fue alto en los granos de kiwicha y menor en los granos de quinua y cañihua.

**Tabla 3.** Rangos de componentes de la fibra soluble de las diferentes variedades de granos andinos (g / 100 g materia seca) evaluados

Grano andino	Pentosanos (%)	$\beta$ -glucanos (%)
quinua	1,8 – 2,0	0,09 – 0,10
kiwicha	0,8 – 1,1	0,63 – 0,97
cañihua	0,2 – 1,1	0,04 – 0,11

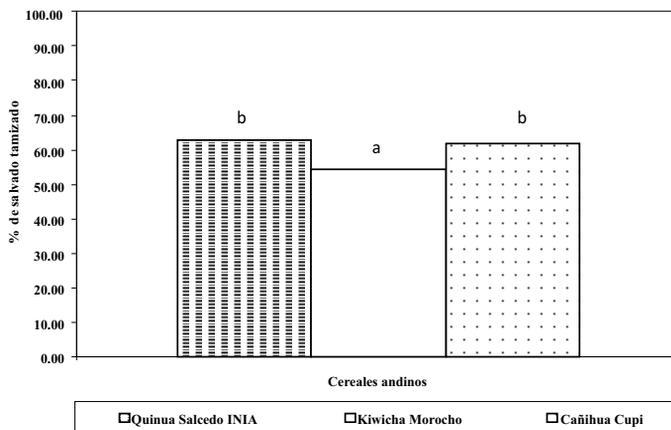
La celulosa, lignina Klason y almidón resistente fueron altos en cañihua seguido de las variedades de quinua y kiwicha (tabla 4). Los granos de quinua y kiwicha tienen contenidos similares de celulosa y lignina Klason. Los granos andinos, en general, presentan bajos contenidos de almidón resistente. La lignina Klason (obtenida por solubilización de los polisacáridos de la pared celular con  $H_2SO_4$ ) tiene propiedades fisicoquímicas diferentes a las ligninas solubles como la lignina dioxano clorhídrico.

**Tabla 4.** Rangos de componentes de la fibra insoluble en las variedades de granos andinos (g / 100 g materia seca) evaluados

grano andino	Almidón resistente (%)	Celulosa (%)	Lignina Klason (%)
quinua	0,20 – 0,33	3,0 – 4,4	2,7 – 4,3
kiwicha	0,10 – 0,12	3,3 – 4,5	3,3 – 4,4
cañihua	0,24 – 0,34	6,2 – 9,6	6,0 – 9,6

### Molienda y tamizado de granos

Los granos de quinua, kiwicha y cañihua se molieron con humedades de entre 8 y 11%; posteriormente se realizó la operación de tamizado, que sirvió para concentrar más la fracción de salvado, notándose que los mayores rendimientos de extracción se presentaron en los granos de quinua y cañihua, como puede apreciarse en la figura 1.

**Figura 1.** Rendimientos de salvado después de molienda y tamizado.

### Composición de las fracciones de salvado

En la figura 2 puede apreciarse que la variedad de cañihua Cupi, presentó mayores contenidos de fibra dietaria total (soluble e insoluble), seguida de las muestras de quinua Salcedo INIA y kiwicha Morocho. En lo que concierne a contenido de almidón soluble la muestra de kiwicha presentó el máximo valor seguido de la quinua y la cañihua.

En la figura 3, se muestran los componentes de la FDS como son los  $\beta$ -glucanos y pentosanos presentan sus mayores contenidos en el caso de los primeros en la quinua Salcedo INIA y en los segundos es apreciable la mayor cantidad en la cañihua cupi. En lo que respecta a los componentes de la FDI puede apreciarse que la celulosa se encuentra en mayor porcentaje en la cañihua en el caso de la lignina Klason el máximo valor se encuentra en la quinua y el almidón resistente es bajo en los tres salvados.

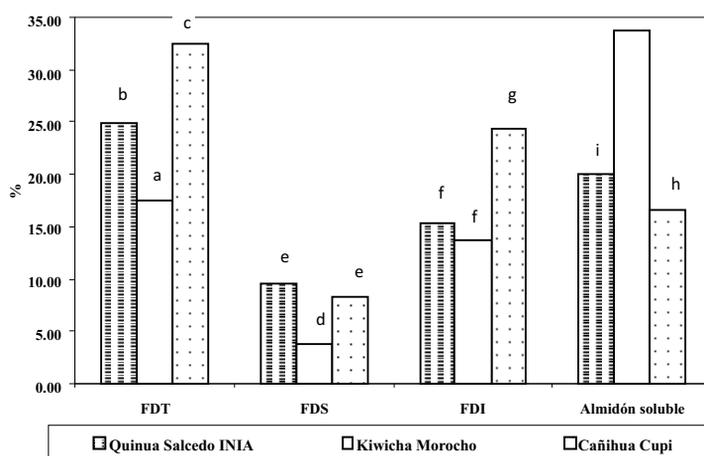


Figura 2. Contenido de FDT, FDI, FDS y almidón soluble en los salvados seleccionados.

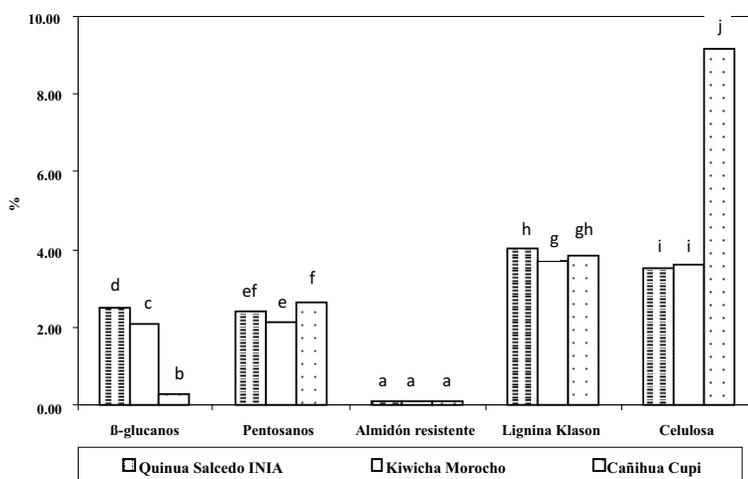
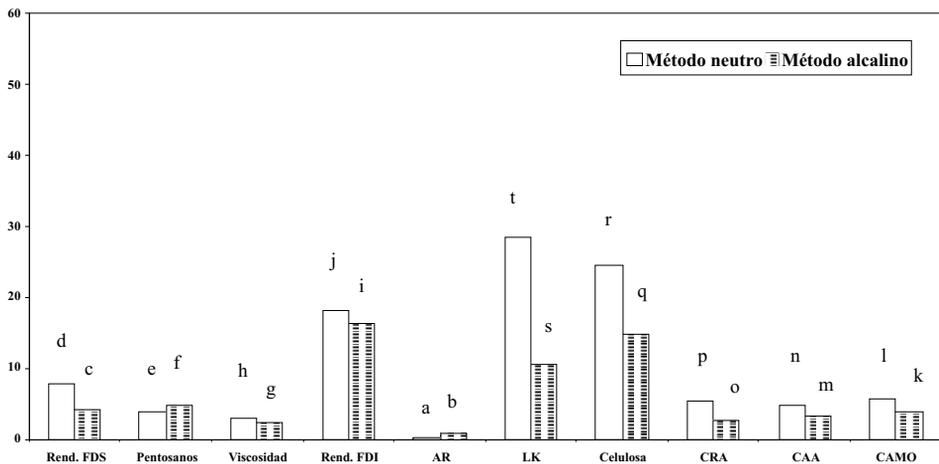


Figura 3. Contenido de los componentes de la FDT.

### Aislamiento de fibra soluble e insoluble (métodos neutro y alcalino)

En esta investigación se evaluaron dos métodos de aislamiento, utilizando soluciones neutras y alcalinas<sup>16,17</sup>; a partir de los granos andinos con mayor contenido de fibra soluble que fueron seleccionados (Salcedo INIA, Morocho y Cupi).

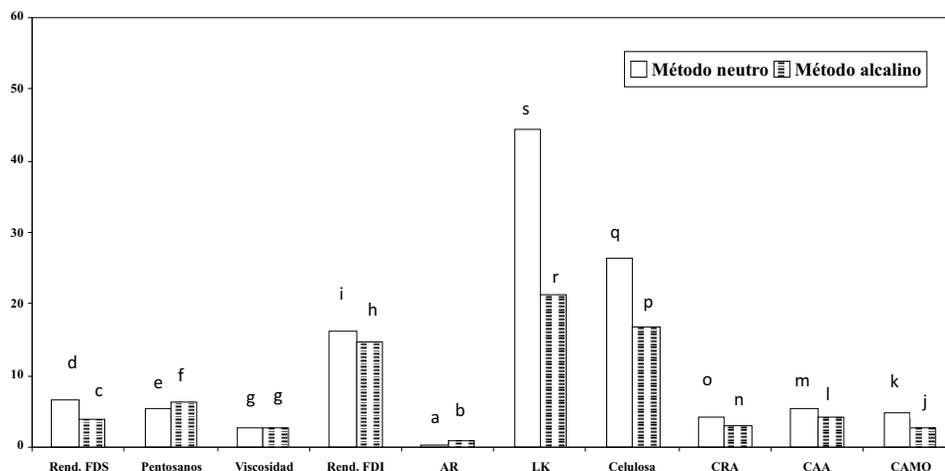
Se puede apreciar en las figuras 4, 5 y 6 que el método neutro resultó con mayores rendimientos de la fracción soluble aislada en comparación con el método alcalino en los tres cultivos andinos seleccionados. En lo que respecta al contenido de pentosanos, componentes que forman parte de la fibra dietaria soluble, se puede observar también que se obtuvieron valores de 4,85; 6,21 y 10,86 g/ 100 g materia seca en la fracción soluble alcalina en quinua Salcedo INIA, kiwicha Morocho y cañihua Cupi.



Rend. FDS: rendimiento de fibra dietaria soluble (%).  
 Pentosanos: contenido de pensona en la muestra (%).  
 Viscosidad: viscosidad de la muestra medida en cpoise.  
 Rend. FDI: rendimiento de fibra dietaria insoluble (%).  
 AR: azúcares reductores.

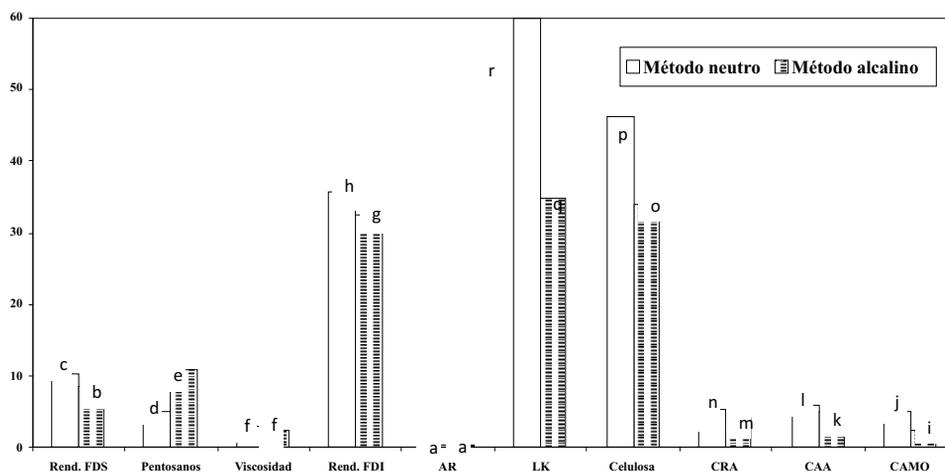
LK: Lignina Klason.  
 Celulosa: contenido de celulosa.  
 CRA: Capacidad de retención de agua.  
 CAA: Capapacidad de absorción de agua.  
 CAMO: capacidad de absorción de muestra organica

**Figura 4.** Comparación de resultados; métodos neutro y alcalino en quinua Salcedo INIA



Rend. FDS: rendimiento de fibra dietaria soluble (%). LK: Lignina Klason.  
 Pentosanos: contenido de pectina en la muestra (%). Celulosa: contenido de celulosa.  
 Viscosidad: viscosidad de la muestra medida en cpoise. CRA: Capacidad de retención de agua.  
 Rend. FDI: rendimiento de fibra dietaria insoluble (%). CAA: Capacidad de absorción de agua.  
 AR: azúcares reductores. CAMO: capacidad de absorción de muestra orgánica.

**Figura 5.** Comparación de resultados; métodos neutro y alcalino en kiwicha Morocho.



Rend. FDS: rendimiento de fibra dietaria soluble (%). LK: Lignina Klason.  
 Pentosanos: contenido de pectina en la muestra (%). Celulosa: contenido de celulosa.  
 Viscosidad: viscosidad de la muestra medida en cpoise. CRA: Capacidad de retención de agua.  
 Rend. FDI: rendimiento de fibra dietaria insoluble (%). CAA: Capacidad de absorción de agua.  
 AR: azúcares reductores. CAMO: capacidad de absorción de muestra orgánica.

**Figura 6.** Comparación de resultados; métodos neutro y alcalino en cañihua Cupi

Los valores de pentosanos resultaron mayores a los que se obtuvieron en las fracciones solubles neutras para quinua, kiwicha y cañihua fueron de 3,83; 5,16 y 5,23 g/ 100 g materia seca, respectivamente. La viscosidad de las soluciones de fibra soluble al tres por ciento (peso/volumen); fueron medidas con un viscosímetro rotacional Brookfield® a temperatura de 24 °C; en dicho procedimiento se observó que las fibras solubles aisladas por el método neutro presentaron mayores viscosidades (2,89; 2,71 y 2,88 m<sup>-1</sup> kg s<sup>-1</sup>) en comparación de las viscosidades de las fracciones de fibra soluble aisladas por el método alcalino (2,48; 2,69 y 2,38 m<sup>-1</sup> kg s<sup>-1</sup>). Los resultados fueron obtenidos en los dos casos a partir de las variedades seleccionadas previamente (Salcedo INIA, Morocho y Cupi). La diferencia de viscosidades entre las soluciones de todas las fracciones de fibra soluble fue mínima y ésta varió entre 2,38 a 2,89 m<sup>-1</sup> kg s<sup>-1</sup>.

La comparación de rendimientos de la fracción insoluble entre los dos métodos de aislamiento de fibras puede apreciarse también en las figuras 4, 5 y 6, notándose que se obtienen mayores rendimientos utilizando el método neutro (18,15; 16,20 y 35,71 g fracción insoluble/100 g salvado) en comparación con el método alcalino que presenta valores de (16,45; 14,82 y 32,55 g fracción insoluble seca/100 g salvado), para los salvados seleccionados de las variedades quinua Salcedo INIA, kiwicha Morocho y cañihua Cupi, en las figuras mencionadas se muestran también los valores de almidón resistente (AR) que se cuantificaron en las fracciones insolubles aisladas por ambos métodos (neutro y alcalino).

Se puede apreciar también que los mayores contenidos de este constituyente se presentan en el método alcalino (0,70; 0,83 y 0,44 g/g materia seca) y menores valores en el método neutro (0,10; 0,13 y 0,42 g/g materia seca) para quinua Salcedo INIA, kiwicha Morocho y cañihua Cupi respectivamente, notándose en ambos casos que la presencia de este componente en los cereales andinos es mínima, tanto en las fracciones aisladas como en los granos enteros y salvados que se caracterizaron previamente. Además puede apreciarse que, para el caso del componente denominado lignina Klason, el método que permitió obtener mayores contenidos en este constituyente fue el del procedimiento alcalino con un contenido de 28,48; 44,29 y 59,86 g/ 100 g para las muestras de quinua, kiwicha y cañihua respectivamente, observándose también que con la utilización del protocolo neutro se obtuvieron valores menores (10,44; 21,19 y 34,71 g/ 100 g) para los mismos granos andinos.

La celulosa fue otro constituyente sujeto de análisis en la fracción insoluble que se aisló, por los dos métodos; para este componente se reportan resultados en los cereales andinos seleccionados (quinua Salcedo INIA, kiwicha Morocho y cañihua Cupi). Con valores de 24,48; 26,4 y 46,13 g/100 g y 14,95; 16,74 y 33,98 g/100 g para los métodos neutro y alcalino, respectivamente. Observándose que los que presentaron mayores contenidos de celulosa, fueron los granos andinos de los cuales se aisló la fracción insoluble por el método neutro.

En lo que respecta a la capacidad de retención de agua (CRA), correspondiente a las fracciones insolubles aisladas, obtenidos por ambos métodos (neutro y alcalino), a partir de los salvados de cereales andinos seleccionados (Salcedo INIA, Morocho y Cupi), se puede observar que las muestras que presentaron mayores valores de CRA corresponden a las muestras obtenidas por el método neutro (5,23; 4,20 y 5,31 g agua/g sólido), respectivamente.

Los valores obtenidos para CRA en el método alcalino fueron de 2,49; 3,04 y 4,28 g agua/g sólido, para quinua Salcedo INIA, kiwicha Morocho y cañihua Cupi. El lector puede corroborar esta afirmación en las figuras 4, 5 y 6 en las que dichos resultados resultan menores que los obtenidos en el método neutro.

Las muestras que presentan mayores valores de capacidad de absorción de agua (CAA) corresponden a las muestras obtenidas por el método neutro (4,70; 5,28 y 5,23 g agua/g sólido)

para quinua, kiwicha y cañihua, respectivamente. Pudo apreciarse también que las fracciones insolubles aisladas por el método neutro, son las que presentan mayores capacidades de absorción de muestra orgánica (CAMO), con valores de 5,83; 4,81 y 4,95 g agua/g sólido.

### CONCLUSIONES

- Entre los componentes de las variedades de los cereales andinos estudiados en granos enteros (quinua, kiwicha y cañihua) destaca su contenido en fibra dietaria total (FDT), la que varió entre 9,29 y 20,04 por ciento, componente conformado por la fibra dietaria insoluble (FDI) y fibra dietaria soluble (FDS). Las variedades de quinua Salcedo INIA, kiwicha Morocho y cañihua Cupi fueron las que presentaron mayores contenidos de FDS en grano entero (4,68; 2,13 y 3,79 g/100 g), respectivamente, en comparación con las otras variedades de cada grano andino que se estudió.
- Con la realización de las operaciones de molienda y tamizado se logró concentrar las fracciones de FDT, FDI y FDS en los salvados de las variedades seleccionadas de granos andinos: quinua (Salcedo INIA), kiwicha (Morocho) y cañihua (Cupi). Las fracciones insolubles obtenidas por ambos métodos presentan un elevado contenido en FDT, especialmente FDI y los componentes que a esta constituyen (lignina y celulosa).
- Con respecto al almidón resistente se demostró que los cereales andinos son deficitarios en este componente. Un elevado contenido de pentosanos se logra obtener en las fracciones solubles aisladas por los dos métodos; sin embargo se obtuvieron residuales de FDS en las fracciones insolubles.
- La viscosidad de las muestras obtenidas por ambos métodos no presenta diferencias significativas. La fracción insoluble aislada por el método neutro presentó mejores propiedades tecnofuncionales (CRA, CAA y CAMO).
- El método neutro resultó ser más apropiado que el método alcalino, para el aislamiento de las fracciones de fibra soluble e insoluble a partir de los salvados obtenidos de los cereales andinos seleccionados (quinua Salcedo INIA, kiwicha Morocho y cañihua Cupi).

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al CONCYTEC por el financiamiento, a nuestros familiares por el apoyo y comprensión y a la Sociedad Química del Perú.

### BIBLIOGRAFÍA

1. Giusti K. El género *Chenopodium* en la Argentina. I. Número de cromosomas. *Darwiniana*. 16: 98-105. 1970.
2. Sauer JD. The grain amaranths and their relatives: a revised taxonomic and geographic survey. *Ann Mo Bot Gard*. 54: 103-137. 1976.
3. Ortega LM. Usos y valor nutritivo de los cultivos andinos. INIA. PICA. Puno, Perú. 23-120. 1992.
4. Saura-Calixto F. Fibra dietética: un nuevo concepto en nutrición. *Fronteras de la Ciencia y la Tecnología*. 7: 29-31. 1995.
5. García M, Serna N, García J. Análisis de la fibra alimentaria y sus fracciones por el método de Englyst. *Rev. Alimentaria*. 45-50. 1995.
6. Hernández T, Hernández A, Martínez, C. Fibra alimentaria. Concepto, propiedades y métodos de análisis. *Alimentaria*. Abril. 19-30. 1995.

7. Redondo A, Ordoñez J. Fibra alimentaria: propiedades e interés nutricional. *Alimentación, Equipos y Tecnología*. Enero-Febrero: 77-86. 1996.
8. A.O.A.C (Association of Official Analytical Chemists) 1995. Official Methods of Analysis. Washington D.C.
9. A.A.C.C. 1995. Method 32-40 Determinación de almidón Resistente. 9<sup>th</sup> Edition. USA
10. Van Soest PJ, Wine RH. Determination of lignina and cellulose in acid-detergent fibre with permanganate. *J. Assoc. Off. Agric. Chem.* 51: 780-785. 1968.
11. Douglas SG. A rapid method for the determination of pentosans in wheat flour. *Food Chemistry* 7:139-145. 1980.
12. Tamayo Y, Bermúdez A. Los residuos vegetales de la industria de jugo de naranja como fuente de fibra dietética. *Temas de tecnología de alimentos*. Lajolo, F. y wenzel, E. Vol.2 CYTED. Sao Paulo. 1998.
13. Robertson J, Eastwood M, Yeoman M. An investigation into the physical properties of fibre prepared from several carrot varieties at different stages of development. *J. Sci. Food. Agric.* 31: 633-638. 1980.
14. De Bruin A. Investigation of the food value of quinoa and canihua seed. *J. Food Sci.* 29:872-876. 1964.
15. Tapia ME. Cultivos Andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. 2a edición. FAO. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 1997.
16. Dalgetty D, Baik B. Isolation and characterization of Cotyledon fibers from Peas, Lentils, and Chickpeas. *Cereal Chemistry*. 80(3):310-315. 2003.
17. AOE S, Oda T, Tatsumi K, Yamauchi M. Extraction of soluble dietary fibers from defatted rice bran. *Cereal Chemistry*. 70(4):423-425. 1993.