



NOTA CIENTÍFICA

Evaluación de los factores en el desamargado de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet)

Assessment of the factors in the debittering of tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet)

Gutiérrez, Ana; Infantes, Marcos; Pascual, Gloria; Zamora, Johnatan

Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Avenida La Molina s/n. Lima 12, Lima, Perú.

*Autor para correspondencia: ms.angutierrez@gmail.com (A. Gutiérrez).

Recibido 27 noviembre 2015. Aceptado 10 junio 2016.

RESUMEN

El tarwi, chocho o lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet) es una legumbre andina con gran potencial para ser consumida masivamente por el ser humano; ya que, según los resultados obtenidos, esta posee 11,5; 21,5; 53,2; 18,4; 1,9 y 23,4 % (b.s.) de humedad, grasa, proteína, fibra, cenizas y carbohidratos respectivamente; donde se resalta el alto contenido de proteínas y de grasa. Sin embargo, la presencia de alcaloides en todo el grano no permite su consumo directo y se requiere de un desamargado. Es por ello que se evaluaron cuatro factores: A: tiempo de cocción, B: tiempo de lavado, C: número de lavados y D: relación MP:agua. Mediante la aplicación de la metodología Taguchi, se confirmó que efectivamente estos cuatro factores tienen un efecto significativo sobre el contenido de alcaloides final de los granos de tarwi con un nivel de confianza del 95%.

Palabras clave: tarwi, *Lupinus mutabilis*, desamargado, alcaloides, metodología Taguchi.

ABSTRACT

Tarwi, chocho or lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet) is an Andean legume with a great potential to have a massive consumption because, according to the obtained results, it has 11.5, 21.5, 53.2, 18.4, 1.9 and 23.4 % (d.b.) of moisture, fat, protein, fibre, ash and carbohydrate content respectively; where the high content of proteins and fat can be highlighted. Nevertheless, the presence of alkaloids in the whole grain does not allow consuming it directly. Therefore, four factors were assessed: A: cooking time, B: lixiviation time, C: number of washings and D: raw material:water relation. Through Taguchi methodology, it was confirmed that these four factors have a significant effect on the final alkaloids content of tarwi grains, with a level of confidence of 95%.

Keywords: lupin, *Lupinus mutabilis*, debittering, alkaloids, Taguchi methodology.

1. Introducción

La creciente demanda de alimentos para consumo humano, así como el espiralado costo de la energía, desembocará en un incremento del cultivo de leguminosas en un futuro cercano. Algunas legumbres poseen la doble ventaja nutricional de ser capaces de proveer una alta proporción de peso seco como fuente de proteína de relativa buena calidad y también aceite comestible compuesto mayormente de ácidos grasos insaturados. Además, la capacidad de la planta para poder fijar nitrógeno ofrece una

forma sencilla de fertilizar los suelos (Schoeneberger *et al.*, 1982).

El tarwi o chocho, es una leguminosa originaria de los andes de Bolivia, Ecuador y Perú, tiene relevancia en la gastronomía de esos países desde la época prehispánica. Su alto contenido de proteínas, mayor que el de la soja, lo hace una planta de interés para la nutrición humana y animal. Según los especialistas, su consumo en sus diversas presentaciones, ayuda a los niños en su desarrollo cerebral y crecimiento, pues contiene calcio y aminoácidos (García, 2004). El contenido de proteína depende de

la especie de lupino. Sosa (2000) reporta para el *L. mutabilis* un contenido de proteína cruda de 43,07% (b.s), siendo la proteína más elevada respecto a otras variedades como *L. albus*, *L. angustifolius* y *L. luteus* que tienen 36,7; 31,1 y 41,8% respectivamente. Los granos enteros de tarwi son consumidos como snack o como ingrediente en ensaladas frescas o sopas. La harina de tarwi puede ser usada como insumo para alimentos procesados como galletas, comidas para bebés, hamburguesas, panes y fideos (Carvajal-Larenas *et al.*, 2013).

El aprovechamiento del tarwi en el mundo se ha limitado por la presencia de sustancias tóxicas, debido principalmente a que las semillas poseen en su estructura alcaloides quinolizidínicos, que le confieren cierto grado de toxicidad y un sabor fuertemente amargo. Estas sustancias protegen a la planta en el medio e impiden que la semilla sin tratamiento pueda ser aprovechada para consumo. El tarwi contiene más de 70 tipos de alcaloides, entre los que destacan los grupos de la lupanina y esparteína (Rodríguez, 2009). Las investigaciones se han ocupado en eliminar dichas sustancias, esencialmente con un enfoque agronómico y en segundo plano con enfoque industrial. A través del primer enfoque se han desarrollado, entre otros, especies como el lupino blanco (*L. albus*). En el caso del *L. mutabilis*, el mejoramiento agrícola no ha tenido grandes repercusiones ya que esto ha provocado la pérdida de sus características de resistencia. Actualmente el lupino andino se detoxifica mediante sucesivos lavados con agua que eliminan estas sustancias hasta niveles que permiten su consumo (Ortega *et al.*, 2010).

La mayoría de publicaciones acerca del desamargado del tarwi incluyen una etapa inicial de remojo de los granos que puede llegar a durar 20 horas para que este sea hidratado completamente y permita extraer los alcaloides en etapas posteriores. Luego continúa una etapa de cocción cuya duración varía entre 0.5 y 6 h, cuyo objetivo es inactivar las enzimas germinativas y deterioradoras (lipasas, lipooxigenasas) del grano, disminuir la carga microbiana superficial, reducir la pérdida de proteínas debido a su coagulación e incrementar la lixiviación de los alcaloides mediante el aumento de la permeabilidad de la pared

celular. Luego de que los granos han sido remojados y cocidos, la remoción de los alcaloides puede ser llevada a cabo de manera biológica, química o acuosa. Los procesos biológicos tales como la germinación, digestión biológica y fermentación están restringidos para granos con un contenido de alcaloides menor a 1,1 g / 100 g, los cuales pueden llegar a consumir una considerable cantidad de energía y durar 5 días. Los tratamientos químicos son viables para granos de tarwi con un contenido de alcaloides de 4,2 g / 100 g; sin embargo, las desventajas de estos procesos incluyen pérdidas de masa, incertidumbre respecto a la seguridad química del producto y un impacto ambiental negativo. El proceso acuoso para el desamargado del tarwi es el más empleado a nivel de hogar y comercial para remover los alcaloides. Este tratamiento es aplicado cuando el contenido de alcaloides supera los 4,2 g / 100 g. A pesar de que este proceso no es eficiente ya que tiene una duración de alrededor de 5 días, consume aproximadamente 63 kg de agua por kg de grano y genera altas pérdidas de sólidos (0,27 kg / kg materia seca); es aceptado como ventajoso su uso debido a que previene el despojo de productos químicos al ambiente y cambios en las características de calidad del producto como ocurre con los otros procesos de desamargado (Carvajal-Larenas *et al.*, 2013). En el presente trabajo de investigación, se evaluará los factores que afectan el proceso acuoso de desamargado con el fin de reducir el consumo de agua y sobre todo minimizar el tiempo de operación para que el desamargado pueda ser escalado a nivel industrial en un futuro de tal manera que se promueva su consumo y se motive a procesar esta legumbre que posee excelentes propiedades nutricionales.

2. Materiales y métodos

Tarwi crudo

El tarwi grano fue adquirido directamente de agricultores de la Sierra Central del Perú, específicamente de la ciudad de Tarma, región Junín.

2.1 Caracterización morfológica de los granos de tarwi crudo

La caracterización morfológica se realizó a los granos secos de tarwi crudo, con el fin de

obtener datos referenciales sobre tamaño y peso que son factores importantes en el procesamiento de los mismos y que pueden ejercer un impacto positivo o negativo en la absorción de agua durante el remojo, cocción y lavado. Se tomó una muestra de 50 granos. Esta caracterización se realizó en el laboratorio de Biotecnología de Alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias de la UNALM.

2.2 Análisis químico proximal del tarwi crudo

Para medir la humedad se siguió el procedimiento tal como se indica en el método AOAC 925.40 (2007). En el caso de la proteína cruda se empleó el método 950.48 AOAC (2007). Para la grasa total (extracto etéreo), se siguió el método 948.22 AOAC (2007). El resultado se reporta como el peso en porcentaje que representa el extracto etéreo del total de la muestra analizada. Respecto a las cenizas, se trabajó bajo las condiciones específicas según el método 950.49 AOAC (2007). La fibra cruda se cuantificó empleando el método 962.09 AOAC (2007). Finalmente, los carbohidratos (extracto libre de nitrógeno), se obtuvieron por diferencia.

2.3 Proceso de desamargado del tarwi

Se inició con el pesado de la materia prima, la cual luego es remojada con una proporción de materia prima: agua es de 1:6 (p/v) (determinada en pruebas preliminares). El tiempo de remojo fue de 12 horas a temperatura ambiente. Posteriormente, se eliminó el agua del remojo que tuvo una apariencia viscosa, y color amarillento, con fuerte olor a tarwi. La muestra remojada y escurrida se llevó a 90 °C en diferentes tiempos (30, 60 y 120 minutos) con una proporción de materia prima: agua 1:5 (p/v). Luego los granos fueron lixiviados. En esta etapa se evaluó el tiempo de lavado (1, 24 y 48 horas), el número de lavados (1, 5 y 10) y la relación materia prima:agua (1:3, 1:6 y 1:9) durante esta operación unitaria. Estos ensayos se realizaron a nivel laboratorio.

2.4 Cuantificación de alcaloides

Se empleó la metodología de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 390:2004. Se pesó 0,2 g de muestra molida de la semilla de tarwi en un tubo de centrífuga y se agregó 0,2 ml de NaOH al

15%. Se agregó luego 6 ml de cloroformo y se centrifugó la mezcla por 2 minutos a 3000 rpm. Se separó la fase clorofórmica en un vaso de precipitados y se repitió la extracción 10 veces. Se juntaron las fases clorofórmicas obtenidas y se evaporó el solvente en un rotavapor. Sobre el residuo se agregó 5 ml de ácido sulfúrico 0,01 N y 2 gotas del indicador rojo de metilo; se tituló el exceso de ácido con NaOH 0,01 N. El contenido de alcaloides se reporta como porcentaje de lupanina

2.5 Análisis de datos

Se empleó un diseño experimental Taguchi T9 con el fin de evaluar la significancia de los cuatro factores (tiempo de cocción, tiempo de lavado, número de lavados y relación materia prima:agua en lavado) que se evaluaron en los experimentos.

3. Resultados y discusión

3.1 Caracterización morfológica de los granos de tarwi crudo

En la Tabla 1 se pueden observar los valores de peso, espesor, longitud y ancho del grano.

Tabla 1. Características morfológicas del tarwi crudo

Característica	Valor
Peso (g)	0,2049 ± 0,0420
Espesor del grano (mm)	4,3 ± 0,3
Longitud del grano (mm)	9,3 ± 0,6
Ancho del grano (mm)	8,2 ± 1,0

3.2 Análisis químico proximal del tarwi crudo

Al realizar el análisis químico proximal a los granos de tarwi, se puede apreciar en la Tabla 2 el alto valor nutritivo de esta legumbre. Destaca el alto contenido de proteínas (53,2% b.s.) que este posee. Ortega *et al.* (2010) reporta un valor de 44,86% (b.s.). Este grano andino presenta una cantidad mayor de proteínas que la soya, donde se reportan valores de alrededor del 40% (Orf, 1988).

Otro valor elevado que puede rescatarse de este análisis es el contenido de grasa (21.5% b.s.), el cual incluso compite con algunas variedades de soya que poseen entre 20 y 25% de lípidos (Shahidi, 2005).

Tabla 2. Principales componentes químicos del tarwi

Componente	Valor
Humedad (g/100g m.s.)	11,5 ± 0,03
Grasa (g/100g m.s.)	21,5 ± 0,05
Proteínas (g/100g m.s.)	53,2 ± 0,07
Fibra (g/100g m.s.)	18,4 ± 0,01
Cenizas (g/100g m.s.)	1,9 ± 0,00
Carbohidratos (g/100g m.s.)	23,4 ± 0,10

Asimismo, la cantidad de fibra encontrada es relativamente alta (18,4% b.s.). Ortega *et al.*, (2010) encontró valores de 13,91% para la grasa y 8,58% para la fibra. Existe cierta diferencia entre los valores experimentales y los de la literatura; sin embargo, esto puede deberse a las variedades de tarwi que se analicen y al ambiente (clima, suelo, estrés, etc.) al cual haya sido expuesto.

3.3 Proceso de desamargado del tarwi

En la Tabla 3 pueden apreciarse los resultados de los experimentos para desamargar el tarwi. Antes de aplicar estos tratamientos, fue necesario remojar el tarwi durante 6 a 8 horas con agua en una relación MP: agua 1:6 (p/v). El fin de ablandar el tejido y eliminar la mayor cantidad de alcaloides totales durante el desamargado. La humedad inicial del tarwi fue de 12,7% en promedio, al cabo de 6 horas de remojo el grano atrapo agua y la humedad final que fue relativamente constante fue de 49,72%.

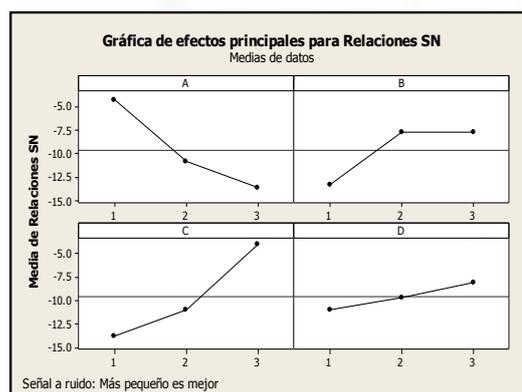
Tabla 3. Principales componentes químicos del tarwi

Treat.	Tiempo cocción (min)	Tiempo lavado (horas)	# de lavados	MP:agua en lavado	Cont. final alcaloides (g/g)
1	120	24,0	1	01:09	0,0980
2	60	1,0	5	01:09	0,0982
3	30	48,0	10	01:09	0,0058
4	30	24,0	5	01:06	0,0352
5	30	1,0	1	01:03	0,0117
6	60	24,0	10	01:03	0,0979
7	60	48,0	1	01:06	0,0981
8	120	1,0	10	01:06	0,0979
9	120	48,0	5	01:09	0,0979

Camarena *et al.* (2013) realizaron el remojo durante 12 horas con la misma proporción de agua utilizada, donde las semillas de tarwi tuvieron ganancia de agua, en el caso de la variedad Altagracia, tuvieron un aumento de agua en el grano de 35% con respecto al inicial. El mismo autor afirma que la etapa de remojo juega un rol importante en la ganancia de peso del grano de lupino a diferencia de otras etapas. Algunos autores

como Sosa (2000) realizó el remojo por más de 18 horas, sin embargo tanto tiempo puede influir negativamente porque es más tiempo de salida de nutrientes de las semillas, incluido proteínas solubles en agua.

Una vez remojadas y escurridas las semillas, se cocinaron durante 30, 60 y 120 minutos en agua en proporción MP: agua 1:5 (p/v). Carvajal *et al.* (2013), realizaron varios tratamientos de cocción (1, 3, 6 horas) y si bien es cierto que se inactivan enzimas y que a mayor tiempo de cocción se eliminan más sólidos y coagulan proteínas, este tiene un límite, ya que el consumo de energía es mucho mayor y también el peso del producto se incrementa, y han determinado que el tiempo máximo y óptimo de cocción es de 60 minutos ya que a un menor tiempo de proceso, se minimiza también la energía consumida y la concentración de alcaloides. Es por ello que en las pruebas realizadas a cocción mayor a 1 hora, el contenido de alcaloides no pudo ser cuantificado como se esperaba.

**Figura 1.** Efectos principales para relaciones SN.

Al aplicar la metodología Taguchi, según la Figura 1, todos los factores (A: tiempo de cocción, B: tiempo de lavado, C: número de lavados y D: relación MP:agua) cruzan las medias de relaciones señal-ruido respectivas por lo que todos ellos tienen un efecto significativo sobre el contenido de alcaloides con un nivel de confianza de 95% ($\alpha=0,05$). El número de lavados y la proporción MP: agua también es un factor determinante en el contenido de alcaloides finales. Carvajal *et al.* (2013) indica que si el cambio de agua de lavado es más frecuente, la pérdida de alcaloides y sólidos será mayor y que esto se ve también incrementado por la presencia de un agitador, es más, los autores indican que este último factor es más importante incluso

que la frecuencia de cambio de agua. Si el agua es cambiada con menor frecuencia y la proporción respecto a la materia prima es menor, lo que sucederá es que el agua se saturará más rápido impidiendo así la salida de sólidos y alcaloides. Carvajal *et al.* (2013) después de sus análisis, indica que el tiempo y número de lavadas óptimas en esta etapa es de 3 lavadas por día durante 22 horas.

Según Mori y Paz (2008) el contenido de alcaloides en las semillas de lupino sin desamargar van de 0,02 a 4,45%, la FAO (1982) reporta que para que las semillas sean consumibles para el hombre, el contenido de alcaloides debe oscilar entre 0,002 a 0,02%. Si la semilla tiene un contenido de alcaloides mayor a 0,1%, es sensorialmente perceptible y por tanto tiene sabor amargo, que, en caso de ser consumido, puede ocasionar una intoxicación (Glorio, 1999).

Por lo que, los resultados obtenidos experimentalmente, se encuentra dentro de la recomendación de la FAO, así, el menor valor obtenido fue para la tercera corrida con un valor de 0,0058%, los valores extremos, por el otro lado, tienen valores superiores al 0,09% y justamente estos pertenecen a las muestras que fueron cocidas por más de 1 hora, pudiéndose establecer una relación entre retención de alcaloides y tiempo de cocción.

4. Conclusiones

Según los resultados obtenidos, puede decirse que las semillas de *L. mutabilis* cosechadas en la Sierra Central del Perú presentan características composicionales comparables a materias primas convencionales como la soya. Esto garantiza calidad y alto valor nutricional que puede ser útil en la alimentación humana y animal con posibilidades de aplicación en diversos renglones de la industria. Además, fue posible determinar que los 4 factores evaluados tienen un efecto significativo sobre la reducción en el contenido de alcaloides de los granos de tarwi.

Referencias

- AOAC (Association of Official Analytical Chemistry). 2007. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemistry, Washington D.C. EUA.
- Camarena, F.; Jiménez, J.; Glorio, P.; Huaranga, A.; Osorio, U.; Mostacero, E.; Patricio, M.; Tirado, A.; Castro, J. 2013. Evaluación de diez ecotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) con alto potencial productivo e industrial en el Perú. I Ed. UNALM-CONCYTEC. 189 pp.
- Carvajal-Larenas, F.; Nout, M.; Van Boekel, M.; Koziol, M. & Linnemann, A. 2013. Modelling of the aqueous debittering process of *Lupinus mutabilis* Sweet. LWT - Food Science and Technology 53: 507-516.
- FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1982. El cultivo y la utilización del tarwi: *Lupinus mutabilis* Sweet. Número 36 de FAO. Plant production and protection papers. 236 pp.
- García, L. 2004. Quinolozidine Alkaloids Isolated From *Lupinus* Species Enhance Insulin Secretion. Eur Pharmacology 1(2): 139-142.
- Glorio, P. 1990. Evaluación de la calidad de un producto deshidratado a base de papa (*Solanum tuberosum* L.) lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet) y huevo. Tesis Mg. Sc. Industrias Alimentarias.
- INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización). 2005. Norma Técnica Ecuatoriana 2 390:2004. Leguminosas. Grano desamargado de chocho, Requisitos. Primera Edición. Quito – Ecuador. 11 pp.
- Mori, L.; Paz, R. 2008. Eliminación de alcaloides en el tarwi (*Lupinus mutabilis*) mediante lavado con agua a diferentes pH. Rev. CC. Biol. 6: 48-53.
- Orf, J. H. 1988. Modifying soybean composition by plant breeding. En. L. McCann (ed.). Proceedings: soybean utilization alternatives. University of Minnesota, St. Paul, February 16–18. p. 131.
- Ortega, E.; Rodríguez, A.; David, A.; Zamora, A. 2010. Caracterización de semillas de lupino (*Lupinus mutabilis*) sembrado en los Andes de Colombia. Rev. Acta Agronómica 59(1): 111-118.
- Rodríguez, A. 2009. Evaluación “in vitro” de la Actividad Antimicrobiana de los Alcaloides del Agua de Cocción del Proceso de Desamargado del Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Tesis para obtener el título de Bioquímico Farmacéutico. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
- Schoeneberger, H.; Gross, R.; Cremer, H.; Elmadfa, I. 1982. Composition and protein quality of *Lupinus mutabilis*. J. Nutr. 112: 70-76.
- Shahidi, F. 2005. Bailey's Industrial Oil and Fat products. Sexta Edición. Editorial Wiley Interscience. New Jersey, EUA. 3616 pp.
- Sosa, I. 2000. Influencia de dos métodos de extracción de un aislado proteico de lupino (*Lupinus mutabilis*) en sus propiedades funcionales. Tesis de Magister. UNALM. Lima – Perú. 197 pp.