

**EFFECTO DE LA EXTRUSION SOBRE LAS CARACTERISTICAS
FUNCIONALES Y LA CALIDAD PROTEINICA DE LA QUINUA**
(Chenopodium quinoa, Willd)¹

Arturo Romero², Antonio Bacigalupo³ y Ricardo Bressani⁴

**Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP),
Guatemala, Guatemala, C. A.**

RESUMEN

Con el propósito de contar con un alimento de alto valor nutritivo para consumo humano, y conscientes de la calidad proteínica de la quinua, así como de su contenido de carbohidratos, vitaminas y minerales, se estudió su comportamiento durante el proceso de extrusión.

A fin de eliminar las saponinas, se desarrolló un método simple para lavar las semillas, utilizando para el caso un envase de aluminio y una paleta de madera. Se estudiaron siete tratamientos: quinua lavada, quinua lavada y cocida, quinua lavada y expandida No. 1 y 2, y quinua lavada y texturizada No. 1 y 2; se utilizó caseína como control. Luego, se llevó a cabo su evaluación biológica en ratas Holtzman, valiéndose del método del PER.

Para detectar los posibles efectos de la quinua procesada en los animales experimentales, se realizaron estudios hematológicos e histopatológicos de los órganos vitales. Se obtuvo un PER máximo de 2.43 para la quinua texturizada, 2.16 para la quinua expandida, y 2.6 para la quinua cocida, mientras que el control de caseína arrojó un valor de PER de 3.00.

Se determinaron las características fisicoquímicas de la harina de quinua, así como

Manuscrito modificado recibido: 12-2-85.

- 1 Este trabajo forma parte de la Tesis de Licenciatura del Sr. Arturo Romero. Se agradece al Instituto de Investigaciones Tecnológicas de Bogotá, Colombia, el apoyo económico brindado para la realización del presente estudio.
- 2 Estudiante del Curso de Postgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos del Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA), Universidad de San Carlos de Guatemala/INCAP, Guatemala.
- 3 Profesional de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), con base en Santiago, Chile.
- 4 Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Apartado Postal No. 1188, Guatemala, Guatemala, C. A.

Publicación INCAP E-1148.

las de los productos expandidos y texturizados. El producto obtenido se sometió a evaluación organoléptica y puede decirse que los resultados obtenidos fueron satisfactorios. El producto es de sabor aceptable y puede ser consumido directamente sin mayores modificaciones. El valor nutritivo de la quinua no sufrió daño alguno y comparó favorablemente con la mejor de las dietas recomendadas para la población, especialmente la de los grupos de menores ingresos económicos.

Los resultados obtenidos en nuestra investigación demuestran la posibilidad de incrementar a un nivel más alto el valor nutritivo del producto así como su aceptabilidad.

INTRODUCCION

La quinua se cultiva a una altura de 2,000 a 4,000 metros sobre el nivel del mar en Chile, Argentina, Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia, con un rendimiento hasta de 3,000 kg por hectárea (1). En todos estos países, a excepción de Perú y Bolivia —donde se dispone de una mayor área de producción— el cultivo de este grano se reduce a pequeñas parcelas. Sirve como fuente alimenticia de los pobladores rurales (2) de esas regiones, al igual que el maíz y las papas sirven ese propósito en otras.

Varios investigadores (3-7) han demostrado que la calidad de la proteína de la quinua es superior a la de los cereales, a la de las leguminosas de grano, y a la de otras fuentes de origen vegetal. Esto se debe a que la quinua contiene mayor concentración de lisina que los cereales y que algunas otras fuentes de proteína vegetal. Además, el contenido de triptofano de la quinua es más o menos el mismo que el de la cebada, la avena y el trigo y la cantidad de metionina es mayor que la de los cereales (8, 9) y de las leguminosas.

La quinua posee en el endospermo de su grano un complejo de sustancias que le confieren un sabor amargo desagradable (saponinas), característica que constituye el mayor factor limitante para su aceptación en la nutrición humana.

El método más comúnmente usado para la extracción de las saponinas fue desarrollado por las culturas originarias de los Andes. Este consiste en lavados sucesivos con agua fría, frotando los granos de quinua entre las manos, hasta obtener el agua de lavado libre de espuma.

Esta técnica primitiva ha sido investigada con miras a establecer un sistema más moderno, económico y efectivo para la eliminación de las saponinas. Algunas de estas tecnologías usan un lavado mecánico con centrifugación (10), molienda diferencial sólo o con lavado mecánico (11), pulido en seco y extracciones con alcohol, soluciones alcalinas, y agua (12) usando celdas de flotación.

La quinua es procesada para consumo humano y varias industrias alimentarias elaboran productos como quinua perlada, hojuelas de quinua, harina de quinua cruda, harina de quinua tostada y fideos de quinua al huevo. Estos son comercializados (13) y se utilizan en la preparación de sopas, guisos, harinas y bebidas (14-16).

Varios investigadores (17-21) han realizado ensayos de panificación sustituyendo la harina de trigo por harina de quinua, encontrándose niveles recomendables que oscilan entre 10 y 130/o; para fideos de 30 a 400/o y para galletas dulces hasta 600/o (10).

La finalidad del estudio que nos ocupa fue la de ampliar las perspectivas de uso de la quinua como alimento humano, a través de un proceso de texturización por extrusión.

MATERIALES Y METODOS

Materia Prima

Se utilizó el grano de quinua de la variedad Sajama procedente del Perú. Esta es una variedad precoz y de alto rendimiento por hectárea, se caracteriza por tener un grano blanco, grande (1.5 a 2.5 mm de diámetro) y dulce (bajo contenido de saponinas) (1)

Métodos Experimentales

Procesamiento de la quinua

Quinua cruda lavada (QCL) — El lavado de la quinua se realizó utilizando un recipiente de aluminio y un agitador de madera con el que se generaba turbulencia al invertirse la dirección del movimiento. Se lavó la quinua durante 30 minutos con 15 lt de agua a 70°C por cada kg de grano de quinua. Luego, el material se deshidrató a 60°C durante 12 horas aproximadamente.

Quinua lavada hervida (QLH) — Se colocó un kilo de quinua en un recipiente de aluminio de 10 lt de capacidad, agregándosele 3.5 lt de agua. Seguidamente se llevó a ebullición a una temperatura de 95°C durante una hora, después de lo cual el endospermo del grano se gelatinizó. Al retirarse del calor se drenó el grano y se secó durante 12 hr a 60°C en una estufa.

Quinua cruda lavada y expandida (QCLE) (1 y 2) — Quinua cruda lavada y texturizada (QCLT) (1 y 2) — Para procesar la quinua, previo extrusión, se siguió el diagrama que se muestra en la Figura 1. Luego se molieron los granos de quinua utilizándose una malla de 1 y 2 mm. La harina resultante se procesó en un extrusor Wenger X-5 para la producción de quinua expandida y texturizada en dos ensayos, usando los parámetros que se indican en la Tabla 1

Los productos recién expandidos de forma cilíndrica, y texturizados de forma lenticular, fueron deshidratados durante dos horas a 40°C.

Métodos Analíticos Fisicoquímicos

Análisis bromatológico — Este análisis se hizo de acuerdo con los métodos de la AOAC (22).

Densidad relativa procedimiento — Con el fin de medir la densidad de la quinua expandida utilizando trozos de tamaño similar al de la quinua texturizada, y poder contar con valores comparativos, se adaptó el procedimiento que se describe a continuación:

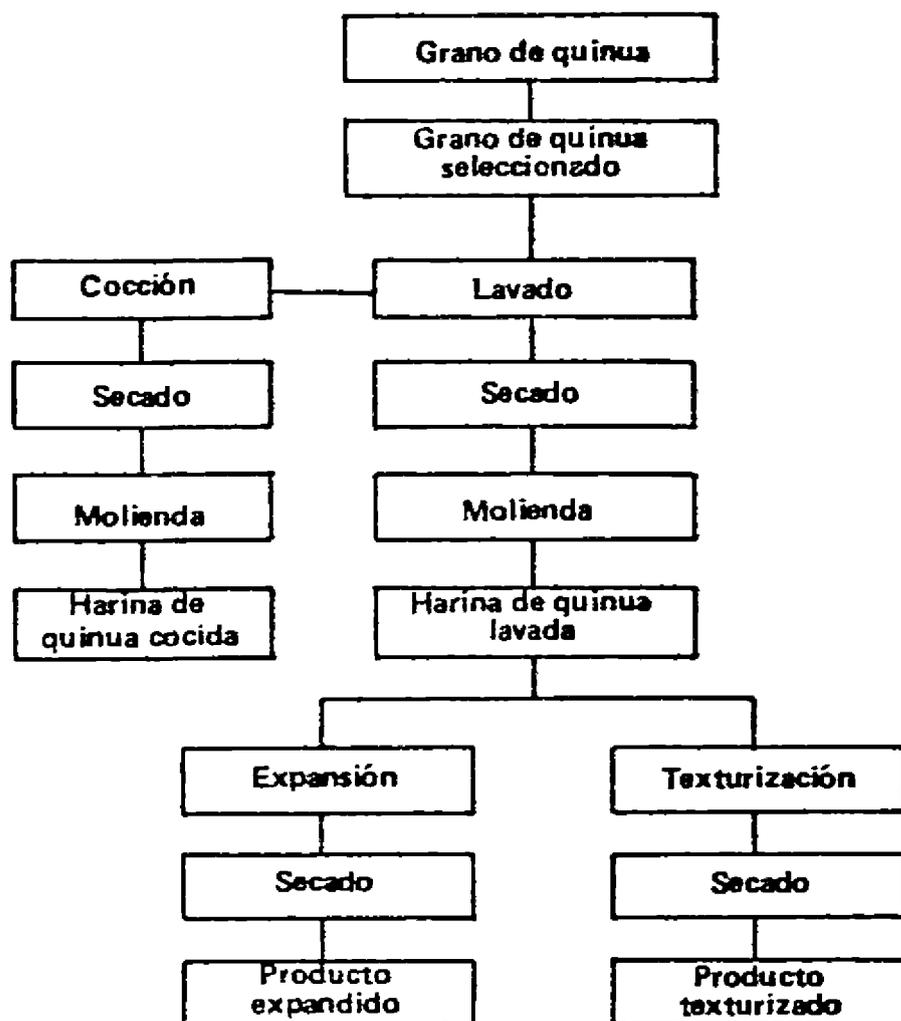


FIGURA 1

Procesamiento de la quinua previo extrusión

1. Se tomaron muestras del producto cilíndrico, las cuales se cortaron perpendicularmente al eje, en trozos de 1 cm de largo.
2. Cada trozo de la muestra se subdividió en cuatro partes, siguiendo dos planos de simetría perpendiculares.
3. Dichas subdivisiones fueron divididas de nuevo en dos partes iguales, obteniéndose así ocho segmentos de cada trozo. En esta forma quedó preparada la muestra para la determinación de la densidad aparente.
4. Se pesó un vaso de precipitar de vidrio, sin pico.
5. Se llenó completamente el vaso con el producto expandido.
6. Se realizaron tres réplicas de la medida anterior.
7. Se llenó con agua el vaso de precipitar y se pesó nuevamente.

El cálculo de la densidad aparente se hizo de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad aparente} = \frac{\text{Peso promedio de la muestra, g}}{\text{Peso del agua, g}}$$

Para determinar la densidad aparente de los productos texturizados, no fue necesario realizar los cortes a las muestras, considerando su forma lenticular y esférica, por lo que se siguió el método anterior a partir del punto 4.

TABLA 1

CONDICIONES DEL EXTRUSOR WENGER X-5 PARA EL PROCESAMIENTO DE LA HARINA DE QUINUA CRUDA Y LAVADA, EXPANDIDAS No. 1 y 2 Y TEXTURIZADAS No. 1 y 2¹

Condiciones	Expandida		Texturizada	
	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2
Velocidad del tornillo	800 rpm	800 rpm	800 rpm	800 rpm
Velocidad de alimentación	51 kg/h	47 kg/h	65 kg/h	42 kg/h
Temperatura a la salida del Dado	95°C	95°C	95°C	104°C
Alimentación del agua ²	1.5 gl/h	0.2 gl/h	0.5 gl/h	0.7-0.8 gl/h
Humedad en el proceso ⁴	19%/o	11.6%/o	12.5%/o	15.3-16.7%/o
Tipo de tornillo (paso largo)	65322-1	65322-1	65322-1	65322-1
No. de cuerpos de intercambio de calor ³	8	8	8	8
Dado de salida	65325-1	65325-1	65325-1	65325-1
Vapor que llega a los cuerpos de intercambio	90-120 lb	90-120 lb	90-120 lb	90-120 lb

¹ Extrusor Wenger X-5 del Instituto de Investigaciones Tecnológicas (IIT), Bogotá, Colombia.

² Galones americanos.

³ Según Catálogo Wenger X-5.

⁴ Calculada según la curva de calibración del alimentador.

Índice de expansión — Se determinó el índice de expansión de los productos expandidos y de los texturizados siguiendo el método que se describe a continuación:

1. Se tomaron dos partes de cada producto y se determinó su diámetro.
2. Se determinó su correspondiente promedio del total de las muestras de cada producto.
3. Se midió el diámetro de la boquilla del extrusor empleada para el procesamiento de los productos expandidos y texturizados.

El índice de expansión (23) se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de expansión} = \frac{\text{Diámetro promedio de la muestra, cm}}{\text{Diámetro de la boquilla, cm}}$$

Determinación del color — El color de los alimentos se midió valiéndose de un colorímetro Hunter Lab Modelo D-25, por medio de una cuantificación tridimensional del color, basada en los parámetros *L*, *a* y *b*, los cuales corresponden a los colores primarios y cuyo significado es el siguiente:

- L* mayor de 50: Tonalidad blanca creciente y menor de 50, tonalidad negra creciente.
- a* mayor de 0: Tonalidad roja creciente y menor de 50, tonalidad negra creciente.
- b* mayor de 0: Tonalidad amarilla creciente. Menor de 0, tonalidad negra creciente.

Se determinó el color de la quinua procesada molida y el de la quinua procesada entera.

Índice de solubilidad de nitrógeno – Este índice (24) se determinó con el objetivo de establecer mejor los posibles usos de la quinua procesada.

Desarrollo de productos: elaboración de un alimento humano para consumo directo con cobertura de caramelo – Se preparó almibar a base de azúcar refinada, el cual fue llevado a 270°C; luego se le agregó jugo de limón para darle sabor. Con esta miel se cubrieron los productos expandidos y texturizados, obteniéndose así trozos de quinua expandida o texturizada con una cobertura de caramelo.

Análisis sensorial de los alimentos preparados para consumo humano directo – El análisis sensorial de productos expandidos y texturizados, con y sin caramelo, se llevó a cabo en el Instituto de Investigaciones Tecnológicas (IIT), con sede en Bogotá, Colombia.

El equipo de degustación evaluó las siguientes muestras: 1) quinua expandida con caramelo; 2) quinua texturizada sin caramelo, y 3) quinua texturizada con caramelo, siendo calificadas así:

5. Excelente. 4. Bueno. 3. Regular. 2. Malo. 1. Pésimo.

Las características sensoriales evaluadas en las tres muestras fueron: aspecto; color; aroma; sabor, y textura.

Evaluación Biológica

Se prepararon siete dietas experimentales, cuya composición se resume en la Tabla 2.

Las dietas experimentales fueron preparadas con un contenido de 100/o de proteína cruda y 100/o de grasa. Todas las muestras de quinua molida se prepararon utilizando una malla de 1 mm. El ajuste de las dietas se hizo a base de azúcar refinada.

Índice de Eficiencia Proteínica

Se utilizaron ratas blancas de la raza Holtzman, las cuales fueron criadas en el bioterio del Instituto de Ciencias y Tecnología de Alimentos (ICTA) de la Universidad Nacional de Colombia.

Se integraron siete grupos de ratas macho destetadas, de 21 días de edad, las cuales se alojaron en una sala higiénica con una temperatura de 21°C, y una humedad relativa de 60 a 70/o. Los animales fueron alojados en jaulas individuales, suministrándoles cantidades establecidas de las dietas experimentales; se les proporcionó agua *ad libitum*.

TABLA 2

DIETAS UTILIZADAS PARA LA PRUEBA BIOLÓGICA DE ÍNDICE DE EFICIENCIA PROTEÍNICAS (PER)
EN LOS ANIMALES EXPERIMENTALES

Tratamientos	Caseína I	Quinoa lavada II	Quinoa cocida III	Quinoa expandida No. 1 IV	Quinoa texturizada No. 1 V	Quinoa expandida No. 2 VI	Quinoa texturizada No. 2 VII
Ingredientes	g	g	g	g	g	g	g
Proteínas ¹	13.70	76.39	70.87	69.11	70.42	67.89	69.48
Grasa	9.07	3.80	2.58	6.78	5.23	5.39	5.89
Azúcar	69.93	12.51	19.25	16.81	17.05	19.42	19.33
Mezcla mineral	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Mezcla de vitaminas	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Fosfato de Na monobásico	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cloruro de colina	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30

Todas las dietas fueron calculadas con un 10% de proteína y un 10% de grasa.

¹ Fuentes de proteína.

El período de experimentación fue de 28 días; los animales se pesaron al inicio del experimento y al final de cada semana.

El consumo individual de alimento se registró diariamente.

Cuadro hemático – Para la determinación del hematocrito se utilizó una micro-centrífuga Internacional, y la hemoglobina se determinó usando el fotómetro de Leitz. En el recuento de eritrocitos se empleó el contador de las proteínas totales con el refractómetro de Spencer.

Las muestras de sangre de los animales experimentales se tomaron siguiendo la técnica de punción intracardiaca.

Estudio post mortem e histopatológico – Para detectar ciertos cambios morfológicos a nivel macro y microscópico de los animales de experimentación, se realizó la necropsia a 10 ratas de 50 días de edad cada una, tomándose muestras de los siguientes órganos vitales: corazón, pulmón, estómago, bazo, hígado, intestino y riñón. Estos órganos se fijaron en formalina buferada al 100/o.

Métodos estadísticos – Para evaluar estadísticamente el valor biológico de la quinua, se utilizó un diseño completamente al azar con un número desigual de observaciones.

Debido a que los pesos iniciales de las ratas experimentales utilizadas en la prueba biológica del índice de eficiencia proteínica, presentaban diferencias, se efectuó un análisis de covarianza entre el peso inicial y el incremento ponderal, a fin de corregir esta posible influencia. Se hicieron también análisis de varianza y diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos evaluados para consumo de alimento, incremento de peso, e índice de eficiencia proteínica.

RESULTADOS

Al considerar las características fisicoquímicas de la quinua se observó que el índice de expansión de los productos texturizados No. 1 y 2 era inferior al obtenido con los productos expandidos No. 1 y 2 (Tabla 3).

Las densidades aparentes de los productos expandidos y texturizados (Tabla 3) acusan diferencias, no solamente para cada uno de los procesos, sino también entre ellos mismos. Los resultados del índice de expansión son satisfactorios con respecto a los obtenidos para densidad aparente. En cuanto al análisis del índice de solubilidad de nitrógeno (NSI) (Tabla 3) de la quinua, según se observa, éste desciende conforme el tratamiento térmico es más severo. Así, por ejemplo, la quinua sin lavar tiene un NSI de 87.60/o, y la quinua lavada un NSI de 89.90/o, mientras que las quinuas expandidas No 1 y 2 presentan un NSI de 66.8 y 670/o y las quinuas texturizadas No. 1 y 2, un NSI de 65.5 y 59.50/o. La solubilidad de la proteína del alimento no necesariamente está relacionada con las características nutricionales del producto. Es muy probable que los datos del NSI. puedan facilitar la determinación de la mejor forma de utilizar el producto procesado, usando aquéllos de mayor solubilidad para la preparación de alimentos de naturaleza líquida, y los que tienen menor solubilidad en la elaboración de productos sólidos.

TABLA 3

INDICE DE EXPANSION, DENSIDAD APARENTE E INDICE DE SOLUBILIDAD DE NITROGENO DE LAS MUESTRAS PROCESADAS DE QUINUA

Muestra de quinua	Proteína o/o	Diámetro de la boquilla mm	Diámetro promedio muestra mm	Indice de expansión	Densidad aparente	Solubilidad de nitrógeno o/o
Sin lavar	14.1	—	—	—	—	87.6
Lavada	15.0	—	—	—	—	89.9
Cocida	13.5	—	—	—	—	57.5
Exp. No. 1	13.2	4.90	11.19	2.28	0.080	66.8
Exp. No. 2	13.8	4.90	11.97	2.44	0.090	67.0
Text. No. 1	12.7	5.55	8.47	1.52	0.218	65.5
Text. No. 2	14.3	5.55	9.87	1.18	0.173	59.5

Análisis realizados por el Instituto de Investigaciones Tecnológicas (IIT), Bogotá, Colombia.

En cuanto a las medidas de color de las distintas harinas de quinua procesadas, todas las muestras sin moler mostraron un color más rojizo que las muestras molidas (malla de 1 mm). Todas están dentro de la clasificación de productos de color anaranjado, pero las que tienen mayor color rojizo corresponden a muestras que no han sido molidas. Según los datos recabados en este estudio, no parece factible establecer una relación entre el valor nutricional de las quinuas molidas o sin moler, y el color de las mismas. Aparentemente, mientras menos intenso es el color amarillo de las quinuas procesadas, mayor es el valor biológico, pero esta relación no es demostrable. La temperatura de procesamiento (105°C) de la quinua texturizada No. 2 mostró un color anaranjado más pronunciado, donde el amarillo y el rojo están en mayor intensidad en comparación a la quinua texturizada No. 1 procesada a 95°C, la que presenta menor cantidad de amarillo y rojo en un análisis colorimétrico por reflexión. Las quinuas sin lavar tienen un color rojo muy pálido, siendo el menor de todos; mas cuando esta quinua se somete al tratamiento de lavado por agua, la intensidad del color rojo sube, permaneciendo constante el color amarillo.

La evaluación organoléptica de los alimentos preparados a base de quinua texturizada No. 2 y la expandida No. 2, o sea de las quinuas que fueron sometidas a una temperatura más elevada dentro de los tratamientos estudiados, acusó una calificación bastante alta en los productos procesados y terminados con caramelo (Tabla 4). Sobre un máximo de cinco puntos, el sabor de los productos texturizados y expandidos fue calificado con valores de 4.13 y 4.15, los que califican muy bien al producto ya que uno de los problemas fundamentales de aceptabilidad de la quinua es, precisamente, el sabor. Esto quiere decir que el procesamiento del lavado de la quinua así como el de texturización, han dado un resultado bastante

TABLA 4

RESULTADOS DE LA EVALUACION SENSORIAL DE TRES MUESTRAS DE PRODUCTOS TEXTURIZADOS Y EXPANDIDOS PREPARADOS A PARTIR DE QUINUA PARA CONSUMO HUMANO DIRECTO¹

Características evaluadas	Texturizado sin caramelo (Quinua texturizada No. 2)	Texturizado con caramelo (Quinua texturizada No. 2)	Expandido con caramelo (Quinua expandida No. 2)
Aspecto	3.75	4.00	3.88
Color	3.88	3.88	4.00
Aroma	4.00	4.13	4.13
Sabor	4.13	4.13	4.15
Textura	3.86	3.88	3.63

¹ Análisis realizado por el Instituto de Investigaciones Tecnológicas (IIT) Bogotá, Colombia.

favorable; al mismo tiempo muestra que este procesamiento tiene buenas posibilidades para alcanzar un nivel alto de aceptabilidad.

En cuanto a la aceptación en el aspecto de textura, se aprecia que prácticamente no hay diferencia en lo que respecta a la aceptabilidad de la quinua texturizada y la quinua expandida; ambas alcanzan niveles elevados (Tabla 4).

Con respecto al aroma, lo cual es preocupación en algunos casos de productos elaborados a base de quinua, de nuevo se observa que el puntaje alcanzado es de 4.0, 4.13 y 4.13 (Tabla 4), lo que también puede considerarse como bastante favorable.

Un comentario similar puede formularse con respecto al color y al aspecto de los productos expandidos y texturizados.

Los resultados de los ensayos llevados a cabo con el propósito de determinar el efecto del lavado, de la cocción húmeda y de la expansión y texturización de la quinua sobre su valor proteínico, se encuentran resumidos en la Tabla 5.

La cocción de la quinua se tradujo en un aumento significativo de la utilización de su proteína, ya que el PER de la quinua lavada fue de 1.99, y el de la quinua cocida, de 2.60. El proceso de expansión y texturización resultó en un producto cuyo PER era ligeramente superior al de la quinua lavada, pero un tanto inferior al de la quinua cocida. Debido a que habían diferencias de peso inicial entre los animales sujetos a los tratamientos estudiados, los resultados se sometieron a un análisis de covarianza a fin de eliminar la influencia de este factor, y a un análisis de varianza para establecer las diferencias de peso inicial sobre la ganancia de peso de los animales. Se encontró que no había mayor significación debido al efecto del peso inicial.

Los análisis de varianza realizados revelaron diferencias significativas expresadas como consumo de alimento, consumo de proteína, incremento de peso, y PER entre los productos estudiados.

La prueba estadística de Duncan sobre consumo de alimento mostró

TABLA 5

**RESULTADOS DE LA EVALUACION BIOLOGICA DE LA QUINUA
PROCESADA**

Tratamiento	Consumo de proteína g/animal	Aumento de peso g	PER
Cruda y lavada	30	60	1.99
Lavada y cocida	43	89	2.60
Cruda lavada y expandida No. 1	26	48	1.84
Cruda lavada y texturizada No. 1	29	71	2.43
Cruda lavada y expandida No. 2	30	64	2.16
Cruda lavada y texturizada No. 2	28	59	2.12
Caseína	29	86	3.00

que el mayor consumo correspondía a la quinua cocida. También se constató que no habían diferencias entre la quinua lavada, quinua expandida No. 2, texturizada No. 1, caseína y quinua texturizada No. 2; tampoco se encontraron mayores diferencias, excepto al compararse con la caseína y la quinua lavada.

En cuanto a los incrementos de peso, el análisis de Duncan demostró que éstos fueron mayores en el caso de la quinua cocida y la caseína, señalando diferencias altamente significativas con todos los demás tratamientos. La quinua expandida No. 2 se comportó igual que la quinua texturizada No. 1; la quinua lavada no presentó diferencias con respecto a la quinua expandida No. 2; la quinua texturizada No. 2 resultó similar a la quinua lavada y a la quinua expandida No. 2. La quinua expandida No. 1 acusó los incrementos de peso más bajos en relación a todos los otros tratamientos.

Por último, la prueba de Duncan para el estudio del PER, reveló que el mejor PER se lograba con la caseína, con un valor de 3.00; asimismo, la quinua cocida fue significativamente mejor que la quinua texturizada No. 1, con un PER de 2.60 en contraposición a 2.43.

La quinua expandida No. 2 fue superior a la quinua texturizada No. 2, y la quinua expandida No. 2 siguió a la quinua lavada, que dio un PER mejor que la quinua texturizada No. 2. El PER más bajo correspondió a la quinua expandida No. 1, cuyos valores fueron significativamente inferiores al resto de los tratamientos estudiados.

DISCUSION

Los niveles de PER obtenidos son bastante satisfactorios, tanto para la quinua cocida, como para la quinua texturizada No. 1.

Es interesante observar las diferencias de PER que se constataron entre las quinuas expandidas y texturizadas, puesto que las condiciones de

procesamiento podrían influir en cuanto al valor nutricional que se puede esperar de ellas. Aun cuando el número de observaciones y variables de procesamiento fueran pocas, con la quinua texturizada se pudo llegar a un PER de 2.43, lo cual se acerca mucho al valor proteínico obtenido con la quinua cocida. Esto significa que mediante un mayor control en el manejo del agua, la temperatura, y la velocidad de tornillo de la máquina texturizada, es factible mejorar el valor proteínico de las quinuas texturizadas, y acercarse al elevado PER que rindió la quinua, por simple lavado y cocción.

Las diferencias entre los índices de expansión de los productos expandidos y texturizados de quinua son razonables, puesto que durante el proceso de extrusión se ejerce la presión (o sea calentamiento) sobre el producto durante mayor tiempo.

Los cambios en colores en los materiales procesados indican que el proceso de lavado modifica en cierta forma la composición química de la quinua. La coloración rojiza es más intensa cuando más alta es la temperatura de procesamiento, según se acaba de expresar. Habría que disponer de mayores datos en lo referente a los colores de las quinuas procesadas, a fin de tratar de establecer una relación entre el color de la materia prima procesada y la temperatura a que ésta fue sometida.

El resultado del análisis organoléptico fue muy alentador y permite establecer que los productos objeto de la presente investigación, tienen buenas posibilidades de éxito en su aceptación por el público consumidor. De todas maneras, para confirmar estos resultados, más adelante habría que llevar a cabo estudios de aceptabilidad con consumidores de distintos niveles socioeconómicos.

A pesar de que en el presente estudio, los procesos de expansión y texturización no estuvieron limitados por las características propias de la máquina, del grano de quinua y del proceso seleccionado, cabe señalar que los resultados físicos y biológicos obtenidos con una harina de quinua cuya composición era de: 14.50% de proteína, 7.11% de grasa, 72.23% de carbohidratos, y 1.63% de fibra, fueron muy satisfactorios.

También es de interés resaltar que en el caso de la soya, los niveles aceptables para la producción de proteína vegetal texturizada por extrusión son de un mínimo de 50% de proteína, un máximo de 1% de grasa y 3% máximo de fibra (25). Estos niveles, requeridos para la texturización de la soya, difieren en mucho de los de la quinua, la que no presentó problemas en cuanto a su contenido de grasa, ni de carbohidratos. Los productos expandidos y texturizados de quinua tuvieron una textura bastante buena, con apariencia similar a la de los "chitos" comercialmente producidos a base de maíz.

En lo que respecta al procesamiento de la quinua, se debe señalar que el método de lavado de los granos de quinua, para la eliminación de sabores indeseables —entre los que se encuentra la saponina— fue aparentemente efectivo, pues según el análisis sensorial de los productos expandidos y texturizados, el producto final no tenía sabor indeseable.

Todos los animales, tanto los del grupo control como los experimentales incluidos en los diferentes tratamientos evaluados, mostraron estar en buen estado de salud. Tenían muy buen aspecto y su comportamiento fue totalmente normal. Los hallazgos histopatológicos revelaron algunas lesiones en el hígado de los animales sometidos a los tratamientos de

quinua lavada, expandida y texturizada, las cuales fueron descritas como metamorfosis grasa moderada y degeneración del parénquima hepático. Sin embargo, el número limitado de observaciones histológicas realizado no permite llegar a una conclusión definitiva sobre este asunto. Por ello, valdría la pena continuar las observaciones sobre estas lesiones inespecíficas, que no tienen mayor relación con el crecimiento de los animales y su eficiencia de utilización de los alimentos, puesto que los animales que mostraron algunas lesiones al hígado, tuvieron buena ganancia de peso.

El cuadro hemático de los animales sometidos a este estudio tampoco demostró diferencias apreciables entre aquéllos a los que se les suministró caseína, quinua lavada, quinua cocida, quinua expandida No. 2 y quinua texturizada No. 2. Los valores del hematocrito, hemoglobina y proteína fueron normales en todos los animales que integraron este estudio.

SUMMARY

EFFECT OF EXTRUSION ON THE FUNCTIONAL CHARACTERISTICS AND PROTEIN QUALITY OF QUINUA (*Chenopodium quinoa*, Willd)

In order to have available a human food of high nutritive value, and conscious of the protein quality of the quinua, as well as its carbohydrate, vitamin and mineral content, its behavior during the extrusion process was tested in the present study.

To eliminate saponins, a simple method was developed which consisted of washing the seeds through an aluminum container, using a wooden stirrer. Seven treatments were studied: washed quinua, washed and cooked quinua, washed and expanded quinua No. 1 and No. 2, and washed and texturized quinua No. 1 and No. 2; casein was used as control. Biological evaluation trials were carried out in Holtzman rats, following the PER method.

To detect the possible effects of the processed quinua on the experimental animals, hematological as well as histopathological studies of the vital organs were performed. A maximum PER of 2.43 was obtained for the texturized quinua, 2.16 for the expanded quinua, 2.6 for the cooked quinua, while the casein control yielded a PER of 3.00.

The physico-chemical characteristics of the quinua flour were determined, as well as those of the expanded and texturized products. The product obtained was subjected to an organoleptic trial and it can be stated that the results obtained were satisfactory. The product can be consumed directly without major modifications and has an acceptable flavor. The nutritive value of quinua was not impaired; it compared favorably with the best diets recommended for the population, especially of those with a lower income.

The results obtained in the present study suggest the possibility of increasing the nutritional value of the product, as well as its acceptability.

BIBLIOGRAFIA

1. Mujica Sánchez, A. Tecnología del cultivo de la quinua. En: Curso de Quinua, Puno, Abril de 1977. Bogotá, Colombia, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1977, p. 101-110 (Publicación Miscelánea No. 170).

2. Romero, A. Observaciones sobre el cultivo de la quinua en los Andes. En: **Reunión Binacional sobre Planificación de la Producción de Quinua**. 1a. Pasto, Colombia, Julio 1976. Bogotá, Colombia, Comité Interinstitucional Colombiano de la Quinua, Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, 1976, p. 85-90.
3. Alvistur, J. E., P. White & C. C. Chiriboga. El valor biológico de la quinua. En: **4o. Congreso Peruano de Química del Perú**, 1953. Actas. Perú, 1953.
4. Cardozo, A. **Estudio Comparativo del Valor Nutritivo de la Torta de Palma Africana, Quinua y Leche Descremada en Polvo**. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), 1959, 46 p.
5. Mahoney, A., L. G. López & D. G. Hendricks. An evaluation of the proteins of quinoa. **J. Agr. Food Chem.**, 23: 2, 1975.
6. Montenegro, B. C. Investigación de la quinua dulce en Quitopamba. Informe parcial. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas y de Educación, 1975, 10 p.
7. Quirós, P. & C. Elvehjem. Nutritive value of quinua proteins. **J. Agr. Food Chem.**, 5: 538-541, 1957.
8. Velásquez Gayoso, D. A. Análisis cromatográfico de aminoácidos de la quinua. **Informe Mensual**, 33 (385): 6-16, 1959. (Lima, Perú, Estación Experimental Agrícola La Molina).
9. Viñas, T. W., C. Días, A. Roca, P. L. White, H. S. White, J. E. Alvistur, R. Urqueta & G. J. Vásquez. El contenido de aminoácidos esenciales de la quinua. **Salud y Bienestar Social** No. 2 (Lima, Perú), 1953, p. 61-66.
10. Bacigalupo, A. Desarrollo de un método de lavado por agitación y turbulencia del grano de quinua (*Chenopodium quinoa*, Willd). En: **Informe Anual del 1o. y 2o. Trimestre, Año Fiscal 1972/73**. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina, 1973, 110 p.
11. Bacigalupo, A., L. Villacorta & A. Reggiardo. Ensayo de molienda diferencial del grano de quinua. En: **Programa Multinacional de Tecnología de Alimentos. Informe Anual del 1o. y 2o. Semestre, Año Fiscal 1972/73**. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina, 1973, 20 p.
12. Junge, I., P. Cerda & K. Alid. **Lupino y Quinua**. Chile, Universidad de Concepción, Escuela de Ingeniería, Departamento de Ingeniería, abril, 1975, 270 p.
13. Industrias Alimentarias Cuzco, S. A. (TACSA). Av. Industrial C-8 Urb. Huancaro, Casilla Postal 497, Cuzco, Perú.
14. Cerón Ramírez, L. E. Proyecto sobre el fomento del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa*, Willd). En: **Reunión Binacional sobre Planificación de la Producción de Quinua, Colombia-Ecuador**. 1a. Pasto, Colombia, Junio, 1976. Bogotá, Colombia, Instituto Colombiano de Bienestar Familiar/Comité Interinstitucional Colombiano de la Quinua, 1976, p. 13-31.
15. Ministerio de Agricultura. Bolivia. **Recetas con Quinua**. La Paz, Bolivia, 1968, 21 p. (Circular de Extensión No. 85).
16. Ministerio de Alimentación. Perú. **Quinua para tu Alimentación**. Lima, Perú, 1976, 23 p. (Recetario No. 85).
17. Alcázar, J. El pan de quinua sería el mejor aporte a la buena nutrición del pueblo. **Rev. Ministerio de Agricultura y Colonización (Bolivia)**, 2(4): 26-32, 1943.
18. Rea, C. J. Prueba experimental de panificación con quinua. **Campo (Bolivia)**, 2 (18): 47-51, 1948.
19. Llanos, M. G. **Quinua, Cañahua y Coyos**. Lima, Perú, Dirección General de Agricultura, 2a. ed., 1954, 40 p. (Divulgación e Información No. 2).
20. Luna de la Fuente, R. & M. Chirinos. **Ensayo de Panificación con Mezclas de Harina de Trigo y Quinua**. Lima, Estación Experimental La Molina, Informe

Mensual, 1971/72.

21. Reynoso, Z. **Elaboración de Panes con Diferentes Niveles de Harina de Quinoa.** Programa Multinacional de Tecnología de Alimentos, OEA-UNA. Departamento de Nutrición. Informe Mensual, 1971/72, Lima, Perú.
22. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC.** 11th ed. Washington, D. C., The Association, 1970.
23. Glasstone, S. **Tratado de Química-Física.** Ed. Aguilar, 1967, p. 1113-1116.
24. Lyman, C. M., W. Y. Chang & J. R. Couch. Evaluation of protein quality in cottonseed meals by chick growth and by chemical index methods. **J. Nutr.**, **49**: 679-690, 1953.
25. Buckle, T.S. de & L.E. Zapata. Las proteínas vegetales texturizadas y sus posibilidades en Colombia. **Ciencia Interamericana**, **16**(1), 2(10), 1975.