

# Potencial del tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) como futura fuente proteínica y avances de su desarrollo agroindustrial

G.R. Suca A.<sup>1</sup>, C.A. Suca A.<sup>2</sup>

(Recibido 28/08/2015 / Aceptado 16/10/2015)

## RESUMEN

El principal fortaleza de las leguminosas es la de sostener la producción global de proteínas, mitigando la falta de fuentes de proteínas de origen animal. Entre las legumbres, el tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) es una de las fuentes más importantes de proteínas, especialmente en los países andinos. Además, las plantas de tarwi permiten la fijación de nitrógeno atmosférico y puede ser usado como cultivo rotativo en una agricultura ambientalmente sostenible. Sus semillas contienen más proteínas que la soya, es una fuente excepcionalmente nutritiva de amino ácidos esenciales. También posee un considerable contenido de lípidos buenos para la salud. Este trabajo se enfoca en la química de sus principales componentes (proteínas y lípidos), así como sus propiedades funcionales. También revisa los aspectos relacionados a la tecnología del desamargado y sus aplicaciones agroindustriales.

**Palabras clave:** Tarwi, fuentes de proteína, aislados de proteína, propiedades funcionales, lípidos.

## Potential of lupin (*Lupinus mutabilis Sweet*) as a future protein supply and its agro-industrial developments

## ABSTRACT

The main potential of legumes is to support global protein production, mitigating the lack of animal-source proteins. Among the legumes, lupin (*Lupinus mutabilis*) is one of the most important sources of proteins, especially in Andean countries. In addition, lupin plants enable fixation of atmospheric nitrogen and can be used as a rotation crop in an environmentally sustainable agriculture. Its seeds contain more proteins than soy beans, it is an exceptionally nutritious source of essential amino acids. It also has a considerable content of healthy lipids. This review focuses on the chemistry of main components of lupin seeds (proteins and lipids); as well as its functional properties. It also reviews the aspects of debittering technology and its industrial applications.

**Keywords:** Lupin, protein source, protein isolate, functional properties, lipids.

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad César Vallejo, gsuca@ucv.edu.pe.

<sup>2</sup> Departamento Académico de Procesos, Facultad de Química e Ingeniería Química, UNMSM, csucaa@unmsm.edu.pe

## I. INTRODUCCIÓN

El tarwi, conocido como chocho en Ecuador y norte del Perú, tarhui al sur del Perú y Bolivia, altramuz o lupino en España; es una leguminosa de origen andino, perteneciente a la familia *Leguminosae* (*Fabaceae*), género *Lupinus*, cuyo nombre científico es *Lupinus mutabilis Sweet*. Fue domesticada hace más de 1500 años<sup>[1,18,19]</sup> y, en la época del imperio incaico, era un alimento significativo en la dieta de los pobladores alto andinos<sup>[19]</sup>.

Los granos de tarwi son excepcionalmente nutritivos; su proteína es rica en lisina, un aminoácido esencial presente en cantidades limitadas en muchas otras fuentes vegetales. Tiene un alto contenido de grasas que en la mayor parte de su composición posee ácidos grasos beneficiosos para la salud. Con todo ello, el tarwi es una planta cuyas propiedades nutricionales, en algunos casos, supera a la soya, considerada esta última como la fuente proteínica y oleaginosa más importante a nivel mundial<sup>[16]</sup>.

Otra de las ventajas del tarwi es su amplio margen de adaptación a diferentes altitudes; lugares en donde otros cultivos no prosperarían. Actualmente, el tarwi se produce en terrenos ubicados desde los 1500 a 3800 msnm<sup>[17,23,45]</sup>. A esto habría que sumar su capacidad de fijación de nitrógeno. Por muchos años, el tarwi ha sido utilizado para enriquecer los suelos andinos. Jacobsen y Mujica<sup>[1]</sup>, mencionan que el tarwi fija nitrógeno atmosférico en cantidades apreciables de 100 kg/ha, restituyendo la fertilidad del suelo. Repo-Carrasaco<sup>[16]</sup> menciona que la fijación se da a una tasa de 150 a 200 kg/ha de nitrógeno al año, mientras que otros autores mencionan que es un excelente abonador orgánico y es capaz de fijar nitrógeno hasta 400 kg/ha<sup>[19]</sup>. Mucho del nitrógeno fijado permanece en el suelo y está disponible para otros cultivos. Con los altos precios y la escasez de fertilizantes, el tarwi puede llegar a ser muy importante al momento de rotar cultivos<sup>[19]</sup>.

Dentro de los lupinos de origen americano, el tarwi es el único que posee semillas grandes; condición que es un requisito para considerarlo como cultivo agroindustrial. Sin embargo, el principal obstáculo para utilizar el tarwi a escala industrial ha sido su alto contenido de sustancias amargas, conocidas como alcaloides<sup>[2,5,13,44]</sup>. Sus posibilidades de volverse en un cultivo agroindustrial de gran demanda se ven imposibilitadas debido a la presencia de estas sustancias. Aunque existe la tecnología para desamargar los granos, la disminución de su consumo se ha debido a esta limitación. Además, la conquista fue la responsable por la destrucción de las formas tradicionales del cultivo y los hábitos nutricionales a base de tarwi, desarrollados por la población precolombina<sup>[2]</sup>. La producción y utilización del tarwi en sudamérica disminuyó considerablemente debido a la influencia europea en los hábitos alimentarios de la gente<sup>[10]</sup>. Por lo tanto, el desarrollo de una variedad de productos de tarwi es de gran importancia<sup>[12]</sup>, si se quiere revalorarlo e incrementar su consumo. La condición carente de fuentes proteínicas entre los pobladores de la región andina y de otras partes del planeta podría ser mejorada grandemente a través del consumo de esta leguminosa.

El interés por los cultivos andinos y sus cualidades nutricionales se renueva cuando la ONU declara al año 2013 como el Año Internacional de la Quinua. El inesperado interés por la quinua que generó esta designación ha motivado las alzas en los precios y en la demanda, lo que a su vez ha generado un incremento en las áreas sembradas y cosechadas. Esto trae consigo consecuencias no previstas. Las plantaciones de quinua están provocando una alta carga productiva en los suelos donde se produce, empobreciéndolos y provocando, en el corto plazo, la implantación de monocultivos en lugares donde se privilegiaba la diversidad en la siembra. Entonces, para soportar las altas cargas de producción, se tendrá que acudir a la rotación de cultivos a fin de no empobrecer

el terreno y volverlo improductivo. Es ahí cuando acudimos al tarwi, como un cultivo de rotación, pues, además de las ventajas ya mencionadas, esta leguminosa tiene exigencias edafoclimáticas muy similares a la quinua, lo que no será problema al momento de sembrar tarwi en las mismas parcelas donde se sembraron quinua.

Este artículo revisa y actualiza los principales aportes en las investigaciones sobre tarwi. Se realiza un análisis de las regiones productoras actuales y se pone énfasis en la química de sus componentes principales (proteínas y lípidos), así como de sus propiedades funcionales. También se revisan los aspectos sobre el desamargado y sus principales aplicaciones agroindustriales.

## II. REGIONES PRODUCTORAS Y RENDIMIENTOS

El tarwi se cultiva desde Venezuela hasta Bolivia<sup>[31]</sup>, norte de Chile y norte argentino<sup>[19]</sup>; regiones que, dicho sea de paso, son las zonas de origen de esta leguminosa. Sin embargo, en la actualidad se cultiva mayormente en Ecuador, Perú y Bolivia, bajo distintos sistemas de producción<sup>[1,19]</sup>. En Ecuador, se cultiva en las provincias de Cotopaxi, Chim-

borazo, Tungurahua, Imbabura, Pichincha y Bolívar<sup>[26,46]</sup>. Las principales regiones productoras en Perú son la sierra de La Libertad, Cuzco, Puno y Huánuco<sup>[20,33]</sup>; mientras que en Bolivia, las áreas de cultivo se encuentran en el altiplano norte de La Paz y en los valles interandinos de Cochabamba, Chuquisaca y Potosí<sup>[23,37]</sup>. Las zonas productoras antes mencionadas se encuentran ubicadas a lo largo de la cordillera de los Andes, dentro de un rango de altitud que comprende desde 1500 hasta 4000 msnm<sup>[17,23,37,45,46]</sup>.

Las tasas de producción de tarwi en Ecuador alcanzaron 1 700 t y un rendimiento de 0,38 t/ha<sup>[22]</sup> para el año 2013. Para el caso boliviano, no se encontraron estadísticas actuales de producción; sin embargo, Enriquez Ral-de<sup>[23]</sup> estima que para el 2004, la superficie plantada de esta leguminosa fue de 4 000 ha. El Ministerio de Agricultura (MINAG) del Perú<sup>[20]</sup> reportó una producción total de 12 100 t para el 2014 y un rendimiento de 1,3 t/ha. La producción de tarwi para el Perú se presenta en la Figura 1<sup>[22]</sup>. Se observa que la producción ha tenido un comportamiento fuertemente cíclico desde 1980 al 2000; incrementándose la producción de manera más sostenida a partir del 2006.

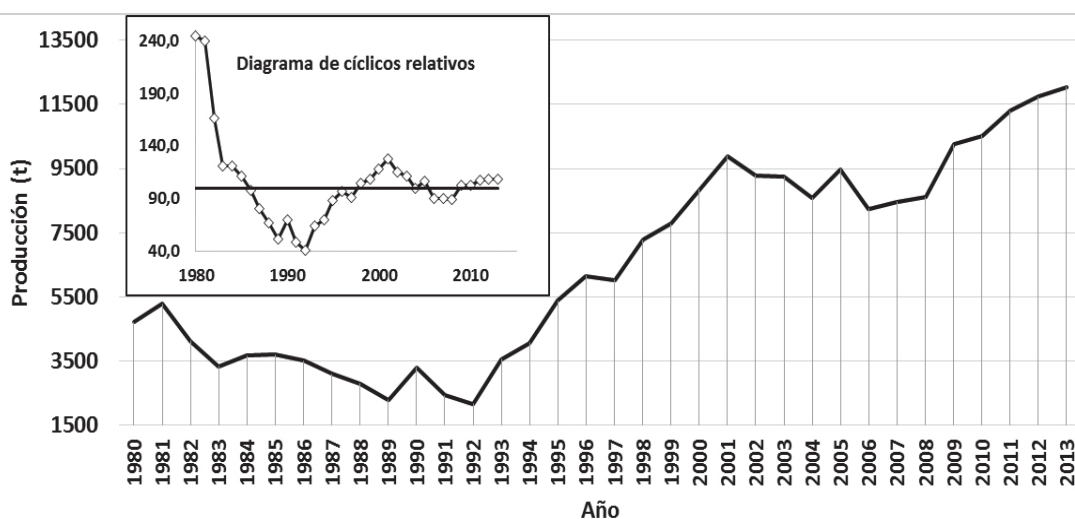


Figura 1. Producción de tarwi en el Perú, según la FAO<sup>[22]</sup>.

Los rendimientos (t/ha) de las principales leguminosas cultivadas en el Perú, según las estadísticas del MINAG para el 2014, fueron: frijol 1,2; pallar 1,7; zarandaja 1,2; garbanzo 1,2; lenteja 1,0; haba 1,4 y arveja 1,1. Para el caso del tarwi, el rendimiento fue de 1,3 t/ha. Con esto se demuestra que la productividad actual del tarwi es muy similar a las leguminosas más conocidas y consumidas en el Perú.

Debido a sus ventajas y propiedades, Europa ha mostrado mucho interés en *Lupinus mutabilis*, sobre todo Francia y España<sup>[37]</sup>. La historia del tarwi en ese continente se remonta a los años 1970. Su alto valor nutricional, su comportamiento fotoperiódico indistinto, vainas que no se parten (dihiscencia), grandes semillas blancas y adaptabilidad a condiciones climáticas moderadas, hicieron de esta leguminosa un cultivo promisorio en Europa. Caligari *et al.*<sup>[18]</sup> reportan un rendimiento promedio de 1,1 t/ha. Dicho valor fue obtenido del rendimiento de 16 genotipos sembrados en dos años consecutivos y en cinco lugares dentro del continente en mención.

En relación a una productividad ideal, Cremer<sup>[44]</sup> menciona que bajo condiciones óptimas se puede obtener hasta 7 500 kg/ha. Este valor es incluso superior a lo mencionado por Jacobsen y Mujica<sup>[1]</sup> quienes indican que puede llegar a producirse de 3 500 a 5 000 kg/ha, cuando el cultivo es conducido en forma adecuada y se le proporciona todos sus requerimientos en forma oportuna. Existen reportes de productividad de hasta 4 000 kg/ha de tarwi<sup>[13]</sup>, lo que corrobora lo dicho por Jacobsen, Mujica y Cremer<sup>[1,13,44]</sup>.

La Figura 2 muestra las regiones más productivas de tarwi en el Perú, siendo La Libertad la región con la mayor producción (4 600 t en el 2014), que representa el 38% de la producción nacional. Le siguen Cusco, Puno, Huánuco y Ayacucho con 2 200; 1 700; 700 y 700 t, respectivamente; que juntos representan un poco más del 80% de la producción total nacional.

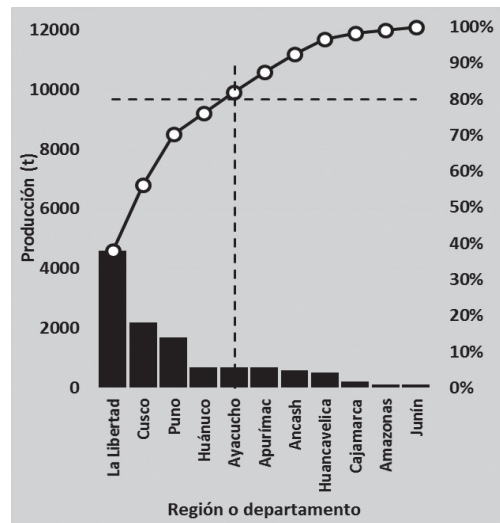


Figura 2. Principales regiones productoras de tarwi en el Perú - 2004, según el MINAG<sup>[20]</sup>.

Con menor aporte se encuentran las regiones de Apurímac, Ancash, Huancavelica, Cajamarca, Amazonas y Junín, las cuales, juntas producen aproximadamente el 18% del total nacional.

### III. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ASPECTOS NUTRICIONALES DEL TARWI

#### Composición Química

Es conocido que el tarwi es rico en proteínas y grasas, motivo por el cual se debería promover un mayor consumo de esta leguminosa<sup>[17]</sup>. Su contenido proteico es incluso superior al de la soya, ya que supera en algunos casos el 50%; mientras que su contenido graso es muy similar a esta (Tabla 1)<sup>[5,17,32,48]</sup>. Estudios realizados en más de 300 genotipos diferentes muestran que la proteína varía de 41% a 51% y el aceite de 14% a 24%<sup>[1,2]</sup>. Hatzold *et al.*<sup>[10]</sup> reportan valores muy similares para proteínas (37,7% a 49,7%) y grasas (12,8% a 22,2%). Por su parte, Cremer<sup>[44]</sup> y Schoeneberger *et al.*<sup>[6]</sup> mencionan que la composición del tarwi es casi similar al de la soya, con 32 a 40% de proteína y 17 a 23% de contenido graso<sup>[44]</sup>; 47% de proteínas y 20% de grasas, en base seca<sup>[6]</sup>.

**Tabla 1.** Composición química del tarwi y otras leguminosas (en base seca).

Componente	Tarwi <sup>a</sup>	Maní <sup>a</sup>	Soya <sup>b</sup>	Frijol <sup>c</sup>	Lenteja <sup>c</sup>
Proteína	51,1	27,0	40,0	24,5	26,5
Grasa	20,4	42,0	21,0	1,9	1,3
Carbohidrato	26,1	19,0	34,0	69,2	69,6
Ceniza	2,4	2,0	4,9	4,4	2,6

<sup>a</sup>Datos obtenidos de la referencia<sup>[32]</sup>.

<sup>b</sup>Datos extraídos de BaduiDergal<sup>[38]</sup>.

<sup>c</sup>Datos obtenidos de la Tablas peruanas de composición de alimentos<sup>[40]</sup>.

El tarwi y la soya son considerados como leguminosas de contenido medio de aceite, y por ello son fuentes oleaginosas; mientras que el frijol y la lenteja son leguminosas almidonosas, por tener altos contenidos de carbohidratos (almidón y fibra) que representan un poco más del doble de los que presentan el tarwi y la soya. Gracias a ese contenido graso del tarwi es que ha despertado el interés por conocer mejor sus propiedades funcionales. Caligari *et al.* (2000)<sup>[18]</sup> manifiestan que de todas las especies de lupino, el *Lupinus mutabilis* es el que posee el mayor porcentaje de grasas y proteínas en sus granos. Las adaptaciones agronómicas del tarwi que se realizaron en suelo europeo dieron como resultado granos con un contenido proteico máximo de 50,2% y un máximo de grasa de 23,6%. Los rangos amplios tanto en el contenido proteico como

lipídico del tarwi se debe probablemente a la diferencia en las condiciones edafoclimáticas en que es cultivado<sup>[10,46]</sup>.

La composición de aminoácidos presentes en las semillas de tarwi, así como el patrón dado por la FAO, se muestra en la Tabla 2. Los aminoácidos limitantes del tarwi son los aminoácidos azufrados (Met y Cys). Hove *et al.*<sup>[4]</sup> llegó a la misma conclusión; es más, su estudio abarcó una decena de leguminosas (soya, tarwi, arvejas, frijol y haba) en las que determinó entre otros aspectos, el perfil aminoacídico de estas especies, llegando a la conclusión de que todas tienen como aminoácidos limitantes a la metionina. En general, las leguminosas son deficientes en aminoácidos azufrados. En contraste, las semillas de tarwi son ricas en lisina y cisteína en comparación con sus similares especies de *Lupinus* del mediterráneo<sup>[11]</sup>.

**Tabla 2.** Composición de aminoácidos de la fracción proteica de semillas de tarwi.

Aminoácido	Semillas de tarwi cocidas y desamargadas (g/16 g N) <sup>a</sup>	Semillas crudas de tarwi (g/16 g N) <sup>b</sup>	Proteína de referencia FAO <sup>b</sup>
Isoleucina	5,3	4,8	4,0
Leucina	7,9	7,0	7,0
Lisina	5,6	5,9	5,5
Metionina	0,5	0,4	2,0
Cisteína	1,4	1,2	
Met+Cys	1,9	1,6	3,5
Fenilalanina	4,2	4,3	
Tirosina	3,9	3,6	
Phe+Tyr	8,1	7,9	6,0
Treonina	3,6	3,8	4,0
Triptófano	0,7	0,7	1,0
Valina	4,5	4,2	5,0

<sup>a</sup>Schoeneberger *et al.*<sup>[5]</sup>.

Las semillas de tarwi contienen dos tipos de proteínas de reserva: globulinas, que constituyen más del 80% del total de proteínas<sup>[11,48]</sup>; y albúminas, que se distinguen en función de su solubilidad y tamaño<sup>[48]</sup>.

El contenido de grasa entarwi es muy significativo, considerando que las principales fuentes oleaginosas presentan contenidos incluso menores que los que se dan en esta leguminosa. La Tabla 3 presenta la composición de ácidos grasos de diferentes muestras de tarwi.

**Tabla 3.** Composición de ácidos grasos de diferentes muestras de tarwi (% del total de ácidos grasos).

Ácido graso	Aceite refinado de tarwía	Aceite de tarwi dulce "Inti" <sup>b</sup>	Aceite de tarwi dulce "Line 2150" <sup>b</sup>	Aceite de tarwi des-amarg.var. "andino" <sup>c</sup>	Tarwi amargo var. "andino" <sup>c</sup>	Tarwi semidulcec	Manic	Soyac
Mirístico, 4:0	1,3			Trazas	0,6	0,3	0,1	
Palmítico, 16:0	13,2	13,9	13,4	11,3	13,4	9,8	11,0	11,0
Palmitoleico, 16:1	1,4			0,2	0,2	0,4		
Esteárico, 18:0	4,7	3,0	2,8	7,3	8,5	7,8	3,0	4,0
Oleico, 18:1	42,3	41,7	41,2	52,5	54,0	53,9	55,0	22,0
Linoleico, 18:2	34,1	38,8	39,6	28,4	37,1	25,9	28,0	55,0
Linolénico, 18:3	3,1	2,6	3,0	3,0	3,0	2,6	1,0	8,0
Araquídico, 20:0	Trazas				0,2	0,6	1,5	0,4
Docosanoico, 22:0	trazas							

<sup>a</sup> Hatzold *et al.*<sup>[10]</sup>

<sup>b</sup> Gross *et al.*<sup>[2]</sup>

Como se puede observar en la Tabla 3, el aceite de tarwi contiene principalmente ácidos grasos insaturados<sup>[5,10]</sup>. El ácido oleico es el ácido graso principal en la composición del aceite (41% a más)<sup>[2,10]</sup>, seguido del ácido linoleico (26% a más). Los ácidos palmítico, esteárico y linoleico, juntos son responsables del 20% en la composición<sup>[2]</sup>. La baja concentración del ácido linolénico es beneficioso para su estabilidad<sup>[5]</sup>, ya que como se sabe, cuanto más insaturado es el ácido graso (mayor número de dobles enlaces en su cadena) mayor es la susceptibilidad a la rancidez oxidativa<sup>[36]</sup>.

La composición de ácidos grasos del aceite de tarwi es muy similar al del maní y algo diferente al de la soya (Tabla 3). Se puede observar que ambos tienen las mayores proporciones en ácido oleico y linoleico. El aceite de soya presenta mayor proporción de ácido linoleico (55%) y 22% de ácido oleico; es decir, lo contrario del tarwi y el maní. Por otro lado, Schoeneberger *et al.*<sup>[5]</sup> y Hatzold

*et al.*<sup>[10]</sup> destacan que el aceite de tarwi no contiene ácido erúrico como sus parientes mediterráneas (como *L. angustifolius*); lo cual es una ventaja ya que este ácido es potencialmente tóxico.

Pese a su alto valor nutritivo, el tarwi no ha podido competir con otras leguminosas con menores cualidades nutricionales. La desventaja no se debe a su rendimiento, pues como hemos visto, este es muy similar a otras leguminosas y en condiciones ideales incluso se obtienen rendimientos muy superiores. El principal obstáculo para utilizar el tarwi como fuente proteínica ha sido su alto contenido de sustancias amargas, conocidas como alcaloides<sup>[2,5,13,44]</sup>. Estas quinolizidinas, como se conoce técnicamente a dichas sustancias, se pueden extraer a través de un laborioso proceso de desamargado que lleva varios días de tratamiento; y que consiste en un proceso de cocción y remojo a fin de extraer los alcaloides y tornar comestible los granos<sup>[2]</sup>. Tapia<sup>[17]</sup> manifiesta que con el

desamargado, los granos de *Lupinus mutabilis* pueden utilizarse sin problemas en la alimentación humana, siempre que se haya reducido su contenido de alcaloides hasta un límite aceptable.

Hatzold *et al.*<sup>[10]</sup> reporta un rango de contenido de alcaloides en tarwi que va de 2,56 (g/100g) hasta 4,14 (g/100g). Los granos que fueron llevados originariamente del Perú a Europa, obtuvieron un porcentaje alto de alcaloides (4,2%), lo cual se considera la mayor desventaja en términos de calidad comestible de la semilla<sup>[10,44]</sup>.

Gross *et al.*<sup>[2]</sup> reporta que la lupanina es el alcaloide principal, y da cuenta del 80% del total de alcaloides presente. Hatzold *et al.*<sup>[10]</sup> presenta un contenido de 53,6% de lupanina en las muestras de tarwi que obtuvo en su evaluación. Está acompañada de tetrahidrorombifolina, 4-hidroxilupanina y 13-hidroxilupanina como componentes menores. Adicionalmente, se incluye a la esparteína como componente alcaloideo, aunque de menor importancia<sup>[10]</sup>.

Existen dos maneras de disminuir el contenido de alcaloides en tarwi. El primero es por un proceso de desamargado, el cual detallaremos más adelante; y el segundo es a través de la búsqueda de variedades con menor contenido alcaloideo<sup>[44]</sup>. Empleando esta última estrategia, Gross y von Baer iniciaron un programa de reproducción para la selección de variedades de bajo contenido de alcaloides<sup>[2]</sup>. Tras la culminación de su trabajo, obtuvieron una variedad "dulce", cuyos granos presentaban un contenido de alcaloides menor a 0,05%. Efectivamente, reportan dos variedades denominadas Inti y Línea 2150, cuyos contenidos de alcaloides fueron 0,0075% y 0,015%, respectivamente.

Los niveles de alcaloides comprendidos en un rango de 10 a 25 mg/kg se consideran tóxicos para niños pequeños; mientras que niveles de 25 a 45 mg/kg son tóxicos para adultos<sup>[44]</sup>. Para que el consumo de tarwi sea seguro, el contenido de alcaloides debe estar por debajo de 0,02%<sup>[12]</sup>. Schoeneberger *et*

*al.*<sup>[13]</sup> presentó los resultados de un estudio sobre la seguridad en la alimentación de ratas con tarwi desamargado por lavado y cocción en un período de 12 semanas. Las diferencias en los distintos índices biológicos evaluados y observados no se consideran como toxicológicamente significativos. La ausencia de actividad inhibitoria de tripsina y hemaglutinina, que pueden estar presentes en algunas variedades se debe al proceso de cocción que destruye a estos compuestos termolábiles<sup>[13]</sup>. Concluyen que los granos desamargados de tarwi pueden jugar un rol importante en la nutrición humana como una fuente importante tanto de proteínas como de calorías.

### Aspectos nutricionales

Schoeneberger *et al.*<sup>[5,6]</sup> estudiaron la calidad de las proteínas de varios derivados de tarwi, concluyendo que todas las proteínas muestran bajos valores de PER (relación de eficiencia proteica). Pero cuando estas proteínas fueron suplementadas con metionina, los valores de PER fueron iguales a 3,05; lo cual es prácticamente igual al de la caseína. Los valores equivalentes a granos de tarwi cocidos y desamargados fueron similares, sugiriendo que la cocción no mejora la calidad de las semillas.

Por otro lado, parece ser que los granos de tarwi no contienen factores termolábiles antinutritivos a un nivel fisiológicamente importante. Este hallazgo no es sorprendente, debido a las bajas concentraciones de inhibidores de tripsina y hemaglutininas<sup>[5]</sup>. Adicionalmente, los estudios toxicológicos que Schoeneberger *et al.* (6) llevaron a cabo demostraron que *Lupinus mutabilis* es seguro después de la remoción de los alcaloides.

La digestibilidad de las proteínas de tarwi es alta (sobre 80%) considerando que la mayoría de leguminosas como arvejas y frijoles tienen valores por debajo de 80%<sup>[6]</sup>. Las proteínas de tarwi poseen sorprendentemente un alto valor de digestibilidad verdadera (Tabla 4); cuyo valor es 92% y que es casi equivalente a la digestibilidad de la caseína<sup>[6]</sup>.

Otro aspecto que se puede notar de los datos presentados en la Tabla 4 es que los valores de NPU (utilización neta de proteína) y VB (valor biológico) son bajos para los granos cocidos y desamargados en comparación con los granos cocidos y desamargados adicionados con 0,2% de metionina. Luego de la suplementación con metionina, el porcentaje de N retenido se incrementó de 35% a más de 60% y llega a ser un valor cercano al de la caseína, que fue de 68,3. El valor biológico también llegó a mejorar de la misma forma luego de la suplementación.

Las leguminosas son deficientes en aminoácidos sulfurados como la metionina, y esa es la razón por la que estas se complementan muy bien con las proteínas provenientes de cereales, las cuales no son deficitarias (en su mayoría) en dichos aminoácidos.

#### IV. PROPIEDADES FUNCIONALES

La elección de los alimentos hecha por los seres humanos está basada mayoritariamente en las propiedades sensoriales tales como la textura, sabor, color y apariencia. Dichas propiedades son el resultado de interacciones complejas entre los componentes mayoritarios y minoritarios de los alimentos<sup>[36,38]</sup>. Los componentes alimenticios que tienen una fuerte influencia en las propiedades sensoriales son las proteínas, grasas y carbohidratos<sup>[35]</sup>. Durante la fabricación se los utiliza como insumos, ya sea en forma pura o concentrada.

Las proteínas más utilizadas son las de origen animal; por ejemplo la caseína de la leche, proteínas del huevo y de la carne<sup>[36]</sup>. Por otro lado, las proteínas de origen vegetal como de la soya y otras fuentes se utilizan en una extensión limitada en alimentos convencionales<sup>[38]</sup>; debido a que las proteínas de origen animal muestran mejores propiedades funcionales que las de origen vegetal. En la Tabla 5 se enlistan las principales propiedades funcionales de diferentes fuentes de proteínas junto a los alimentos en

los que se agregan para lograr los atributos sensoriales deseados.

Las grasas, por otro lado, se utilizan en forma pura y provienen de distintas fuentes. Las grasas más utilizadas pueden provenir de animales, aceites de pescado y grasas y aceites de origen vegetal. Entre sus propiedades funcionales están aquellas conocidas como propiedades térmicas de los lípidos; y son: propiedades de fusión y comportamiento de cristalización.

Estas propiedades se presentan tanto en los lípidos obtenidos de la fuente como aquellos que han sido modificados a través de procesos químicos como la hidrogenación e interesterificación; procesos que se llevan a cabo para mejorar sus propiedades funcionales así como ampliar su rango de aplicación en diferentes productos transformados. El análisis de las propiedades de los lípidos se refiere fundamentalmente a los triacilgliceroles, que son los lípidos más abundantes y los de mayor importancia en el procesamiento de alimentos.

Los carbohidratos son el otro grupo mayoritario que se encuentra en los alimentos. Dentro de estos, los polisacáridos como el almidón y sus derivados, la pectina y algunos derivados celulósicos juegan un papel importante en las propiedades sensoriales de los alimentos, y se les utiliza de forma aislada o pura. Las propiedades funcionales de los almidones tienen que ver con su temperatura de gelatinización y retrogradación.

En los tres grupos de compuestos mencionados, existe una estrecha relación entre su composición molecular y sus propiedades sensoriales. Por ejemplo, para el caso de las proteínas, la composición aminoacídica de la fuente estará directamente relacionada con sus propiedades funcionales. Lo mismo sucede con los lípidos. Si los triacilgliceroles están compuestos en su mayoría por ácidos grasos de doble enlace (i.e., ácidos grasos insaturados) es muy probable que su apariencia a temperatura ambiente sea



**Tabla 4.** Digestibilidad, utilización neta de la proteína (NPU) y valor biológico de proteínas de tarwi (*Lupinus mutabilis*).

Fuente de proteína	Digestibilidad (%)	Utilización neta de proteína (NPU)		Valor biológico (VB)	
		Absoluto	Relativo (%)	Absoluto	Relativo (%)
Caseína	91,9	68,3	100,0	74,3	100,0
<i>Lupinus mutabilis</i> , cocido, desamargado en agua	90,8	34,9	51,1	38,6	51,9
<i>Lupinus mutabilis</i> , cocido, desamargado en agua + 0,2% de metionina	92,0	61,2	89,6	66,5	89,6

Fuente: Schoeneberger *et al.*<sup>[5]</sup> y Schoeneberger *et al.*<sup>[6]</sup>**Tabla 5.** Papel de las proteínas en sistemas alimenticios.

Función	Propiedad física / química	Alimento	Tipo de proteína
Solubilidad	Hidrofilicidad, carga neta	Bebidas	Proteínas del suero, proteínas aisladas de ajonjolí
Viscosidad	Hidrofilicidad, hidrodinámica del tamaño y forma	Sopas, salsas postres y aderezos	Gelatina, soya
Absorción de agua	Hidrofilicidad	Salchichas, pasteles y panes	Proteínas musculares y huevo
Gelación	Atrapamiento de agua, formación de redes	Cárnicos, geles, pasteles, panadería, quesos	Proteínas musculares, proteínas del huevo y de la leche
Adhesión-cohesión	Hidrofobicidad, interacciones iónicas y puentes de hidrógeno	Cárnicos, salchichas, pastas, panificación	Proteínas musculares, proteínas del huevo, proteínas del suero
Elasticidad	Interacciones hidrofóbicas, puentes disulfuro	Panadería y cárnicos	Proteínas musculares, gluten y proteínas de cereales
Emulsificación y espumado	Hidrofobicidad, hidrofilicidad, flexibilidad y rigidez, tamaño, estructura. Adsorción interfacial y formación de películas	Mayonesas, aderezos, merengues, helados y productos batidos	Proteínas musculares, huevo, leche y soya, aislados proteínicos de soya y ajonjolí, leche y huevo
Capacidad de ligar grasa y sabores	Interacciones hidrofóbicas, atrapamiento	Productos de panadería bajos en grasa, donas	Proteínas lácteas, proteínas de huevo, gluten y proteínas de cereales

Fuente: Reproducido de Kinsella *et al.*<sup>[42]</sup>.

líquida, lo que quiere decir, a su vez, que tiene un punto de fusión más bajo que sus similares saturadas. Ocurre lo mismo con los carbohidratos, más específicamente con el almidón. La relación de amilosa y amilopectina, que son los polisacáridos más importantes del almidón, afecta fuertemente a sus propiedades reológicas, obteniendo pastas de almidón con variados niveles de consistencia o viscosidad; lo que finalmente determina la aplicación que se le va a dar.

### Propiedades funcionales de las proteínas del tarwi

En la tarea por encontrar proteínas alternativas que puedan competir con las que actualmente existen en el mercado y que posean buenas características nutritivas y

funcionales, es que se ha llevado a cabo estudios cuyos objetivos son conocer las propiedades funcionales de sus proteínas. Es así que, Sathe *et al.*<sup>[8]</sup> y Alsohaimy *et al.*<sup>[9]</sup> se han enfocado en el estudio físico y químico de las proteínas del tarwi, con el objetivo de encontrar un buen sustituto de la proteína de soya.

La Tabla 6 se construyó con los datos presentados por Sathe *et al.*<sup>[8]</sup>. Con respecto al agua absorbida, el menor valor (1,20 g/g) corresponde a la harina de tarwi; mientras que el valor va aumentando conforme se va incrementando la proporción proteínica en las muestras. Así, para concentrado proteínico se tiene un valor correspondiente igual 1,37 g/g; que es superior a la harina de tarwi, pero que es inferior al concentrado

proteínico desgrasado (1,55 g/g). Sosulski y Fleming<sup>[43]</sup> reportan valores de absorción de agua en productos derivados de la soya. Para la harina de soya el valor es 2,4 g/g; mientras que para el concentrado de soya es de 3,6 g/g. También reportan valores de 1,8 g/g y 3,9 g/g para harina de girasol y concentrado proteínico de girasol, respectivamente. Estos valores nos indican que los productos de tarwi tienen valores de absorción más bajos. Los bajos valores de absorción de agua de la harina de tarwi y su concentrado

proteínico comparado con los valores que se reportan para la soya podría deberse a la presencia de grasa y a la baja disponibilidad de aminoácidos polares, puesto que estos aminoácidos han demostrado ser los sitios primarios para la interacción entre el agua y las proteínas<sup>[8]</sup>. Alshaimy *et al.*<sup>[9]</sup> atribuyen posiblemente la diferencia en la solubilidad de las proteínas de garbanzo, tarwi y lentejas a las composiciones de sus correspondientes aminoácidos.

**Tabla 6.** Propiedades funcionales de derivados proteínicos de tarwi.

Derivados	Agua absorbida (g/g)	Aceite absorbido (g/g)	Aceite emulsionado (g/g)	Volumen después del batido (mL)
Harina de tarwi	1,20	1,67	55,1	132
Concentrado proteínico	1,37	2,86	88,9	150
Concentrado proteínico desgrasado	1,55	3,89	----	158

Fuente: Sathe *et al.*<sup>[8]</sup>

El desgrasado del concentrado de proteínas de tarwi mejoró la absorción de agua y aceite en 18 y 103%, respectivamente, comparado con los de las proteínas no desgrasadas. Esto puede deberse a la exposición de los sitios de captación de agua en la cadena de aminoácidos de las proteínas, que fueron bloqueados en un ambiente lipofílico. El incremento en la absorción de aceite en el concentrado proteínico desgrasado de tarwi (Tabla 6) puede sugerir la naturaleza lipofílica de sus proteínas. La presencia de varios sitios no polares en la cadena aminoácida de la proteína de tarwi puede unir las cadenas hidrocarbonadas de las grasas, resultando en una alta absorción de aceite.

Con relación a la capacidad de emulsión, el concentrado proteínico de tarwi muestra 88,9 g/g de aceite emulsionado, mientras que la harina de tarwi logra emulsionar 55,1 gramos de aceite por gramo de harina (Tabla 6). Con estos datos, los autores concluyen que el concentrado de proteínas de tarwi tiene una alta capacidad de emulsificación y que puede ser utilizado para muchas aplicaciones alimentarias donde se requiera una buena emulsificación. Sosa Inga<sup>[41]</sup> llegó a la misma conclusión al evaluar la capacidad emulsio-

nante de aislado proteico de tarwi desgrasado y concentrado por ultrafiltración. En lo que respecta a la estabilidad de la emulsión, Sathe *et al.*<sup>[8]</sup> observó que las emulsiones se desestabilizaron después de 60 h a 21 °C, lo que significa que la estabilidad de la emulsión es baja o pobre.

La Figura 3 muestra los efectos del pH y la concentración de proteína sobre la capacidad de emulsión del concentrado de proteína de tarwi. Las figuras fueron obtenidas a partir de los datos presentados por Sathe *et al.*<sup>[8]</sup>. Se puede observar que la capacidad de emulsión es muy dependiente del pH del medio (Figura 3(a)). Los pH ácidos incrementan la capacidad, mientras que valores cercanos a pH 6, disminuyen notoriamente la emulsión presentando los valores más bajos. Además, los pH ácidos mejoran la capacidad de emulsificación a diferencia de los pH alcalinos.

La dependencia de la capacidad de emulsión con relación al pH era de esperarse ya que como se sabe esta capacidad en las proteínas depende del balance hidrofílico-lipofílico, el cual está influido por esta variable<sup>[8]</sup>.

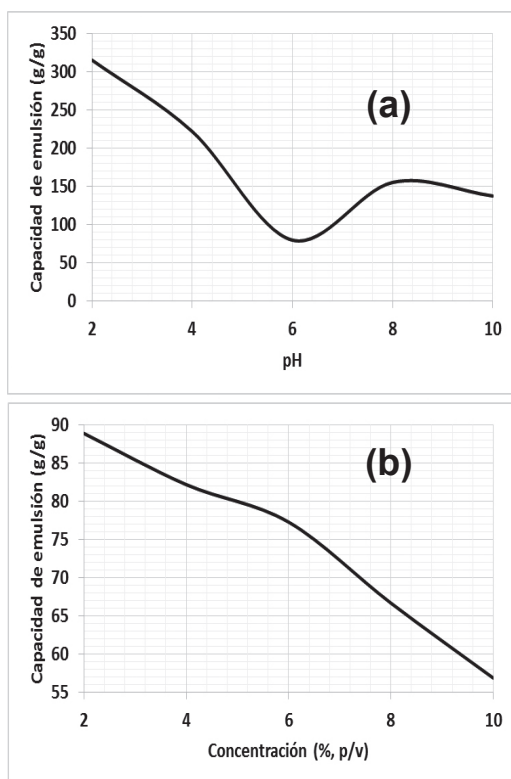


Figura 3. Capacidad de emulsión en función del pH (a) y en función de la concentración de proteína (b).

En la Tabla 6 se observa que la harina de tarwi es la que menor volumen de batido logra (132 mL), mientras que el concentrado desgrasado de proteína de tarwi obtiene un volumen final de 158 mL; con un incremento de 32 y 58%, respectivamente, del volumen inicial. Luego de dejar en reposo durante 36 h, las espumas no colapsaron completamente (104 y 114 para la harina y concentrado proteínico de tarwi, respectivamente), indicando una buena estabilidad. El desgrasado del concentrado incrementó la capacidad de formación de espuma, no obstante, la espuma fue menos estable.

La Figura 4 muestra los datos reportados por Sathe *et al.*<sup>[8]</sup> representados esquemá-

ticamente. La capacidad de formar espuma es dependiente de la concentración y aumenta con incrementos de concentración en las dispersiones acuosas, registrando hasta 92% de incremento en el volumen a concentraciones de 10% (p/v).

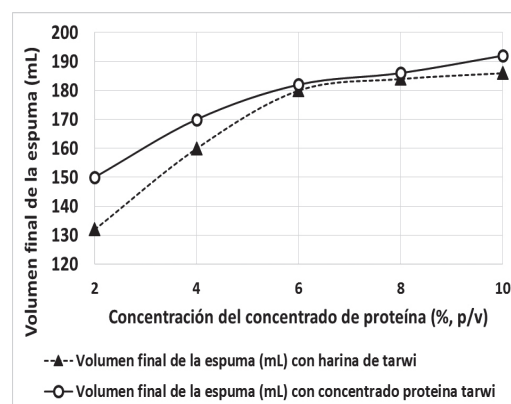


Figura 4. Efecto de la concentración en la capacidad de formar espuma de los productos de tarwi.

## V. PROPIEDADES FUNCIONALES DE LOS LÍPIDOS DEL TARWI

Hatzold *et al.*<sup>[10]</sup> y Villacrés *et al.*<sup>[26]</sup> caracterizaron el aceite crudo y refinado de tarwi. Para ello, hicieron uso de tecnologías ya establecidas para la extracción del aceite crudo y su posterior refinación. Las operaciones que se siguieron fueron: limpieza, molido o descascarillado, cocción, extracción solvente, desgomado, desamargado, neutralización, decoloración, desodorización y winterización. Se obtuvo un rendimiento de aceite crudo de 16,5%<sup>[10]</sup>; valor que por la tecnología empleada en la extracción podría llegar a 23,0%<sup>[26]</sup>. Después de la refinación, el rendimiento cayó para 13,7%<sup>[10]</sup> y 17,4%<sup>[26]</sup>.

La Tabla 7 presenta las características funcionales del aceite crudo y refinado de tarwi.

**Tabla 7.** Características del aceite crudo y refinado de *Lupinus mutabilis*.

Características	Aceite crudo <sup>b</sup>	Aceite refinado	
		R1 <sup>a</sup>	R2 <sup>b</sup>
Índice de yodo		114,0	115,1
Índice de saponificación	191,5	188,0	188,2
Materia insaponificable (%)	2,0	1,04	1,16
Índice de refracción		1,4670	1,4720
Viscosidad (cP) <sup>b</sup>	62,5		
Punto de humo (°C) <sup>b</sup>	140,3 <sup>c</sup>		188,7 <sup>d</sup>
Índice de peróxido			2,66 <sup>c</sup>
			2,59 <sup>d</sup>
Índice de acidez (%)	1,90 <sup>d</sup>		0,66 <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Hatzold *et al.*<sup>[10]</sup>.

<sup>b</sup> Villacrés *et al.*<sup>[26]</sup>.

<sup>c</sup> A partir de grano crudo amargo.

<sup>d</sup> A partir de grano desamargado.

El índice de yodo mide el grado de insaturación del aceite. Como en el tarwi predomina el ácido oleico, el aceite de tarwi muestra un índice menor (115,1) que el de otros aceites como el de la soya o el girasol. Con este índice, presenta una mayor estabilidad debido a su menor grado de insaturación y susceptibilidad a la oxidación<sup>[26]</sup>. Los índices de saponificación para los aceites de tarwi (Tabla 7) se encuentran dentro de los límites establecidos por el *Codex Alimentarius*, la cual considera normales valores entre 184 a 196 miligramos de KOH por gramo de muestra.

El 2% de materia insaponificable que presenta el aceite de tarwi es indicativo de que no presenta una pureza normal, posiblemente debido a los esteroides o compuestos orgánicos que no se separan eficientemente durante el proceso de extracción. No obstante ello, el contenido de materia insaponificable en el aceite refinado (1,16%) se encuentra dentro del nivel permitido por el *Codex Alimentarius* establecido en 1,5%.

El punto de humo es uno de los parámetros más importantes a la hora de utilizar el aceite con fines de fritura. El punto de humo para el aceite crudo de tarwi es de 140,3 °C, mientras que para el aceite refinado es de 188,7 °C. Estos valores son muy bajos si se considera que un buen aceite de freído debe tener un punto de humo como mínimo de

215 °C. Se concluye que el aceite de tarwi no tiene aplicaciones en fritura<sup>[26]</sup>.

## VI. TECNOLOGÍA DEL DESAMARGADO

Se mencionó que para hacer viable la utilización y consumo del tarwi era necesario quitar las sustancias amargas de los granos. Esto se viene planteando desde dos posiciones y estrategias distintas. La primera tiene que ver con el desarrollo de variedades dulces (Gross *et al.*<sup>[2]</sup>; Cremer<sup>[44]</sup>); y la segunda, con el desarrollo de tecnologías de desamargado<sup>[44]</sup>.

Las tecnologías de desamargado existentes incluyen en su mayoría una etapade hidratación del grano, seguida de cocción, desamargado propiamente dicho y una etapa final de lavado<sup>[12,24,32,41,46]</sup>. La hidratación es una etapa preparatoria que tiene por finalidad incrementar el contenido de agua de los granos y facilitar la extracción de los alcaloides en etapas posteriores. La etapa de cocción inactiva tanto la capacidad de germinación del grano así como sus enzimas (lipasa y lipoxigenasa); y elimina los microorganismos presentes. Al mismo tiempo, coagula las proteínas para evitar pérdidas en la siguiente etapa, y facilita la lixiviación de alcaloides incrementando la permeabilidad de la pared celular<sup>[12,24]</sup>. La etapa del desamargado propiamente dicho se puede lograr a través de uno de los métodos siguientes: biológico, químico y/o acuoso<sup>[24]</sup>.

De los tres métodos de desamargado, el proceso de remoción de alcaloides por lixiviación en agua (método acuoso) es el que se utiliza actualmente, tanto a nivel casero como comercial, para consumo humano<sup>[24]</sup>. Sosa Inga<sup>[41]</sup> estudió dos métodos de extracción de aislado proteico, pero para ello, tuvo que obtener el aislado a través de cuatro métodos de desamargado: tradicional, cuzco, egipcio y cuzco modificado (Figura 4).

Los tiempos prolongados de lavado dan menores contenidos de proteína soluble (métodos tradicional y egipcio), mientras que el empleo de cal (óxido de calcio) per-

mite una mayor eliminación de alcaloides<sup>[41]</sup>. Asimismo, de los cuatro métodos de desamargado, el método cuzco modificado fue el mejor ya que permitió eliminar la mayor cantidad de alcaloides con menores pérdidas de sólidos y proteínas. Adicionalmente, Gross *et al.*<sup>[12]</sup> reporta el uso de 50 g de ceniza de quinua por cada 10 kg de tarwi y la mezcla es cocida durante 40 min en una marmita de presión.

El tratamiento acuoso que sigue se aplica a variedades con altos contenidos de alcaloides (hasta 4,2 g/100 g), aunque no sea un proceso eficiente debido al alto consumo de agua (63 kg de agua por kilogramo de granos) y altas pérdidas de sólidos<sup>[32]</sup>.

## VII. TECNOLOGÍA AGROINDUSTRIAL DEL TARWI

Las principales aplicaciones del tarwi como producto agroindustrial vienen de obtener primeramente granos desamargados, que estén libres de sustancias tóxicas para consumo humano. Luego, a partir de ellos, obtener diversos productos que pueden tener un sinfín de aplicaciones agroindustriales.

Para hacer viable la agroindustrialización de esta leguminosa, uno de los primeros productos a obtener es la harina. Repo-Carrasco<sup>[16]</sup> plantea una secuencia de operaciones para la obtención de harina de tarwi, que consiste en las siguientes etapas: selección de granos, cocción, desamargado,

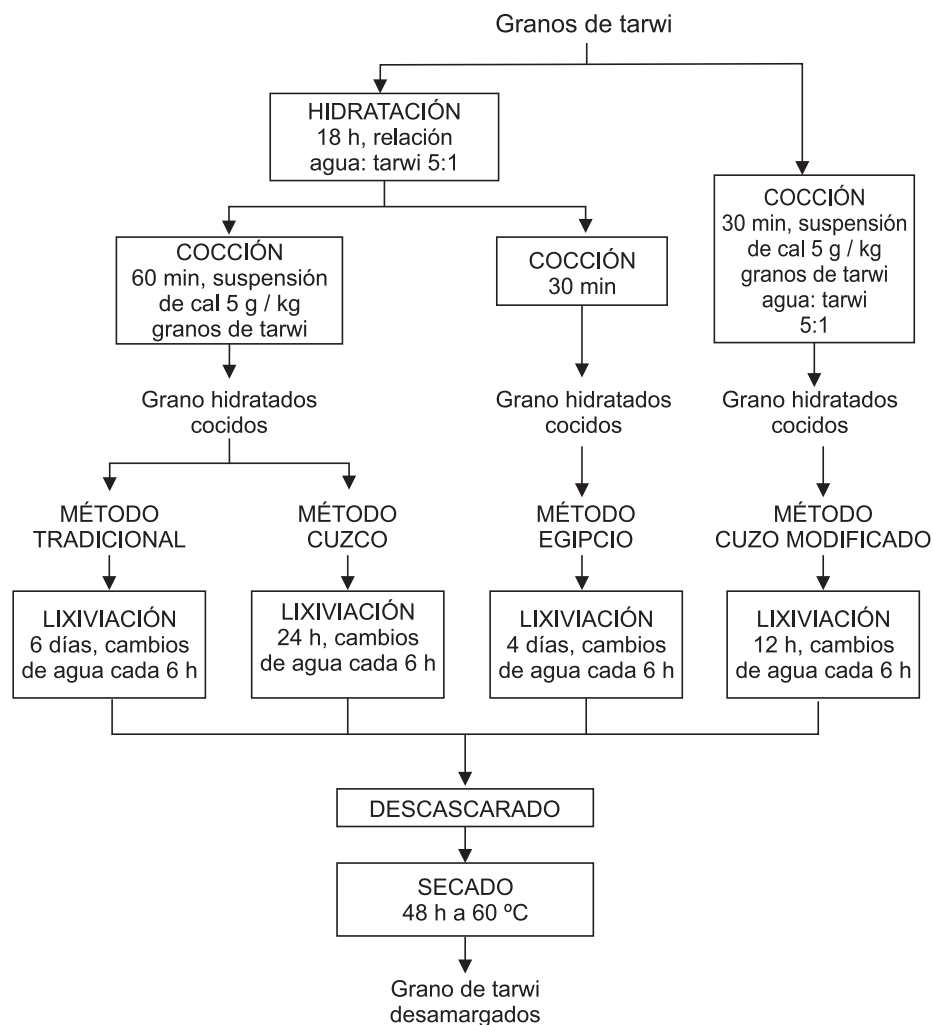


Figura 4. Métodos de desamargado de tarwi (Reproducido y modificado parcialmente de la referencia<sup>[41]</sup>).

secado, tostado (opcional), y molido. Esta secuencia tiene las mismas operaciones que un proceso de desamargado, incrementándose las etapas de tostado, que es opcional, y molido que es la última operación.

El alto contenido de lípidos de los granos secos (aproximadamente 28% en base seca), causa problemas durante la molienda; por lo que se hace necesario que la temperatura no se incremente durante la molienda para evitar obstrucción del molino<sup>[12]</sup>. Para evitar esto, puede recurrirse a la molienda criogénica, la cual, según nuestra revisión, no ha sido estudiada todavía. Por otro lado, Gross *et al.*<sup>[12]</sup> pone hincapié en el hecho de que el grano desamargado debe estar bien seco (con una humedad de 8% aproximadamente). Si no se controla la humedad, los altos contenidos grasos y de humedad pueden causar un incremento mayor de la temperatura durante la molienda, lo que causa un empastamiento de la harina, obstruyendo el equipo y dificultando la reducción de tamaño.

Repo-Carrasco<sup>[16]</sup> plantea un proceso de tostado de los granos desamargados de tarwi previo a la molienda. Según Gross *et al.*<sup>[12]</sup>, esto mejora las características organolépticas del grano. El sabor típico de la legumbre desaparece y la harina toma un sabor neutral o quizá hasta ligeramente a nuez, según la intensidad de la tostación. Además, durante esta operación se quiebra la cáscara, lo que facilita su desprendimiento y remoción. Según los autores, el tostado no afecta el valor nutricional del tarwi.

Las harinas de tarwi se mezclan normalmente con otras harinas provenientes de cereales. Esto se realiza con la finalidad de lograr un mayor beneficio, dadas las fortalezas y debilidades que posee la harina de tarwi. La lógica inmediata a la preparación de harinas es la obtención de productos de panificación y galletería. Rosell *et al.*<sup>[15]</sup> comparó las propiedades potenciales de panificación de cuatro granos andinos entre los que se encontraba la harina de tarwi. Encontraron que incrementando el nivel de sustitución de harina de trigo por tarwi, la masa aumentó

en consistencia particularmente en las fases iniciales del mezclado. Los autores atribuyen este fenómeno opuesto al comportamiento con las demás harinas, al hecho de que la harina de tarwi tiene un alto contenido de proteínas (57,4%) en comparación con la del trigo que solo posee 9,8%. También encontraron que con las mezclas de harinas de trigo y tarwi, la última es difícil de trabajar por su elevada consistencia. Cada nivel de sustitución de harina de trigo por tarwi causó una disminución significativa de la aceptabilidad total de los panes producidos con sus mezclas. Sin embargo, se podría decir que un nivel aceptable de sustitución sería hasta un 15% de harina de tarwi.

## VIII. CONCLUSIONES

Se debe considerar al tarwi en el desarrollo de políticas agroalimentarias, en el sistema de seguridad alimentaria debido a su aporte y gran capacidad nutricional, ahorro de energía, generación de ingresos y protección del medio ambiente. La tarea de recuperar y revalorar los alimentos andinos, lamentablemente desconocidos por muchos y subestimados por otros, debe conciliar los intereses de consumidores y productores en un marco de interés nacional. Deberíamos estar abiertos a todas las soluciones posibles que ayuden a mejorar las condiciones de vida de los pobladores rurales y urbanos. Y, nuevamente, no esperar que organismos internacionales declaren el año internacional del tarwi para recién ahí darle el sitio que le corresponde a nuestros alimentos andinos.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Jacobsen S.E., Mujica A. El tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) y sus parientes silvestres. Botánica Económica de los Andes Centrales. 2006: 458 - 82.
2. Gross R., von Baer E., Koch F., Marquard R., Trugo L., Wink M. Chemical composition of a new variety of the Andean lupin (*Lupinus mutabilis* cv. Inti) with low-alkaloid content. J Food Composition and Analysis. 1988 Set; 1(4): 353 - 61.

3. Varasundharosoth D., Barnes M.F. Protein fractions of lupin seed meal: quantitative importance and amino acid composition. *New Zealand J Agricultural Research*. 1985; 28 (1): 71 - 80.
4. Hove EL, King S., Hill G.D. Composition, protein quality, and toxins of seeds of the grain legumes *Glycine max*, *Lupinus* spp., *Phaseolus* spp. *Pisumsativum*, and *Vicia faba*. *New Zealand J Agricultural Research* 1978; 21 (3): 457 - 62.
5. Schoeneberger H., Gross R., Cremer H.D., Elmadfa I. Composition and protein quality of *Lupinus mutabilis*. *Journal of Nutrition*. 1982; 112: 70 - 76.
6. Schoeneberger H., Gross R., Cremer H.D., Elmadfa I. The protein quality of lupins (*Lupinus mutabilis*) alone and in combination with other protein sources. *Qual Plant Plant Foods Hum Nutr*. 1983; 32: 133 - 43.
7. Gálvez L., Genovese M.I., Lajolo F.M. Isoflavones and antioxidant capacity of Peruvian and Brazilian lupin cultivars. *J Food Composition and Analysis*. 2009; 22: 397 - 404.
8. Sathe S.K., Deshpande S.S., Salunkhe D.K. Functional properties of lupin seed (*Lupinus mutabilis*) proteins and protein concentrates. *J Food Science*. 1982; 47: 491 - 97.
9. Alshaimy S.A., Sitohy M.Z., El-Masry R.A. Isolation and partial characterization of chickpea, lupine and lentil seed proteins. *World J Agricultural Sciences*. 2007; 3(1): 123 - 29.
10. Hatzold T., Elmadfa I., Gross R. Edible oil and protein concentrate from *Lupinus mutabilis*. *Qual Plant Plant Foods Hum Nutr*. 1983; 32: 125 - 32.
11. Salmanowicz B.P. Primary structure and polymorphism of 2S albumins from seeds of Andean lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Eur Food Res Technol*. 1999; 209: 416 - 22.
12. Gross U., Godomar Galindo R., Schoeneberger H. The development and acceptability of lupine (*Lupinus mutabilis*) products. *Qual Plant Plant Foods Hum Nutr*. 1983; 32: 155 - 64.
13. Schoeneberger H., Morón S., Gross R. Safety evaluation of water debittered Andean lupins (*Lupinus mutabilis*): 12-week rat feeding study. *Plant Foods for Human Nutrition*. 1987; 37: 169 - 82.
14. Güemes N., Peña R.J., Jiménez C., Dávila G., Calderón G. Effective detoxification and decoloration of *Lupinus mutabilis* seed derivatives, and effect of these derivatives on bread quality and acceptance. *J Science of Food and Agriculture*. 2008; 88: 1135 - 43.
15. Rosell C.M., Cortez G., Repo-Carrasco R. Breadmaking use of Andean crops quinoa, kañiwa, kiwicha, and tarwi. *Cereal Chemistry*. 2009; 86 (4): 386 - 92.
16. Repo-Carrasco R. Cultivos andinos y la alimentación infantil. Lima: CCTA, Comisión de Coordinación de Tecnología Andina. 1992.
17. Tapia M.E. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. 2da ed. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO; 1997.
18. Caligari P.D.S., Römer P., Rahim M.A., Huyghe C., Neves-Martins J., Sawicka-Sienkiewicz E.J. The potential of *Lupinus mutabilis* as a crop. En: Knight R, editor. *Linking Research and Marketing Opportunities for Pulses in the 21st Century*. Washington, D.C.: Kluwer Academic Publishers; 2000. P. 569 - 73.
19. Ruskin F.R., BOSTID Editor. *Lost crops of the Incas: Little-known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation*. Washington, DC: Board of Science and Technology for International Development, National Research Council (US); 1989. 441 p.

20. Ministerio de Agricultura y Riego - Perú. Estadística agraria mensual. [Internet]. 2014 [citado 15 marzo 2015]. Disponible en: <http://www.minag.gob.pe/portal/>
21. Jacobsen S.E., Mujica A. Geographical distribution of the Andean lupin (*Lupinus mutabilis*). In Ochatt S, Jain SM, editors, Breeding of neglected and under-utilized crops, spices and herbs. Enfield: Science Publishers. 2007. p. 95 - 107.
22. Food and Agricultural Organization (FAO) 2015. Statistics Division. [citado 18 de marzo del 2015]. Disponible en: <http://faostat.fao.org/>
23. Enriquez Ralde M. El potencial del "tarwi". [citado 18 de marzo del 2015]. Disponible en: <http://www.cipca.org.bo>
24. Carvajal F.E., Nout M.J.R., van Boekel MAJS, Koziol M., Linnemann A.R. Modeling of the aqueous debittering process of *Lupinus mutabilis* Sweet. LWT - Food Science and Technology 2013; 53 (2): 507 - 16.
25. López E.P. Influence of the addition of lupine protein isolate on the protein and technological characteristics of dough and fresh bread with added Brea Gum. Food Sci. Technol. 2014; 34 (1): 195 - 203.
26. Villacrés E., Navarrete M., Lucero O., Espín S., Peralta E. Evaluación del rendimiento, características físico-químicas y nutraceuticas del aceite de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Revista Tecnológica ESPOL-RTE 2010; 23(2): 57 - 62.
27. Miano A.C., García J.A., Duarte Augusto P.E. Correlation between morphology, hydration kinetics and mathematical models on Andean lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet). LWT - Food Science and Technology 2015; 61 (2): 290 - 98.
28. Güemes N., Orciniega O, Dávila G. Structural analysis of the *Lupinus mutabilis* seed, its flour, concezntrate, and isolate as well as their behavior when mixed with wheat flour. LWT - Food Science and Technology. 2004; 37 (3): 283 - 90.
29. Williams W., Harrison J.E.M. Alkaloid concentration during development in three *lupines* species and the expression of genes for alkaloid biosynthesis in seedlings. Phytochemistry. 1983; 22 (1): 85 - 90.
30. Vázquez G., Chenlo F., Moreira R. Sorption isotherms of lupine at different temperatures. J Food Engineering. 2003; 60 (4): 449 - 52.
31. Eastwood R.J., Hughes C.E. Origins of domestication of *Lupinus mutabilis* in the Andes. Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Lupin Conference; Canterbury: 2008. 14 - 18 de sept.
32. Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias - INIAP. Fundación para la Ciencia y la Tecnología - FUNDACYT. Poscosecha y mercado de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en Ecuador. Publicación Miscelánea N° 105, Programa Nacional de Leguminosas, 2001.
33. Espinoza E. Cultivo de tarwi: tarwi como alternativa para la crisis alimentaria 2 noviembre 2010 [citado 21 de marzo del 2015] En: Espinoza Montesinos E. Blog de Agricultura Andina Inka Lima, Perú. Disponible en: <https://www.blogger.com/profile/02459877025431701408>
34. Singh P., Kumar R., Sabapathy S.N., Bawa A.S. Functional and edible uses of soy protein products. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 2008; 7 (1): 14 - 28.
35. Cabra V., Arreguín R., Farres A. Emulsifying properties of proteins. Bol. Soc. Quím. Méx. 2008; 2 (2): 80 - 89.
36. Damodaran S., Parkin K.L., Fennema O.R. Fennemas's food chemistry. 4ta ed. Boca Raton, FL: CRC Press Taylor & Francis Group; 2008.



37. Tapia M.E., Fries A.M. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO y ANPE Lima; 220 p.
38. Badui Dergal S. Química de los alimentos. 4ta ed. México: Pearson Addison Wesley; 2006.
39. Kinsella J.E. Functional properties of soy proteins. J Am. Oil Chemists' Soc. 1979; 56: 242 - 258.
40. Perú. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Instituto Nacional de Salud. Ministerio de Salud - MINSA. Tablas peruanas de composición de alimentos. 8va. ed., Lima, 209.
41. Sosa C.A. Influencia de dos métodos de extracción de un aislado proteico de lupino (*Lupinus mutabilis*) en sus propiedades funcionales [Tesis Magistral]. Lima: Biblioteca Agrícola Nacional, Universidad Nacional Agraria La Molina; 2000.
42. Kinsella J.E., Damodaran S., German B. Physicochemical and functional properties of oilseed proteins with emphasis on soy proteins. En: Altshul AM, Wilcke HL, editors. New protein foods: seed storage proteins. Londres: Academic Press; 1985. p. 107 - 179, vol. 5.
43. Sosulski F., Fleming S.E. Chemical, functional, and nutritional properties of sunflower protein products. J Am. Oil Chemists' Soc. 1977; 54: 100A - 104A.
44. Cremer H.D. Current aspects on legumes as a food constituent in Latin America with special emphasis on lupines: introduction. Qual Plant Plant Foods Hum Nutr. 1983; 32: 95 - 100.
45. Villacrés E, Peralta E, Cuadrado L, Revelo J, Abdo S, Aldaz R. Propiedades y aplicaciones de los alcaloides del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). INIAP - ESPOCH - SENACYT. Edit. Grafistas. Quito, Ecuador. 20 p.
46. Jacobsen S.E., Sherwood S. Cultivo de granos andinos en Ecuador. Informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto. FAO - CIP - CRS. Quito, Ecuador. 89 p.
47. Caicedo C, Peralta E. Zonificación potencial, sistemas de producción y procesamiento artesanal del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en Ecuador. Quito, Ecuador: Programa Nacional de Leguminosas; Estación Experimental Santa Catalina, INIAP, Ecuador; 2000 Enero. 44 p. Boletín Técnico N° 89.
48. Santos CN, Ferreira RB, Teixeira AR. Seed proteins of *Lupinus mutabilis*. J Agric. Food Chem. 1997; 45: 3821 -3825.