

Proceso de elaboración de hojuelas cocidas de quínoa (*Chenopodium quinoa Willd*)

Sonia Rosario Calliope, Manuel Oscar Lobo, Norma Cristina Sammán

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Jujuy. San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina

RESUMEN: El objetivo del trabajo fue revalorizar el cultivo de la quínoa (*Chenopodium quinoa Willd*) y promover su difusión entre los productores de la zona andina del noroeste argentino. Se utilizó un método sencillo para la obtención de hojuelas cocidas de quínoa variedad Real Rosada, aplicable a las condiciones climáticas de la región. El proceso incluye desaponificación del grano utilizando el escarificado y lavado en forma combinada. Se logró disminuir el contenido de saponinas hasta 0,1%, nivel aceptable para consumo humano.

Se adaptó un método para cuantificar las saponinas, el cual aportó una alternativa para su extracción y purificación para otros usos. Se determinó la cinética de secado del grano cocido para ajustar la humedad para el laminado. El coeficiente efectivo de difusión determinado para el secado del grano fue $4,49 \times 10^{-05} \text{ m}^2/\text{s}$. Las hojuelas obtenidas se secaron hasta humedad de equilibrio. El producto final presentó la siguiente composición: proteínas 11,7%, lípidos 2,1%, hidratos de carbono totales 71,7%, cenizas 2,5% y agua 12,0%. Las hojuelas presentaron características nutricionales de Digestibilidad 89,89% y Valor Biológico 85,07%. Debido a todas las características mencionadas este producto es apto para consumo directo o para incluirlo en alimentos formulados y representa un aporte al agregado de valor de la cadena productiva de cultivos andinos.

Palabras clave: Quínoa, hojuelas cocidas, proceso de elaboración.

SUMMARY. Process of elaboration of cooked quinoa flakes. The purpose of this work was to revalue the quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) cultivation and promote their diffusion among producers in the Andean region of northwestern Argentina. Quinoa Real Rosada grains, variety reintroduced in the region was used. It was used a simple process to obtain cooked quinoa flakes, applicable to the climatic conditions of the region. The process includes grain desaponification using the scarifying and washing combined. It was possible to reduce the content of saponins to 0.1%, acceptable level for human consumption. A method for quantifying the saponins was adapted, which provided an alternative for its extraction and purification for other uses. The kinetics of drying of cooked grain was determined in order to adjust moisture to the laminate. The effective diffusion coefficient determined for grain drying was $4,49 \times 10^{-05} \text{ m}^2/\text{s}$. Obtained flakes was dried to equilibrium moisture. The final product had protein content 11.7%, fat 2.1%, total carbohydrates 71.7%, ash 2.5% and 12.0% water. The flakes showed Digestibility 89.89% and Biological value 85.07% Because of all the characteristics mentioned this product is suitable for direct consumption or for inclusion in formulated foods and represents a contribution to add value to the productive chain of Andean crops.

Key words: Quinoa, cooked flakes, elaboration process.

INTRODUCCIÓN

La quínoa (*Chenopodium quinoa Willd*) es un producto originario de los Andes y su consumo es ancestral en las poblaciones campesinas. Fue cultivada desde tiempos preincaicos, su cultivo y desarrollo era comparable al del maíz antes de la llegada de los españoles. Con la introducción

del trigo, fue desplazada hacia tierras más altas y disminuyó su producción en toda la región andina (1). En el noroeste argentino éste y otros cultivos ancestrales, prácticamente se perdieron o fueron sustituidos por otros alimentos, agravando una situación alimentario-nutricional de por sí precaria (2). En esta región las oportunidades laborales son escasas. Factores como la sequía y la rigurosidad

climática no permiten que las actividades productivas tengan continuidad. La explotación agro ganadera se practica en muy pequeña escala, lo que implica una forma de subsistencia precaria y empobrecida que en muchos casos llega a la indigencia (3). Dentro de las actividades agropecuarias, están los cultivos andinos, hortalizas, cría de ovinos, caprinos y llamas. Por iniciativa de cooperativas de productores, conjuntamente con Gobiernos Provinciales, algunas comunidades han comenzado a recuperar y readaptar variedades de quínoa en superficies reducidas, como una alternativa para el autoconsumo, con la posibilidad de mejorar así los niveles nutricionales e incursionar en nuevos mercados con la producción de excedentes. Todo esto a su vez contribuye a elevar la autoestima de los agricultores mejorando los niveles de ingreso familiar (4). Las distintas variedades de quínoa contienen cantidades variables de saponinas, las cuales son tóxicas para animales de sangre fría. Hay cierta controversia en lo que se refiere al ser humano; algunos autores opinan que no son absorbidas en intestino (5). Otros informan síntomas por su ingestión como dolor estomacal, náuseas, ligera diarrea y problemas en la digestión (6). Las saponinas tienen diversos usos, en algunos países se emplean como aditivos alimentarios. Por su característica espumante se emplean en la fabricación de cerveza, en la preparación de compuestos para extinguidores de incendios, en la industria fotográfica, cosmética y en la industria farmacéutica para la elaboración sintética de hormonas (7). Sin embargo, en otros países su empleo está prohibido. Estudios destinados a resaltar las características nutricionales de la quínoa y a utilizarla como materia prima para el desarrollo de productos, ayudan a revalorizarla y demuestran que existe una alternativa valiosa para su explotación. El objetivo de este trabajo fue desarrollar un proceso de elaboración de hojuelas cocidas de quínoa para ser utilizadas para consumo directo o incluirlas en otros alimentos industrializados y en preparaciones caseras. Incluye la eliminación de saponinas y lograr que el proceso no afecte el valor nutricional original de la quínoa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con Quínoa Real Rosada natural y escarificada, procedente de la Cooperativa de Productores de Quínoa de la localidad de Cusi Cusi, ubicada a 3800 m.s.n.m, departamento de Santa Catalina, Provincia de Jujuy - Argentina.

Desaponificado

Los granos de quínoa natural fueron desaponificados utilizando dos métodos diferentes. 1) Tradicional, lavado a mano sumergiéndolos en agua destilada con agitación. 2) Escarificado previo realizado con una maquina escarificadora con capacidad de hasta 30 Kg y lavado a mano. El escarificado permitió obtener saponinas de la quínoa como un subproducto con posibles aplicaciones industriales.

Cuantificación de la saponina

Se adaptó un método para la cuantificación de saponinas basado en su extracción del grano y posterior separación con solventes y secado (8). También se ajustó el test de la espuma como método rápido para evaluar contenido de saponina, similar al propuesto por Latinreco (9). Se construyó una curva de correlación entre las saponinas extraídas del grano de quínoa luego de los sucesivos lavados y la altura de espuma obtenida. Para determinar el contenido de saponinas mínimo detectable por los consumidores se realizaron pruebas sensoriales.

Lavado

Para el lavado de la quínoa natural y escarificada se mezclaron 40g de granos con agua destilada en proporción 1:20 (p/v); se agitó manualmente 1 min y se desechó el agua; la operación se repitió 30 veces. El excedente de agua en los granos se secó con papel absorbente y se pesaron. Luego se secaron en estufa a 105 °C (Oven Memmert Type ULM 500) hasta peso constante. Se tomaron muestras de granos de los lavados 1, 5, 10, 15, 20, 25 y 30, para determinar el contenido de saponinas.

Obtención del extracto crudo de saponinas

Incluye los glucósidos de interés más pigmentos, taninos y otras impurezas contenidos en el grano y es lo que se busca eliminar con los sucesivos lavados. Para obtener el extracto crudo, se tomaron los granos secos luego de cada etapa de lavado y se homogenizaron en molinillo a hélice durante 1 min. Se pesó 15 g de muestra, se agregó 90 mL de etanol 80% y se calentó a reflujo por 1 h, se dejó enfriar y se filtró. El sobrenadante se llevó a sequedad a 50-60 °C, en estufa de flujo forzado. Posteriormente se redisolvió en etanol al 50% v/v (25 ml/g de extracto bruto). Se añadió 90 mL de benceno para extraer componentes lipídicos y pigmentos vegetales, se agitó

vigorosamente y se centrifugó a 4000 rpm durante 5 min. Se desechó la fase bencénica. El proceso se repitió 2 veces y luego se evaporó a sequedad para obtener el extracto crudo (8).

Obtención de saponinas del extracto crudo

Se utilizó el método de Sharapin (10), con algunas modificaciones. Se pesó 4 g del extracto crudo de saponinas en balanza analítica, y se extrajo con solución de ácido acético al 5% y etanol al 80%, en relación (1:10). Se filtró y desechó la fase sólida. En el sobrenadante se adicionó hidróxido de sodio hasta pH12 con el fin de precipitar los glicoalcaloides. Se centrifugó a 4000 rpm por 15 minutos y se descartó el sobrenadante. Se resuspendió el sólido en etanol al 80% y se hidrolizó con ácido clorhídrico al 7% a 60 °C durante 4h. Al extracto hidrolizado se le adicionó ácido acético en proporción 1:10 y se filtró y se desechó el sólido. Se adicionó hidróxido de sodio hasta pH 9-10. Se centrifugó a 4000 rpm y se descartó el sobrenadante. Se resuspendió el precipitado en ácido acético en la misma proporción y se repitió el proceso de purificación 2 veces más. El precipitado final (aglicona - saponina alcaloidal) se redisolvió en etanol al 80% y se filtró. El líquido obtenido contenía la saponina de interés. Se secó en estufa a 60 °C y se pesó.

Análisis sensorial

Se evaluó el nivel de aceptabilidad de los granos lavados (crudos), según el grado de percepción del gusto amargo, utilizando una escala hedónica de siete puntos. Se trabajó con un grupo de 50 panelistas no entrenados, compuesto por adultos de edades entre 26 a 64 años. Las muestras se presentaron en forma monádica secuencial en una cantidad comprendida entre 5 a 10 g aproximadamente.

Análisis Proximal

En granos y hojuelas se determinó la composición proximal empleando técnicas AOAC (11), humedad (AOAC 925.23), proteínas (AOAC 991.20), cenizas (AOAC 945.46), lípidos (Met 992.23) y el contenido de carbohidratos totales por diferencia. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

Cocción

Los granos de quínoa lavada se cocinaron en agua hirviendo en proporción 1/3 (p/v). La cocción se siguió por microscopía óptica (Olympus CX41,

aumento 40x) con luz polarizada para evaluar el grado de gelatinización del grano. El grado de gelatinización se asimiló al porcentaje de la zona clara (cocida) en el exterior del grano que a mayor tiempo se expandía hacia el centro; se tomaron muestras a intervalos de un minuto durante todo el período de cocción. Las muestras extraídas se analizaron por cuadruplicado.

Secado

Los granos cocidos se escurrieron por 1 min, se secaron y se determinó la curva de desorción registrando el peso de cada muestra en diferentes tiempos. La determinación se realizó por triplicado. Se ensayaron temperaturas de 40 y 50°C para el aire de secado por ser las temperaturas normales de operación de secaderos solares de la región y también porque no afectan las propiedades organolépticas y nutricionales de los alimentos. La velocidad del aire de secado y su humedad relativa se mantuvieron constantes en 2,5 m/s y 17% respectivamente. Se determinó el coeficiente de difusión mediante la ecuación de Fick para geometría esférica (Ecuación 1).

El mecanismo controlante de la velocidad de secado de sólidos es generalmente la difusión del agua en sólidos de estructura fina, en capilares, poros y pequeños huecos llenos con vapor. El vapor difunde hasta que alcanza la superficie donde pasa a la corriente global del aire. El valor del coeficiente de difusión efectiva se evalúa mediante la solución analítica de la ley de Fick. Dependiendo del tipo de geometría considerado, la solución de la ecuación de Fick toma diferentes formas; en este caso para la quínoa la ecuación para geometría esférica (con n=1) es:

$$W = W_0 + (W_t - W_0) \frac{6}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp\left(\frac{-n^2 D_{eff} t}{r^2}\right) \quad (1)$$

En la que:

- r: radio de la esfera (grano de quínoa).
- Wt: contenido de humedad en base seca del grano de quínoa en el tiempo t.
- W0: contenido de humedad en base seca inicial del grano de quínoa.
- We: contenido de humedad de equilibrio en base seca del grano de quínoa.
- Deff: coeficiente efectivo de difusión de humedad (m²/s)
- t: tiempo

El Deff para cada temperatura se calculó a partir de la pendiente de la línea recta obtenida al graficar el Ln (W-We/Wo-We) en función del tiempo de secado en minutos.

Evaluación de las hojuelas

Para determinar el diámetro del laminado se tomó una muestra al azar de 10 hojuelas, se midió el diámetro con calibre digital electrónico de 0 – 150 mm (12). La composición proximal de las hojuelas se comparó con la establecida por las normas técnicas peruanas.

Evaluación nutricional

Para evaluar el efecto de los distintos tratamientos (escarificado, lavado, cocción, laminado) sobre la calidad biológica de las proteínas se determinó en quínoa natural lavada, en quínoa escarificada y en hojuelas, la Utilización Proteica Neta (UPN) con la técnica simplificada de Miller y Bender (13). Se emplearon ratas cepa Wistar de 60+4 g de peso inicial, 3 lotes de 4 animales cada uno por muestra analizada. Los animales fueron provenientes del propio bioterio del Instituto Superior de Investigaciones Biológicas, Concejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas- Universidad Nacional de Tucumán. Fueron tratados de acuerdo con los criterios establecidos en la Guía para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio (14). Se emplearon dietas formuladas, completas, con todos los componentes constantes en cantidad y calidad, salvo la calidad de las proteínas que fue la variable estudiada. Las distintas proteínas se incluyeron a nivel de 10%. Durante 10 días se registró diariamente el peso de los animales y el alimento consumido. El nitrógeno tanto de las dietas como de heces fue determinado por el método de Kjeldhal y la proteína cruda calculada como $N \times 6,25$. Se determinó Digestibilidad verdadera (Dv), tomando los días 2 a 8 del período de alimentación, para recolección de heces, con la siguiente fórmula:

$$Dv = \frac{\text{N ingerido} - (\text{N fecal} - \text{N fecal metabólico})}{\text{N ingerido}} \quad (2)$$

Se calculó el Valor Biológico (VB) como el cociente entre el UPN y la Dv.

Análisis estadístico

Se efectuó un análisis de varianza ANOVA de una vía. Se utilizó el test de Tukey para comparar las medias. Se tomó como significación estadística $p < 0,05$, empleando el software STATISTICA versión 10.0, StatSoft.

RESULTADOS

En la Tabla 1 a) y b), se detallan los contenidos de saponina y la altura de espuma obtenida de quínoa natural y escarificada, luego de los diferentes lavados. Los resultados obtenidos, muestran que la altura de la espuma para la quínoa Real sin lavar superó 1 cm, valor límite establecido para clasificarla como amarga (8). Se observa que la concentración de saponinas en quínoa escarificada y con un lavado es menor a la concentración en la quínoa natural con 30 lavados. Mientras que el contenido de saponinas en la quínoa escarificada sin lavar, fue 0,108 mg de saponinas/100g, inferior al límite establecido para consumo humano (0,120 mg/100 g), (15).

Con los valores de concentración de saponinas obtenidos de granos de quínoa natural Real rosada luego de los diferentes lavados y la altura de la espuma correspondiente se determinó la ecuación $\text{Altura espuma} = 116,83 \times \text{Csaponina} - 13,38$; con un coeficiente $R^2 = 0,9916$, lo cual muestra una excelente correlación. En el caso de la quínoa escarificada, no se determinó la ecuación de correlación porque con un

TABLA 1: Relación del contenido de saponinas y altura de espuma para Quínoa. a) Natural; b) Escarificada.

Lavados	a) Quínoa Natural		b) Quínoa Escarificada	
	Saponinas (mg/100g)	Altura Espuma (cm)	Saponinas (mg/100 g)	Altura Espuma (cm)
0	0,184	8,30	0,108	1,64
1	0,150	3,95	0,101	0,15
5	0,134	2,10	0,100	0,01
10	0,129	1,53	0,100	0,00
15	0,127	1,49	0,097	-
20	0,127	1,38	0,096	-
25	0,123	0,09	0,092	-
30	0,117	0,77	0,081	-

solo lavado se eliminó casi la totalidad de la saponina remanente del proceso de escarificación.

Análisis sensorial

En la Figura 1, se muestra la aceptación sensorial por jueces no entrenados de la quínoa con diferentes tratamientos. Se observó que el gusto amargo disminuye al aumentar el número de lavados. Además se obtuvo la evaluación muy amarga para la quínoa escarificada. Para el caso de aplicarle un solo lavado a la quínoa escarificada, solo 16% de los evaluadores la clasificaron como con leve sabor amargo. Finalmente con 5 lavados la aceptación sensorial fue del 100%. La percepción de sabor amargo con un número alto de lavados puede ser debido a que se solubilizan y liberan saponinas presentes en el interior del grano (16).

Análisis proximal

En la Tabla 2 se presentan los valores promedio de composición de la quínoa variedad Real rosada con distintos tratamientos independientes entre si.

Cocción

Se determinó el tiempo de cocción en 15 min, tiempo en el cual se logró la gelatinización completa del almidón del grano.

Secado

Los granos cocidos fueron secados previo al laminado. Al no encontrar información para quínoa, se determinó experimentalmente la humedad necesaria para el laminado. En la Figura 2 se muestra la curva de secado de los granos de quínoa cocida. Confirmada la cinética de secado, se determinó el Deff correspondiente para estimar el tiempo de secado a 40 y 50°C. Para el cálculo de los Deff se utilizó la

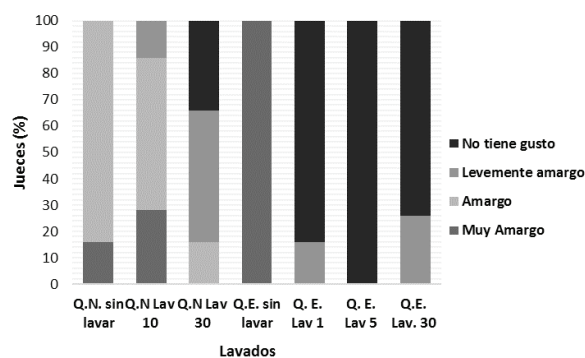


FIGURA 1: Análisis sensorial en granos de quínoa naturales y escarificados.

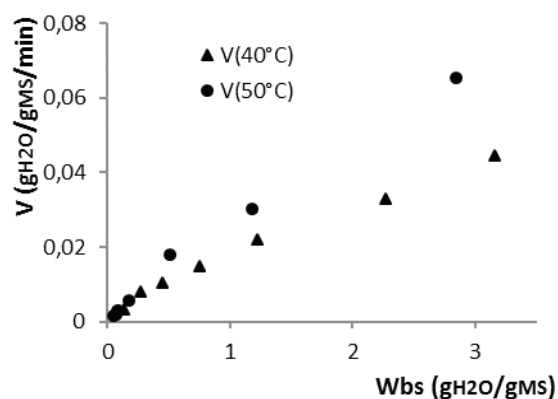


FIGURA 2: Velocidad de secado en función de la humedad de grano de quínoa cocido.

ecuación 1 (Ver materiales y métodos), suponiendo un período de secado de velocidad decreciente. Los parámetros utilizados y el cálculo de Deff se muestran en Tabla 3.

TABLA 2: Composición química de grano de quínoa Real rosada natural, con distintos procesos y hojuelas

COMPONENTE (g /100 g)	QUINOA natural	QUINOA escarificada	QUINOA lavada (30) y secada	HOJUELAS
Humedad*	9,96c ± 0,08	8,30a ± 0,04	8,63b ± 0,06	12,04d ± 0,05
Proteínas*	13,46c ± 0,06	13,34c ± 0,16	12,76b ± 0,05	11,69a ± 0,09
Grasa*	6,17d ± 0,01	5,61c ± 0,09	4,09b ± 0,08	2,12a ± 0,04
Cenizas*	3,50d ± 0,03	3,10c ± 0,15	2,72b ± 0,02	2,46a ± 0,03
H. de C.**	66,91	69,65	71,8	71,69

(*) n = 3; (**) Obtenidos por diferencia; letras distintas en la misma fila indican diferencias estadísticas significativas (p < 0,05)

Características de las hojuelas de quínoa

La composición nutricional de las hojuelas cocidas de quínoa obtenidas por este estudio se muestra en Tabla 2. El diámetro promedio de las hojuelas fue de $3,83 \pm 0,47$ mm (n=20).

Evaluación nutricional

La Tabla 4, muestra los valores de Utilización Proteica Neta (UPN), Digestibilidad Verdadera (Dv) y Valor Biológico (VB), para los distintos productos de quínoa evaluados. El lavado y la cocción de los granos producen un incremento estadísticamente significativo de la digestibilidad y el valor biológico.

TABLA 3: Coeficiente efectivo de difusividad para el secado de quínoa cocida

T (°C)	We (g agua/g MS)	Wo	R (cm)	Deff (cm ² /min)
50	0,054	3,150	0,22	4,59x10-05
40	0,073	3,150	0,29	4,49x10-05

TABLA 4: Valor nutricional de proteínas de quínoa procesada y de hojuelas de quínoa.

MUESTRA	UPN	Dv	VB
Caseína	70,00b ± 5,6	97,67c ± 1,2	71,70
Quínoa escarificada	53,12a ± 3,7	81,43a ± 3,6	65,23
Quínoa lavada	73,09b ± 4,6	88,52b ± 1,5	83,48
Hojuelas	76,47b ± 6,4	89,89b ± 1,3	85,07

UPN: Utilización Proteica Neta; Dv: Digestibilidad verdadera; VB: Valor Biológico. Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticas (p<0,05)

DISCUSION

El proceso de escarificado disminuye eficazmente el contenido de saponinas. Sin embargo la altura en el test de la espuma para la quínoa escarificada fue mayor a lo esperado, probablemente debido a la presencia de cascarilla suelta en la superficie del grano, ya que no tuvo un proceso de separación por venteado. Esta observación concuerda con lo expuesto en Nieto y Valdivia (5) quienes informaron que luego de la escarificación es necesario aplicar una corriente de aire para que la eficiencia de la separación sea 95% y el contenido de saponinas en el producto final oscile entre 0,04 y 0,25%, dependiendo de la variedad utilizada como materia prima. De los resultados

obtenidos para los lavados en quínoa natural se puede concluir que necesariamente este proceso debe acompañarse previamente de algún método casero o industrial de escarificado para que el desaponificado sea más eficiente. Bacigalupo y Tapia (17) señalan que los equipos diseñados para escarificación de quínoa no han permitido obtener niveles de separación de saponinas lo suficientemente elevados como para lograr productos para consumo humano directo. En este estudio se obtuvo una eficiencia de 59% con la máquina escarificadora empleada. Cuando los granos escarificados fueron lavados la concentración de saponinas obtenido disminuyó a concentraciones aceptables informadas por Zabaleta (16). Por lo tanto el proceso escarificado-lavado resultó ser el método de desaponificado más eficiente.

La curva de correlación obtenida permite concluir que el método de la altura de espuma de este estudio es confiable, hasta un límite de 8 cm. Este intervalo es superior al determinado en el método original, en el cual el límite fue 3 cm de alturas de espuma; ya que probablemente el método original utilizó un tipo de extracción diferente y quínoa con un contenido inferior de saponinas (9,17). Este nuevo rango permite estimar las concentraciones iniciales de saponinas presentes en granos de quínoa sin tratamiento.

El gusto amargo perduró en la quínoa natural hasta el lavado 30 según el análisis sensorial, esto se debe a que la cascarilla sigue presente en el grano liberando los remanentes de saponinas.

Mientras que en la quínoa escarificada el gusto muy amargo probablemente es debido al polvillo adherido a la superficie del grano ya que no ha sido lavado ni venteado luego del proceso de escarificación.

La evaluación sensorial permitió determinar que el proceso de escarificado con 5 lavados fue el tratamiento mas eficaz para disminuir el gusto amargo en la quínoa, la cual queda con una concentración final de saponinas de 0,1%, menor al máximo establecido para consumo humano.

Los valores encontrados para la composición nutricional se encuentran dentro del rango informado por otro autor (18) para distintas variedades de quínoa y a los citados en la tabla de composición de alimentos peruanos (19). La humedad de la quínoa escarificada y lavada es similar a la que trae el grano del campo y coincide con los valores normales de comercialización (5). En general, cuando se aplican los distintos

tratamientos se observa una disminución significativa en el contenido de nutrientes, particularmente de cenizas y grasas, posiblemente por lixiviado de minerales y vitaminas presentes, y de proteínas por la pérdida de germen en el proceso.

En la cocción a los 15 minutos la gelatinización fue completa. Si el calentamiento continúa el grano revienta debido a la cantidad de agua absorbida y el germen comienza a desprenderse, lo que representa una importante pérdida de nutrientes (1). Por esta razón el tiempo de cocción para la elaboración de las hojuelas de quínoa cocida se estableció en 15 min.

En el secado el grano conservó la forma de la hojuela y no se produjo roturas ni empastado con una humedad de 0,89 g H₂O/gMS.

Se observa que aun con alta humedad inicial del grano cocido (3,10 a 3,15 g H₂O/gMS) no se encuentra zonas de velocidad constante de secado a ninguna de las dos temperaturas ensayadas; esto, probablemente sea debido a que la mayor parte del agua se utiliza para la gelatinización del almidón.

Los coeficientes de difusividad aumentaron con el incremento de la temperatura del aire de secado, lo que muestra una disminución de las resistencias internas del sólido. Este comportamiento ha sido observado en un estudio realizado por Montes y col. (20) en el secado de diferentes alimentos. Los tiempos requeridos para el secado de los granos de quínoa a 50 °C y 40 °C fueron 180 y 200 min respectivamente. Si bien el secado es más rápido a 50°C, para evitar la formación de costras en la superficie del grano de quínoa y lograr un laminado homogéneo se seleccionó 40 °C para el secado.

Las hojuelas obtenidas se secaron hasta humedad de 12%, comprendida en el intervalo aceptado para la comercialización (hasta un 13,5%), definido por la Resolución 451/2006 del Ministerio de Salud del Perú (21). De acuerdo a los resultados obtenidos se propone el proceso esquematizado en la Figura 3 para producción de hojuelas de quínoa cocida.

En general las hojuelas cumplen con todos los requisitos de composición establecidos en la Resolución del Ministerio de Salud N° 451/2006/MINSA de Perú (21) “Norma sanitaria para la fabricación de alimentos a base de granos y otros, destinados a programas sociales de alimentación”. Por lo cual están dentro de los estándares nutricionales establecidos y desarrollados en Perú y pueden ser

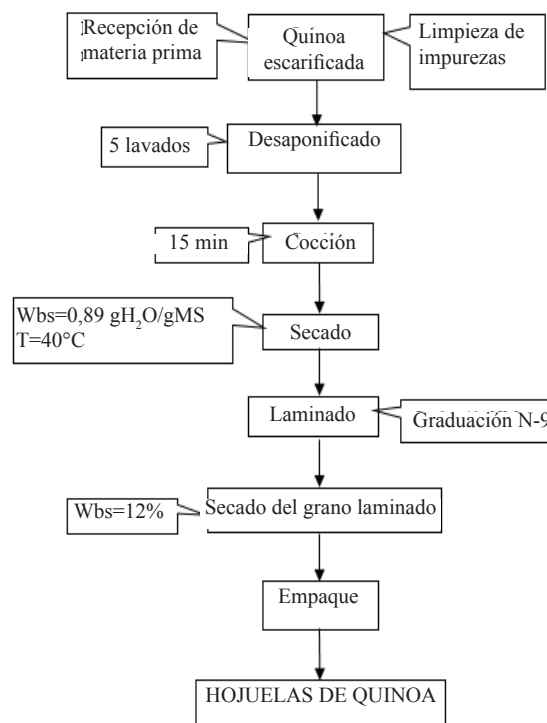


FIGURA 3: Proceso de elaboración de hojuelas cocidas de quínoa.

objeto de producción y de inclusión en nuestra dieta. El diámetro es un valor que se encuentra dentro de lo informado para hojuelas crudas por Marca Flores (22), para distintas variedades de quínoa (intervalo entre 5,4 y 3,00 mm). El tamaño es medio y no representará problemas para deglutir.

En la evaluación nutricional el lote alimentado con dieta en base a quínoa escarificada, presentó una ganancia de peso corporal significativamente menor, debido a un menor consumo de dieta, probablemente por el gusto amargo de las saponinas que otorgan una menor palatabilidad. Los lotes alimentados con dieta con quínoa lavada, sin cocción, tuvieron una ganancia de peso similar al que consumió dieta control con caseína. El proceso de lavado y la cocción provocó el incremento de la Dv y VB además de la mejora en la aceptabilidad sensorial de las hojuelas. Esto se debe a la posible destrucción de los factores antinutricionales de la quínoa por el tratamiento hidrotérmico, especialmente por la eliminación de saponinas lo que ocasiona la mayor aceptabilidad de las hojuelas. El Valor Biológico de la quínoa lavada se encuentra en el intervalo informado en otros estudios, Romo (23) informa un VB=80,79 para quínoa

lavada, mientras que Tapia y col. (24) determinaron VB=80,00 para diferentes granos andinos. Canahua y col. (25) reportaron valores inferiores para digestibilidad de quínoa cruda y cocida (57,7% y 63,83% respectivamente) a los encontrados en este trabajo. El VB de la quínoa es mayor al de otros alimentos consumidos habitualmente como arroz, maíz, centeno, trigo y torta de soja, entre otros.

CONCLUSIÓN

La correlación desarrollada entre la concentración de saponinas en el grano y la altura de la espuma, permitirá a los productores rurales contar con un método sencillo para estimar la eficiencia de los procesos de desaponificación que se utilizan en la región.

Es posible elaborar hojuelas a partir de los granos cocidos de quínoa, para transformarlo en un “cereal listo para el consumo” que además puede utilizarse como materia prima para desarrollar barras energéticas, granolas, mezclas con frutos secos, sopas deshidratadas, etc.

Las hojuelas producidas presentan un valor nutritivo elevado. El proceso desarrollado contribuye al realce de las características propias de la quínoa; no necesitan cocción previa para su consumo directo ni para ser incluida en formulaciones de alimentos.

Todos los procesos de elaboración fueron desarrollados teniendo en cuenta la factibilidad de aplicación utilizando las condiciones climáticas de la región de Quebrada y Puna de la provincia de Jujuy. La obtención de hojuelas cocidas de quínoa representa un aporte al agregado de valor de la cadena productiva de cultivos andinos.

REFERENCIAS

1. Tapia, M., Fries, A. (2007). Guía de Campo de los Cultivos Andinos. FAO y ANPE. Lima-Perú. p. 145-149.
2. Romaguera, D.; Sammán, N.; Farfán, N.; Lobo, M.; Pons, A.; Tur, J. (2008). Nutritional status of the Andean population of Puna and Quebrada of Humahuaca Jujuy Argentina. Public Health Nutrition 11 (6): 606 – 615.
3. Golovanevsky, L. (2008) Vulnerabilidad y transmisión intergeneracional de la pobreza. Un abordaje cuantitativo para Argentina en el siglo XXI. Facultad de Ciencias Económicas – UBA. Secretaría de Investigación y Doctorado. Colección de Tesis Doctorales. Año II, Número 1.
4. Ros, C.; Schneider, S. (2008). Estrategias campesinas de reproducción social. El caso de las tierras altas jujeñas, Argentina. Revista Internacional de Sociología (RIS). Vol. LXXVI, N° 50, pp. 163-185. ISSN: 0034-9712.
5. Nieto, C. y Valdivia, R. (2004). Postcosecha, Transformación y Agroindustria. Disponible en Mujica y col. Quínoa (*Chenopodium quinoa Willd*) Cultivo Ancestral Alimento del Presente y el Futuro. FAO, Universidad Nacional del Altiplano y CIP. Puno – Perú. p. 254-282.
6. Fontúrbel, F., (2003). Problemática de la producción y comercialización de *Chenopodium quinoa W.* (Chenopodiaceae), debida a la presencia de las saponinas. Revista Digital Ciencia Abierta 21(1), p. 1–10.
7. Meyhuay, M. (2009). Factores Antinutricionales de la Quínoa. Instituto de Desarrollo Agroindustrial (INDDA) y FAO. En: <http://www.fao.org/inpho/>; consulta: Junio 2009.
8. Royero, R. (1997). Obtención de crudos de saponinas hipocolesterolemizantes del *Chenopodium quinoa Willd*. Revista Cubana. Instituto Superior de Medicina Militar "Dr. Luis Díaz Soto" La Habana- Cuba. p 55-62.
9. Koziol, M. (1990). Afrosimetric estimation of threshold saponin concentration for bitterness in quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*). J. Agr. Food Sci. 54:211-2
10. Sharapin, N. (2000). Sapogeninas esteroidales: Materia prima para la fabricación de hormonas esteroidales. En Fundamentos de tecnologías de productos Fitoterapéuticos. Editorial Roberto Pinzón, CYTED. Bogotá – Colombia. p. 83-98.
11. AOAC (1995). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 16 th Edn., AOAC Internacional, Washington, USA.
12. Mujica, A.; Ortiz, R.; Bonifacio, A.; Saravia, R.; Corredor, G.; Romero, A.; Jacobsen, S. (2006). Agroindustria de la quínoa (*Chenopodium quinoa Willd*) en los países andinos. Proyecto quínoa: cultivo multipropósito para los países andinos INT/01/K01 Perú- Bolivia- Colombia, PNUD, CONCYTEC, Universidad Nacional del Altiplano, PROINPA, Universidad Nacional de Colombia.
13. Miller, D. y Bender, A. (1955). The determination of the net utilization of proteins by a shortened method. Brit. J. Nutr., 9:382.
14. Institute of Laboratory Animal Resources & National Research Council. (1999). Guide for the care and use of laboratory animals. USA: National Research Council.

15. Zabaleta, R. (1993). Evaluación de procesos industriales para la desaponificación de la quínoa. Grupo de política tecnológica. Lima. Perú. p.25.
16. Kuljanabhagavad, T.; Thongphasuk, P.; Chamulitrat, W.; Wink, M. (2008). Triterpene saponins from *Chenopodium quinoa Willd.* Phytochemistry doi:10.1016/j.phytochem.2008.03.00.
17. Bacigalupo, A.; M. Tapia. (2009). Agroindustria. Agroindustria de la Quínoa. Factor saponina. En: <http://www.rlc.fao.org>; Consulta: Marzo 2009.
18. Bhargava, A.; Shukla, S.; Ohri, D. (2006). *Chenopodium quinoa*—An Indian perspectiva. Industrial Crops and Products 23. Division of Genetics and Plant Breeding, National Botanical Research Institute. Elsevier. Lucknow - India. p 73–87.
19. Collazos, C. (1996). Tablas peruanas de composición de alimentos. Séptima edición. Ministerio de Salud y Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Lima-Perú.
20. Montes Montes, E., Torres Gallo, R., Andrade Pizarro, R., Pérez Sierra O., Marimon Escobar, J., Meza Herazo, I. (2008). Modelling the kinetics of thin-layer yam (*Dioscorea rotundata*) drying. Revista Ingeniería e Investigación. Vol. 28 N° 2. Colombia. p. 45-52.
21. Resolución Ministerial N° 451-2006/Ministerio de Salud (MINSa). 2006. Norma Sanitaria para la Fabricación de Alimentos a base de granos y otros, destinados a Programas Sociales de Alimentos. Perú.
22. Marca Flores, M. (2015), del documento: Informe final sobre procesos e investigaciones agroindustriales en quínoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). Disponible en: <http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca/bitstream/123456789/738/1/BVCI0000079.pdf>
23. Romo, S., Rosero, A., Forero, C., Cerón, E. (2006). Potencial Nutricional de Quínoa (*Chenopodium quinoa W.*) Variedad Piartal en los Andes Colombianos Primera Parte. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Vol 4 No.1. Colombia.
24. Tapia, M., Gandarillas, H., Alandia, S., Cardozo, A., Mujica, A. (1979). La quínoa y la kañiwa: Cultivos Andinos. CIID. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Bogotá- Colombia. p. 177- 182.
25. Canahua Murillo, A.; Valdivia Fernández, R.; Mujica Sánchez, A.; Allasi Ancori, M. (2003). Beneficios nutritivos y formas de consumo de la quínoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) y de la kañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*). CARE PERU Oficina Regional Puno, UNA/II Universidad Nacional del Altiplano- Instituto de investigación, CIRNMA Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Perú. p. 14-23.

Recibido: 08-04-2015

Aceptado: 04-08-2015