

TRABAJOS DE INVESTIGACION

**EVALUACION QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA QUINOA
(*Chenopodium quinoa* Willd). INFLUENCIA DE LA
EXTRACCIÓN DE LAS SAPONINAS POR TRATAMIENTO
TÉRMICO**

*Mario L. Tellería Ríos,¹ Valdemiro C. Sgarbieri² y
Jaime Amaya-F.³*

**Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola,
Campinas, São Paulo, Brasil**

RESUMEN

Se comparan los efectos de la extracción de saponinas por lavado térmico, tanto en la composición química como en las propiedades nutritivas de cuatro variedades de quinoa boliviana. Los parámetros estudiados fueron: la composición centesimal, contenido de aminoácidos, e índice de eficiencia proteica (PER). Las concentraciones de los aminoácidos tendieron a aumentar en el grano lavado a 87°C en comparación con el grano crudo o integral. Con un lavado a la temperatura de 70°C se eliminó por completo la saponina detectable. El PER máximo obtenido en nuestros ensayos fue de 2.99 para la variedad blanca tratada a 87°C, seguido de 2.72 para la Sajama tratada

Recibido: 11-2-77

- 1 Estudiante de Posgrado, actualmente al servicio del Ministerio de Planeamiento y Coordinación de La Paz, Bolivia.
- 2 Profesor Colaborador del Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição, Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, Caixa Postal 1170 – UNICAMP – 13100 Campinas, São Paulo, Brasil.
- 3 Profesor Asistente del citado Departamento.

también a 87°C, mientras que para la caseína utilizada como referencia se obtuvo 3.21.

INTRODUCCION

La quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), planta cultivada en el altiplano sudamericano desde la época prehispánica es un tipo de quenopodiácea que produce una semilla comestible pequeña, rica en almidones y proteínas de buena calidad biológica. La planta crece y madura en un período de 5 a 6 meses en las condiciones climáticas propias de los Andes: 2,500 a 4,000 m de altitud, bajas temperaturas y escasa humedad. No obstante sus características agronómicas, el uso de la quinoa no está ampliamente difundido aún en las regiones andinas.

El grano de quinoa tiene la limitación de que antes de ser usado para consumo humano, es preciso extraer cierta cantidad de compuestos glucosídicos llamados saponinas, los cuales se encuentran en el pericarpio de la mayoría de especies de quinoa conocidas. Aunque hasta ahora no se ha demostrado que tengan ninguna importancia antinutricional, tales compuestos confieren un sabor amargo a la harina, e *in vitro*, causan la ruptura de los hematíes (hemólisis).

La quinoa ha despertado últimamente mucho interés científico, debido a su contenido de minerales y vitaminas (1), así como por el balance de sus aminoácidos (2), especialmente en países como el Perú y Bolivia donde su importancia económica es mayor. Los datos para el año 1974 indican que las producciones de quinoa fueron de 17,460 y 10,000 toneladas métricas para el Perú y Bolivia, respectivamente.

Pocos son los estudios relativos al valor biológico y la composición en aminoácidos de la quinoa. Entre ellos se encuentra el realizado por White y colaboradores en 1955 (3), quienes en raciones con 6 y 9% de proteína de quinoa, obtuvieron valores de eficiencia de nitrógeno de 10.38 y 9.77, comparados con 9.12 y 10.02 para idénticos valores de proteína de leche. Mahoney, López y Hendricks (1), usando raciones con 10% de proteína, obtuvieron valores de PER de 2.09 para la quinoa lavada, 1.48 para la mezcla de 20% de harina de quinoa lavada y 80% de harina de trigo comercial, 1.20 para el pan procesado con la mezcla anterior y 2.71 para quinoa cocida, comparados con 2.67 para

la caseína. En los dos trabajos anteriores se postuló que la quinoa tiene un valor biológico igual o mayor que la caseína, debido al buen balance de sus aminoácidos. La extracción de saponinas se ha venido efectuando mediante lavados alcalinos o en sacos sumergidos en corrientes naturales de agua, lo cual no deja de ser la primera dificultad en la industrialización del producto. Una forma de extracción propuesta en el Perú (4) consiste en lavar el grano con agua caliente, pero tal método no ha sido aún evaluado en cuanto a su efecto sobre las características nutricionales de la semilla.

En el presente trabajo se hizo una extracción térmica de las saponinas usando tres temperaturas (50, 70 y 87°C) y se evaluó su efecto en la composición porcentual, la composición de aminoácidos y el valor biológico de las harinas de cuatro variedades de quinoa bolivianas.

MATERIAL Y METODOS

Material Utilizado y Método de Preparación

Se trabajó con cuatro variedades de semillas procedentes del altiplano boliviano (Amarilla, Blanca, Colorada y Sajama). El lavado se realizó en la siguiente forma: la semilla en grano entero se remojó por 30 min en 2.5 volúmenes de agua a 22°C. Seguidamente se adicionaron 2.5 volúmenes de agua previamente calentada para elevar la temperatura de la masa total a la altura deseada. Las semillas se mantuvieron entonces en turbulencia con un agitador, a la temperatura indicada en cada caso y por espacio de veinte minutos. El material fue filtrado en un tamiz de nylon de aproximadamente 20 mallas y luego se enjuagó en cantidades iguales de agua, a temperatura ambiente y filtrado nuevamente hasta dejar el agua relativamente libre de material en suspensión. Finalmente, las semillas así lavadas se secaron en un secador de bandejas a 56–60°C.

Métodos Analíticos

El extracto etéreo y las cenizas fueron determinadas por los métodos oficiales de la AOAC (5). La humedad se determinó colocando las muestras en una estufa a 110°C hasta obtener un

peso constante. La fibra total fue determinada por el método de Van de Kamer y Van Ginkel (6), en el cual se usó una mezcla de ácidos tricloroacético, acético glacial y nítrico (reactivo de Scharrer-Kürschner). Para la proteína bruta se usó el método semi-micro-Kjeldahl (0/o N x 6.25).

El contenido de saponinas se determinó por el índice afrosimétrico, método en el que se mide la altura de la espuma producida por la agitación de una determinada cantidad de harina en relación con una curva patrón de digitonina (4).

La composición de aminoácidos fue determinada en un analizador Beckman 120C, usando muestras con aproximadamente 25 mg de proteína bruta. El procedimiento empleado en la hidrólisis fue el mismo recomendado en el manual del fabricante. El contenido de triptofano se determinó en muestras sin hidrólisis previa usando ácido sulfúrico 25.8N y solución de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en ácido acético glacial, de acuerdo al procedimiento de Concon (7).

El índice de eficiencia proteica (PER) se determinó por el método de Derse (8), empleándose caseína como proteína de referencia. Se usaron ratas albinas, raza Wistar, divididas en 15 grupos de 6 animales cada uno, con edades comprendidas entre 21 y 25 días, y pesos promedio iniciales de 34 g. Durante un período de 28 días se les proporcionó *ad libitum*, tanto el agua como la ración. La composición de esta última se presenta en la Tabla 1.

TABLA 1

COMPOSICION DE LAS DIETAS UTILIZADAS EN LOS
ENSAYOS BIOLOGICOS

Componentes	Porcentaje
Proteína (0/oN x 6.25)	10
Aceite de soya	10
Mezcla vitamínica*	1
Mezcla salina**	4
Sacarosa	26
Almidón de maíz	100

* Preparación de la Nutritional Biochemicals Corporation, con el nombre comercial de "Vitamin Diet Fortificacion Mixture".

** Según Rogers y Harper (9).

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 2 se presenta la composición porcentual de las harinas analizadas. El porcentaje de nitrógeno total aparentemente sufrió algunas alteraciones con la temperatura del lavado. Con excepción de la variedad Sajama, el grano lavado a 50°C registró un descenso en la proporción de proteína bruta, en tanto que el lavado a 70°C aumentó la proporción en las variedades Amarilla, Colorada y Sajama, pero no en la Blanca. Con el tratamiento a 87°C el porcentaje de nitrógeno total aparentemente disminuyó en las variedades más pigmentadas (Amarilla y Colorada) mientras que pareció aumentar en las menos pigmentadas (Blanca y Sajama). Aun cuando estas variaciones permanecen sin explicación, es posible que se trate del efecto conjunto de la temperatura y la humedad sobre la solubilidad de ciertos compuestos aminados y la hidratación de los carbohidratos del grano. Con las diversas temperaturas de lavado hubo también un aparente descenso del nivel de fibra cruda, tal vez debido a la fragmentación y pérdida del anillo embrionario. Los contenidos de ceniza y extracto etéreo en general, no sufrieron alteraciones considerables. El contenido de grasa de la variedad Blanca registró algunas alteraciones atípicas probablemente debidas a un error experimental, lo cual no pudo ser confirmado por falta de muestra.

En su forma integral, las variedades Sajama y Blanca presentaron el menor contenido de saponinas con 1.7 y 1.90/o (Tabla 3), mientras que la Amarilla y la Colorada registraron valores de 2.3 y 2.8, respectivamente. Esta gradación de las variedades se mantuvo después del lavado a 50°C, el cual ocasionó la remoción de 75–800/o de las saponinas. Con los lavados a 70 y 87°C ya no fue posible detectar las saponinas afrosimétricamente.

Se determinó la composición de aminoácidos para cada variedad, tanto en forma integral como después de lavada a la temperatura más alta (Tabla 4). Con excepción de la variedad Sajama, las concentraciones de la mayoría de los aminoácidos por 16 g de N total aumentaron después del lavado a 87°C. Este aumento, sin embargo, no concentró ni eliminó en forma significativa ningún aminoácido en particular. Por tanto, los datos sugieren que las propiedades biológicas de la proteína no deberían sufrir cambios significativos. La relación que guardó el aumento de cada aminoácido con el aumento de la proteína hidrolizable (total de cada columna en la Tabla 4) no guardaron los aminoácidos de

TABLA 2

COMPOSICION CENTESIMAL DE LAS HARINAS DE QUINOA
ANALIZADAS (Porcentaje en base seca)

Determinaciones	Integral	Temperatura de extracción, °C		
		50	70	87
Variedad Amarilla				
Proteína (N x 6.25)	14.22	10.64	16.22	11.45
Fibra total	4.77	4.47	3.30	2.59
Cenizas	2.85	2.92	2.47	2.69
Extracto etéreo	6.84	7.13	6.97	6.75
Variedad Blanca				
Proteína	14.41	12.57	14.06	15.92
Fibra total	4.90	2.85	4.45	3.80
Cenizas	3.83	2.49	2.51	3.75
Extracto etéreo	6.53	10.68	5.48	9.56
Variedad Colorada				
Proteína	12.00	10.12	14.75	11.04
Fibra total	7.05	6.11	4.56	3.33
Cenizas	3.02	2.64	3.08	2.92
Extracto etéreo	7.12	6.23	6.57	7.26
Variedad Sajama				
Proteína	13.11	14.79	16.27	14.86
Fibra total	3.43	2.20	2.70	2.74
Cenizas	2.72	2.34	1.92	2.38
Extracto etéreo	6.18	5.91	6.19	7.84

baja concentración tales como los sulfurados y el triptofano; por otro lado, la recuperación de la cisteína y la metionina no pasó del 60% con el método de análisis usado. Fue de notar también que los niveles del ion amonio permanecieron relativamente constantes para todas las variedades.

TABLA 3

**PORCENTAJE DE SAPONINAS EN CUATRO VARIEDADES DE
QUINOA EN FORMA INTEGRAL Y EXTRAIDA A DIFERENTES
TEMPERATURAS (Base seca)**

Variedades	Integral	Temperatura de extracción, °C 50
Amarilla	2.3	0.48
Blanca	1.9	0.46
Colorada	2.8	0.66
Sajama	1.7	0.33

Las recuperaciones totales de aminoácidos y del ion amonio de las tres primeras variedades en la Tabla 4, dan una indicación de la cantidad de nitrógeno no aminoacídico que podría ser eliminada con los lavados. La variedad Sajama, sin embargo, no pareció ajustarse a esta teoría.

Los ensayos biológicos (Tabla 5) mostraron que las variedades Blanca y Sajama lavadas a 87°C tenían los mayores valores de PER (2.99 y 2.72, respectivamente) mientras que la Colorada tuvo el menor valor (2.00) contra un PER de 3.21 para la caseína. Las curvas de crecimiento (que no se incluyen en este trabajo) mostraron también una estrecha correlación entre los valores de PER y el crecimiento de los animales, indicando así que la variedad Blanca lavada a 87°C tuvo un PER y una velocidad de crecimiento similares a los de la caseína. Mohoney, López y Hendricks (1) informaron un PER de 2.71 para la proteína de Sajama lavada en agua fría y posteriormente cocida, en tanto que los PER de la misma harina cruda y el de la caseína fueron de 2.09 y 2.67, respectivamente.

En general, los valores máximos de PER se obtuvieron mediante el lavado a 87°C, hecho que podría ser atribuido no solo a la remoción de las saponinas sino también a la mayor digestibilidad de los carbohidratos y proteínas. Aun cuando el lavado a 50°C pareció mejorar la calidad biológica de las variedades Blanca y Colorada, el lavado a 70°C solo desmejoró el valor del PER de las quinoas, a excepción de la Blanca. En el caso de la variedad

TABLA 4

COMPOSICION DE AMINOACIDOS DE CUATRO VARIETADES DE
QUINOA ANALIZADAS (g de aminoácido/16 g N)

Aminoácido	Variedades							
	Amarilla		Blanca		Colorada		Sajama	
	Inte- gral	87°C	Inte- gral	87°C	Inte- gral	87°C	Inte- gral	87°C
Cisteína*	0.07	—	0.82	1.00	—	0.81	0.76	1.00
Fenilalanina	2.93	4.67	3.88	5.12	3.76	4.87	3.64	3.51
Histidina	2.13	3.10	2.75	3.30	2.37	2.64	2.52	2.13
Isoleucina	2.46	4.33	3.77	4.72	3.31	4.17	3.24	2.95
Leucina	5.90	9.15	7.22	10.10	7.41	8.23	6.92	6.36
Lisina	5.15	8.00	6.76	8.77	6.36	8.26	5.96	5.13
Metionina*	1.05	1.53	1.19	1.75	1.42	1.57	1.34	1.34
Tirosina	1.90	2.81	2.31	3.17	2.50	3.44	2.54	2.31
Treonina	2.92	4.59	3.72	5.21	4.11	4.23	3.57	3.31
Triptofano**	0.84	0.91	0.88	1.20	0.82	0.78	1.00	1.04
Valina	3.46	5.45	4.80	5.86	4.54	4.36	3.72	4.10
Acido aspártico	7.75	12.65	10.35	13.94	10.22	10.82	10.22	8.25
Acido glutámico	15.27	24.54	20.49	27.26	19.53	20.23	20.75	18.94
Alanina	3.83	5.84	4.88	6.57	5.32	5.30	4.59	4.63
Amoniaco	1.07	1.59	1.55	1.86	1.30	1.45	1.45	1.12
Arginina	5.01	8.61	7.32	9.27	5.99	7.03	7.29	5.74
Glicina	4.97	7.34	6.23	8.28	6.61	7.38	6.04	5.59
Prolina	2.97	4.20	3.74	4.66	2.43	3.77	3.54	2.79
Serina	3.73	5.86	4.73	6.88	5.23	4.97	4.68	4.41
Total (proteína hidrolizada)***	73.51	115.16	97.39	128.92	93.23	104.31	93.77	84.65

* La recuperación de cisteína y metionina es variable, fluctuando en alrededor de 60%.

** Determinado según el método de Concon (7).

*** Suma total de las cantidades de aminoácidos y del ion amonio calculada en base a los pesos moleculares de las especies libres.

Colorada, el lavado a 70°C ocasionó una pérdida de PER mayor del 50% con respecto al grano integral.

Es posible que la falta de un tratamiento térmico patrón, tal

TABLA 5
INDICE DE EFICIENCIA PROTEICA (PER) DE LAS
HARINAS ANALIZADAS

Muestra	Temperatura de lavado °C	PER \pm D.E.	PER corregido (caseína 2.5)
Amarilla	50	2.05 \pm 0.37	1.59
	70	1.64 \pm 0.35	1.27
	87	2.36 \pm 0.33	1.83
Blanca integral		1.42 \pm 0.39	1.10
	50	2.16 \pm 0.17	1.68
	70	2.47 \pm 0.28	1.92
	87	2.99 \pm 0.22	2.32
Colorada integral		1.52 \pm 0.19	1.18
	50	1.75 \pm 0.30	1.36
	70	0.75 \pm 0.32	0.58
	87	2.00 \pm 0.32	1.55
Sajama	50	2.39 \pm 0.45	1.86
	70	2.04 \pm 0.30	1.58
	87	2.72 \pm 0.33	2.11
Patrón de caseína		3.21 \pm 0.38	2.50

D.E. Desviación Estándar.

como la cocción final del producto, haya causado variaciones y hasta resultados biológicos inesperados. Por esta razón sería deseable que en futuros estudios se tome en cuenta el efecto de la preparación final de la harina. Se observó también que, no obstante que el tratamiento a 87°C resultó ser el que produjo mejor respuesta biológica en las condiciones en que se realizó el ensayo, este proceso de lavado arrojó pérdidas de material de cerca del 35%, quizás debido a que la malla era de retículo grande.

Las saponinas de la quinoa, aunque no hayan sido clasificadas claramente como antinutrientes, podrían eventualmente causar disturbios fisiológicos. Gestetner, Birk y Tencer (10) informaron que el efecto hemolítico de las saponinas sólo es observado *in vitro*, ya que tales compuestos no son absorbidos en el intestino delgado, sino que permanecen en el intestino grueso hasta ser degradados por la microflora. Al final de nuestro ensayo biológico, sin embargo, encontramos que los animales alimentados con quinoa sin lavar desarrollaron cierto grado de enteritis con una coloración rojo oscuro en la mucosa.

Según pudimos determinar, el contenido de saponinas del grano de quinoa puede ser reducido hasta un 20–25% de su nivel inicial con un lavado a 50°C, seguido de un paso de filtración en malla de nylon. Después de un lavado similar a 70 u 87°C, las saponinas ya no son detectables. Durante los lavados puede llegarse a perder una cantidad de fibra y, tal vez, algunos compuestos aminados no aminoacídicos, sin detrimento aparente del valor biológico de la proteína.

SUMMARY

CHEMICAL AND BIOLOGICAL EVALUATION OF QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd). EFFECT OF EXTRACTING THE SAPONINS BY HEAT TREATMENT

The changes in proximate composition, amino acid content and protein efficiency ratio (PER) caused by hot-water extraction of the saponins were studied in four Bolivian varieties of quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd). Detectable saponin was eliminated with an extraction at 70°C. Extraction at 87°C also eliminated the saponins but, in addition, had the tendency of slightly increasing the protein amino acid content. The maximum PER obtained was 2.99 for the Blanca variety, followed by 2.72 for the Sajama variety, also extracted at 87°C (casein gave a PER value of 3.21).

BIBLIOGRAFIA

1. Mahoney, A. W., J. G. López & D. G. Hendricks. An evaluation of the protein quality of quinoa. *J. Agr. Food Chem.*, 23:190-193, 1975.

- 2 de Bruin, A. Investigation of the food value of quinoa and cañihua seed. *J. Food Sci.*, 29:872-876, 1964.
3. White, P. L., E. Alvistur, C. Díaz, E. Viñas, H. S. White & C. Collazos. Nutrient content and protein quality of quinoa and cañihua edible seed products of the Andes mountains. *J. Agr. Food Chem.*, 3:531-534, 1955.
4. Molina, A. V. **Desarrollo de un Método de Lavado por Agitación y Turbulencia del Grano de la Quinoa.** Tesis de Graduación de Ingeniero de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria "La Molina", Lima, Perú, 1970.
5. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC.** 11th. ed. Washington, D. C., The Association, 1970.
6. Van de Kamer, J. H. & L. Van Ginkel. Rapid determination of crude fiber in cereals. *Cereal Chem.*, 29:239-241, 1952.
7. Concon, J. M. Rapid and simple method for the determination of tryptophan in cereal grains. *Anal. Biochem.*, 67:206-219, 1975.
8. Derse, P. H. Evaluation of protein quality (biological method). *JAOAC*, 48:847-850, 1965.
9. Rogers, Q. R. & A. E. Harper. Amino acid diets and maximal growth in the rat. *J. Nutr.*, 87:267-273, 1965.
10. Gestetner, B., Y. Birk & Y. Tencer. Soybean saponins. Fate of ingested soybean saponins and the physiological aspect of their hemolytic activity. *J. Agr. Food Chem.*, 16:1031-1035, 1968.