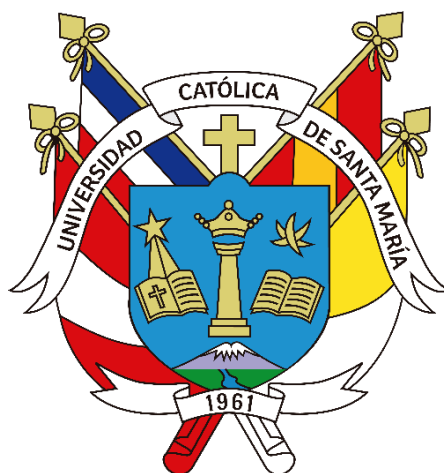


Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias Farmacéuticas Bioquímicas y
Biotechnológicas
Escuela Profesional de Ingeniería Biotechnológica



RECOPIACIÓN SISTEMÁTICA: PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS
APLICADOS A *Lupinus mutabilis* PARA SU APROVECHAMIENTO
INDUSTRIAL

Tesis presentada por el Bachiller:

Muñoz Salas, Carlos Francisco

para optar el Título Profesional de
Ingeniero Biotecnólogo

Asesora:

Mg. Marcilla Truyenque, Shaneri

Arequipa- Perú

2023

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA BIOTECNOLOGICA
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 18 de Abril del 2023

Dictamen: 005196-C-EPIB-2023

Visto el borrador del expediente 005196, presentado por:

2011202631 - MUÑOZ SALAS CARLOS FRANCISCO

Titulado:

**RECOPIACIÓN SISTEMÁTICA: PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS APLICADOS A LUPINUS
MUTABILIS PARA SU APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**29280938 - BARDALES ALVAREZ ROXANA MARGARITA
DICTAMINADOR**



**29440909 - MOLINA RODRIGUEZ FREDY NICOLAS
DICTAMINADOR**



**41404327 - BARREDA DEL CARPIO JAIME ERNESTO
DICTAMINADOR**



RECOPIACIÓN SISTEMÁTICA: PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS APLICADOS A *Lupinus mutabilis* PARA SU APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.mdpi.com Fuente de Internet	1%
2	pubag.nal.usda.gov Fuente de Internet	1%
3	research.chalmers.se Fuente de Internet	1%
4	www.revistas.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

DEDICATORIA.

AGRADECIMIENTOS.

INDICE DE TABLAS.

INDICE DE FIGURAS.

RESUMEN

I) INTRODUCCIÓN.

II) CUERPO DE LA REVISIÓN.

- 1) CARACTERIZACIÓN DEL CULTIVO DE *Lupinus mutabilis*.
- 2) PROPIEDADES NUTRICIONALES Y FUNCIONALES DE *Lupinus mutabilis*.
- 3) PROCESAMIENTO TECNOLÓGICO DE *Lupinus mutabilis*.
 - A) PROCESAMIENTO PARA PRODUCTO EN GRANO.
 - (a) PROCESAMIENTO TRADICIONAL.
 - (b) PROCESAMIENTO CON FERMENTACION.
 - (c) PROCESAMIENTO CON EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS.
 - B) PROCESAMIENTO PARA CONCENTRADO PROTEICO.
 - (a) PROCESAMIENTO POR HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA.
 - (b) PROCESAMIENTO POR EXTRACCIÓN CON ULTRASONIDO.
 - C) PROCESAMIENTO PARA ACEITE DE *Lupinus mutabilis*.
 - (a) PROCESAMIENTO CON SOLVENTES ORGÁNICOS.
 - (b) PROCESAMIENTO CON EXTRACCIÓN POR PRENSA.
 - D) PROCESAMIENTO PARA OTROS PRODUCTOS DE *Lupinus mutabilis*.
 - (a) TRANSFORMACIÓN GENÉTICA EN GRANO DE *Lupinus mutabilis*.
 - (b) INSECTICIDAS A BASE DE ALCALOIDES DE *Lupinus mutabilis*.
 - E) IMPACTO DEL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN.
 - (a) IMPACTO EN PRODUCTO EN GRANO.
 - (b) IMPACTO EN CONCENTRADO PROTEICO.
 - (c) IMPACTO EN ACEITE DE *Lupinus mutabilis*.

III) PERSPECTIVAS FUTURAS.

IV) CONCLUSIONES.

V) REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

VI) ANEXOS.

Dedicado a la memoria de mi padre: Dember Francisco Muñoz Lozada



AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero a Dios, mi Señor, quién me ha permitido terminar esta etapa, sin su mano sobre mí, jamás lo hubiera logrado.

Agradezco a mi familia por su inmensa paciencia y colaboración durante este tiempo.

Agradezco a Shaneri, mi asesora, por su incalculable ayuda en este trabajo, por su paciencia y dedicación en los momentos complicados.

Agradezco a mis dictaminadores y al personal de la UCSM que han ayudado a este trabajo.

Muchas gracias a todos.



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: 33 ecotipos de *Lupinus mutabilis* en Perú.

Tabla 2: Composición proximal de *Lupinus mutabilis* según Tablas Peruanas de alimentos

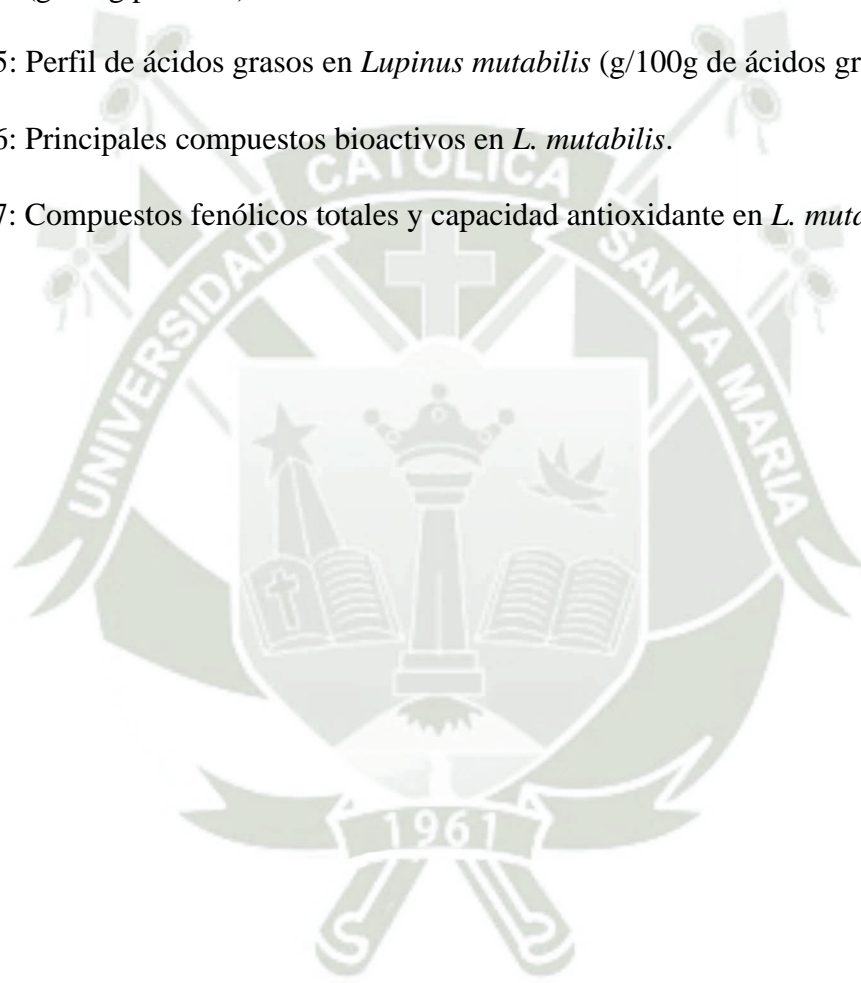
Tabla 3: Composición protéica y lipídica de diferentes especies del género *Lupinus*.

Tabla 4: Perfil de aminoácidos esenciales en concentrado protéico de *Lupinus mutabilis* (g/100g proteína).

Tabla 5: Perfil de ácidos grasos en *Lupinus mutabilis* (g/100g de ácidos grasos detectados).

Tabla 6: Principales compuestos bioactivos en *L. mutabilis*.

Tabla 7: Compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante en *L. mutabilis*.



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Perfil aminoácido de los concentrados proteicos de *Lupinus mutabilis*.

Figura 2: Digestibilidad in vitro y porcentaje proteico de los concentrados proteicos.

Figura 3: Contenido proteico del concentrado de *Lupinus mutabilis* vs soya.

Figura 4: Perfil lipídico del aceite de *Lupinus mutabilis* y Soya (*Glycyne max*).



RESUMEN

El *Lupinus mutabilis*, tarwi, es una leguminosa cultivada en Perú de gran potencial nutritivo, destacando su contenido proteico y en menor medida su contenido lipídico. A pesar de esto, el cultivo de *Lupinus mutabilis* ha disminuido y es mayoritariamente comercializado y consumido de forma tradicional, dejando de lado su industrialización para generar productos con valor agregado. El contenido proteico de *Lupinus mutabilis* puede superar el 48%, rivalizando con la soya en este aspecto; presenta una buena digestibilidad *in vitro* y es rica en lisina. El *Lupinus mutabilis* es el único lupino que alcanza la concentración mínima de ácidos grasos para su extracción industrial (18%), siendo rico en ácido oleico y ácido linoleico, ambos insaturados. El *Lupinus mutabilis* también es fuente de compuestos bioactivos como tocoferoles, fenoles y fitoesteroles, mostrando actividad antioxidante y otras propiedades. El *Lupinus mutabilis* contiene alcaloides que le dan un sabor amargo, los cuales deben ser removidos antes del consumo, este proceso es un desafío para la industrialización del cultivo debido a sus requerimientos hídricos. La optimización del proceso de desamargado permite el planteamiento de producción de grano desamargado a escala industrial, mientras que la aplicación de tecnologías de extracción como ultrasonido y prensado permiten la obtención de productos a base de tarwi. La aplicación de procesos industriales a *Lupinus mutabilis* puede incentivar su cultivo, introducirlo al mercado y aportar un alimento altamente nutritivo a la dieta de la población. El objetivo de esta revisión bibliográfica es describir procesos industriales aplicables al *Lupinus mutabilis* para la obtención de grano desamargado, concentrado proteico y aceite.

Palabras clave: *Lupinus mutabilis*, desamargado, concentrado proteico, aceite, procesos industria.

ABSTRACT

Lupinus mutabilis, tarwi, is a legume harvested in Peru with great nutritional potential, protein content is highlighted but oil content is interesting too. In spite of this, *Lupinus mutabilis* has seen a decrease in its production and its mostly sold and consumed in traditional ways without generating industrial products with added value. Protein content in *Lupinus mutabilis* can surpass 48%, rivaling soy, it has a good *in vitro* digestibility and its rich in lysin. *Lupinus mutabilis* is the only lupin that reaches a content of 18%, the minimum required for industrial extraction, with oleic acid and linoleic acid, both no insaturated, as its main components. *Lupinus mutabilis* is also a source of bioactive compounds like tocopherols, phenols and phytosterols, showing antioxidant activity and other properties. *Lupinus mutabilis* contains alkaloids that give bitter flavour to the grain, this must be removed before consumption, this process challenges tarwi's industrialization due to high water requirements. Optimization of debittering process allows plans for industrial production of debittered grain, and the use of technologies like ultrasound extraction and pressing allow the obtaining of tarwi products like protein concentrate and oil. The application of industrial processing to *Lupinus mutabilis* can encourage its production, introduce it to the market and add a highly nutritional product to people's diet. The goal of this review is to describe industrial processes that can be applied to *Lupinus mutabilis* in order to obtain debittered grain, protein concentrate and oil.

Keywords: *Lupinus mutabilis*, debittering, protein concentrate, oil, industrial processes.

INTRODUCCION

En el Perú existe una gran biodiversidad de alimento con alto valor nutritivo (1) particularmente granos andinos; una de estas especies es el lupino andino (*Lupinus mutabilis Sweet*) (2), también conocido como “tarwi”, su distribución en el territorio peruano es en las regiones de la Libertad, Cusco, Puno, Huánuco y Ayacucho, que representa el 80 % de la producción de tarwi en el Perú (3). El tarwi presenta una alta potencialidad como alimento rico en nutrientes, que incluso comparada con la soya presenta mayor contenido proteico (4), en los últimos meses se ha reportado una disminución en la producción de tarwi, habiéndose producido en el año 2019 un total de 16,424 miles de toneladas frente a los 15,341 miles de toneladas producidas en el año 2020 (5), siendo inconexo con los atributos que se han encontrado en cuanto a su alto valor nutritivo por su contenido aminoacídico esencial (como leucina y lisina), lípidos y compuestos bioactivos (6)(7). Dentro sus compuestos bioactivos podemos destacar, fenoles, como isoflavonas (8) como potencial antioxidante, También se puede encontrar principios activos como la Esparteína, Lupanina y 4-hidroxilupanina que son alcaloides que podrían generar toxicidad a altas concentraciones es por ello que tradicionalmente se realiza un proceso de desamargado y acondicionamiento, necesario para eliminar la mayor concentración de estos alcaloides (9).

Los componentes nutricionales pueden variar dependiendo de los diferentes tipos de *Lupinus mutabilis* y los sitios de cultivo. Gross y von Baer iniciaron un programa de reproducción para la selección de variedades de bajo contenido de alcaloides. 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 Linea 2150, cuyos contenidos de alcaloides fueron 0,0075% y 0,015%, respectivamente (3).

Los bioprocesos que incluyen el uso de organismos y también operaciones junto con procesos unitarios son utilizados en una diversidad de productos nutraceuticos, generando mayor aprovechamiento por el mercado, en el caso de tarwi hay estudios, pero no hay un compendio de estas tecnologías donde se evalúe, relacione y permita analizar cuál es la mejor vía para encaminar su industrialización.

El tarwi aún presenta baja demanda, además no existe una gran cantidad de productos basados en *Lupinus mutabilis* por lo cual su cultivo ha ido disminuyendo y se hace necesario estandarizar métodos que favorezcan la industrialización de esta leguminosa.

El uso de microorganismos en procesos biotecnológicos es un precedente en la industria, ya que puede permitir el escalado en la producción de distintos bienes comerciales o industriales, en el caso de lupinos puede ser utilizados para contrarrestar antinutrientes estos actuarían degradando dichos compuestos y posiblemente incrementando las concentraciones de compuestos nutricionales o bioactivos. Además, *Lupinus mutabilis* es un cultivo de alto valor nutricional, con bajo consumo, pero enorme potencial de inserción en el mercado. La utilización de enzimas permite obtener productos de mayor calidad nutricional y favorece el escalado de procesos que pueden aplicarse industrialmente (34)(6)(12).

Asimismo, la presencia de alcaloides quinolizidínicos obliga a un proceso de desamargado, el cual puede alterar el contenido de metabolitos primarios y secundarios. Las metodologías planteadas varían desde tratamientos hidrotermales, extracciones y procesos biotecnológicos; muchos de ellos se complementan entre sí, siendo el tratamiento hidrotermal el más efectivo a la hora de reducir el contenido de alcaloides, sin embargo, procesos como la extracción con fluidos supercríticos pueden ser más eficientes en el uso de agua; asimismo los procesos fermentativos tanto en grano crudo como en harina pueden aumentar el contenido de nutrientes y su biodisponibilidad (12)(9)(35).

Para una mejor industrialización debido al contenido proteico de esta planta se ha manejado la obtención de hidrolizados proteicos utilizando metodologías como los planteados por Intiquilla, donde realizan la separación del contenido proteico y seguidamente una hidrólisis enzimática utilizando alcalasa. Los peptidos liberados por la acción de la alcalasa contienen aminoácidos hidrofóbicos y aromáticos que pueden contribuir al efecto antioxidante observado en el estudio. Sin embargo, la alcalasa no es la única enzima utilizada para la hidrólisis de proteína de tarwi, Chirinos, agrega enzimas como la neutrasa y la flavorzima para mejorar la calidad del hidrolizado (10).

En resumen, el tarwi presenta nutrientes, antinutrientes y bioactivos que se tienen que procesar para mejorar las características nutricionales, inhibir los antinutrientes y reconocer los bioactivos en beneficio del consumidor, con el fin de generar diversos productos que utilicen este cultivo a su máxima eficiencia; los procesos necesarios pueden realizarse por diferentes métodos, incluyendo los tradicionales, que en la actualidad aún son utilizados en un gran porcentaje, limitando hasta cierto punto la expansión del tarwi en el mercado, actualmente hay estudios de procesos biotecnológicos, donde se utilizan organismos como *Rhizopus oligosporus* para disminuir la cantidad de alcaloides presentes (11). También se utiliza enzimas para producir hidrolizados proteicos con propiedades bioactivas (10), el uso

de probióticos para lograr el degradamiento de antinutrientes. (12). Además de estudios de análisis de optimización de métodos convencionales como el desamargado acuoso térmico para su aplicación industrial (9). Todos los estudios de procesos y bioprocesos antes mencionados buscan colocar al tarwi como producto con potencial industrial para generar un mayor consumo o incluso ser materia de exportación, el objetivo de esta revisión bibliográfica es identificar, caracterizar y comparar los distintos procesos y tecnologías para la obtención eficiente, de productos de tarwi que es de interés comercial, evaluando los cambios que generan en sus nutrientes, antinutrientes y bioactivos.

CUERPO DE LA REVISIÓN

1. CARACTERIZACIÓN DEL CULTIVO DE *Lupinus mutabilis*.

El Lupinus mutabilis es una leguminosa cultivada en forma de agricultura de subsistencia en la zona andina, incluyendo los países de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina, sin embargo, es en Ecuador, Perú y Bolivia donde se concentra la mayor producción (3) (6).

En el Perú, esta leguminosa se cultiva en valles interandinos de varias regiones, resaltando La Libertad, Huánuco, Cuzco, Puno y Ayacucho. (3), estas regiones se caracterizan por presentar zonas de altura que varían entre los 2700 y 3800 msnm; el estudio realizado por Aquino et al demostraron que el tarwi presenta buen desarrollo en el valle del Mantaro, estableciendo que este producto puede ser cultivado en clima seco y templado, 650 mm de precipitación promedio, una temperatura promedio anual de 19.4 °C como máximo y una mínima de 4,1°C. Siendo la sequía el principal limitante (13).

En la actualidad el tarwi es comercializado en su mayoría en mercados y ferias, la mayoría se vende a granel tanto de grano crudo como de grano desamargado (en ríos, desamargado tradicional). El tarwi ha sido incluido en los programas del MINAGRI para su promoción, además existen algunas microempresas las cuales comercializan y promocionan la venta de harina de tarwi, sin embargo, en los años 2019 y 2020 se registra una variación de – 1,6% en la producción del cultivo y -6,6% en el Valor de la Producción Agropecuaria en comparación al año anterior, ya que en los últimos 20 años la producción de tarwi había mantenido un crecimiento según los reportes del MINAGRI (5). Asimismo, el Valor de la

Producción Agropecuaria para el tarwi tuvo su mayor aumento en el año 2018, en un 19,3% (5).

Existe poca información acerca de las variantes de esta especie en el territorio peruano, aunque se sabe que sus características difieren dependiendo de la zona geográfica pudiendo reconocer subespecies en el norte, centro-y sur del país (14). La tabla 1 recopila 33 ecotipos de *Lupinus mutabilis* encontrados en el territorio peruano.

2. PROPIEDADES NUTRICIONALES Y FUNCIONALES

Las características de la composición nutricional de *Lupinus mutabilis* se presentan en la tabla 2, tanto en grano seco y cocido con cáscara, donde podemos destacar que existe un 32.95% de diferencia en proteínas, 50.86% de lípidos, 45.09% de carbohidratos favoreciendo al grano seco; la disminución registrada en estos macronutrientes se puede explicar a partir del tratamiento de cocción, pudiendo ser este porcentaje variable respecto al tratamiento al cual se halla sometido, también se ven alterados las concentraciones de micronutrientes entre las que podemos destacar una diferencia de 44.44% en calcio, 53.05% en fósforo, 70.95% en zinc y 39.13% en hierro.

La disminución registrada tanto en macronutrientes como en micronutrientes se puede explicar a partir del tratamiento de cocción, en donde una parte de estos se habría transferido al agua utilizada para este proceso.

Tomando como valor base el promedio del contenido proteína cruda, de acuerdo a diferentes artículos como se pueden observar en la tabla 3. se reporta que *L. mutabilis* presenta un aumento de 20.55% con respecto a *L. albus*; 28.58% frente a *L. angustifolius* y 7.09% correspondiente a *L. luteus*, de tal modo que podríamos destacar el potencial nutritivo a nivel proteico de *Lupinus mutabilis*, también llamado lupino andino que se desarrolla en el Perú, frente a otras especies.

Asimismo existen diferencias en cuanto al contenido lipídico, el rango oscila entre 13.0-24.6 g/100 PS (peso seco) con un promedio de 18.9 g/100 g PS (6), este promedio se aproxima al 19.66 g/100 PS determinado por los diferentes artículos presentes en la tabla 2, esto puede deberse a características ambientales y genéticas.

Tabla 1: 33 ecotipos de *Lupinus mutabilis* en Perú

<i>Lupinus mutabilis</i>	Code	Area	Seed weight (g)	Length (mm)	Width (mm)	Thickness (mm)
Cajamarca	CAJ	A	0.263±0.004	9.01±0.19	7.39±0.16	5.01±0.24
Congona	CON	A	0.302±0.004	10.20±0.27	8.65±0.22	5.71±0.10
Suchubamba	SUC	A	0.284±0.013	8.86±0.30	7.31±0.23	5.65±0.15
Altagracia	ALG	B	0.239±0.003	9.02±0.18	7.80±0.17	5.27±0.22
Paton grande	PAG	B	0.254±0.004	9.41±0.19	7.89±0.09	5.61±0.18
Andenes 80	AND80	C	0.239±0.006	9.88±0.15	8.00±0.17	4.80±0.15
Chacas	CHA	C	0.184±0.003	9.11±0.29	7.19±0.12	4.96±0.11
Cholo fuerte	CHF	C	0.258±0.003	9.70±0.22	7.76±0.20	5.21±0.29
Huallanca	HUAL	C	0.217±0.007	9.39±0.18	9.39±0.18	5.03±0.12
Pallasca	PAL	C	0.273±0.006	9.45±0.20	8.04±0.18	5.87±0.10
Tauribamba Sihuas 1 BN	TS1BN	C	0.223±0.009	9.21±0.18	7.53±0.15	5.25±0.13
Tauribamba Sihuas 3 N	TS3N	C	0.189±0.003	8.88±0.17	7.10±0.12	4.94±0.17
Vicos	VIC	C	0.218±0.005	9.32±0.23	7.63±0.17	5.34±0.13
Yana Tarwi	YAT	C	0.246±0.008	9.40±0.24	7.58±0.19	5.33±0.13
Churibamba	CHU	D	0.258±0.009	9.21±0.20	7.32±0.17	5.72±0.11
Huanuco 1 BN	HU1BN	D	0.232±0.006	9.10±0.24	7.35±0.15	5.43±0.15
Huanuco 1	HU1	D	0.227±0.004	9.59±0.21	7.78±0.24	5.37±0.20
Huanuco 2	HU2	D	0.224±0.010	9.65±0.21	7.71±0.19	5.32±0.18
CD Junin 7-2	CDJ7-2	E	0.268±0.008	9.98±0.17	8.13±0.23	4.58±0.09
CD Junin 10-2	CDJ10-2	E	0.231±0.004	10.78±0.21	8.59±0.11	4.85±0.20
H6 INIA BN	H6BN	E	0.257±0.008	10.18±0.21	8.07±0.21	4.49±0.13
H6 INIA BP	H6BP	E	0.283±0.007	10.93±0.22	8.94±0.21	4.98±0.11
Moteado beige	MOB	E	0.287±0.020	10.46±0.20	8.20±0.15	4.68±0.16
Yanamuclo 008-1	YA1	E	0.200±0.007	9.22±0.19	8.07±0.15	5.22±0.10
Yanamuclo 008-3	YA3	E	0.276±0.011	9.96±0.35	8.46±0.36	4.85±0.13
Yanamuclo PLGO	YAPL	E	0.269±0.013	10.99±0.40	9.37±0.22	4.41±0.13
Lircay	LIR	F	0.269±0.002	9.90±0.25	7.89±0.16	5.08±0.16
Andenes INIA	ANDIN	G	0.211±0.012	9.28±0.26	7.81±0.16	4.66±0.15
Compuesto blanco semiprecoz	CBSP	G	0.249±0.006	8.90±0.20	7.48±0.14	3.74±0.10
SGC 22	SGC22	G	0.295±0.005	10.76±0.19	8.71±0.17	4.68±0.08
Cheje Copani	CHC	H	0.196±0.007	10.07±0.30	7.85±0.23	4.41±0.14
Puno 2 blanquita	PU2B	H	0.198±0.009	9.08±0.26	6.76±0.18	3.26±0.14
Yunguyo	YUN	H	0.263±0.005	9.14±0.27	7.31±0.25	3.43±0.15

Fuente: Berru et al. 2021 (18)

Las especies de *Lupinus* también reportan diferencias como *L. mutabilis* frente a *L. albus*, *L. angustifolius* y *L. luteus*, obteniéndose como resultado un promedio de variabilidad de 55.35% entre *L. mutabilis* y *L. albus*, asimismo en el caso de *L. luteus*, el promedio que se obtuvo es de 52.45%, finalmente en el caso de *L. angustifolius*, el promedio es de 72.16%. Pudiendo determinar que *L. mutabilis* presenta mayor contenido lipídico frente a otras especies, por ello existen investigaciones como la de Czubinski et al. donde se evalúa la adaptabilidad de *L. mutabilis* en Europa, en esta se reporta que el *L. mutabilis* andino

presenta mayor contenido, esto podría deberse a que las semillas de *L. mutabilis* pueden acumular menor cantidad de lipidos cuando son sometidas a estrés hídrico durante el crecimiento(15), en el caso de los cultivos de tarwi en Perú, estos se desarrollan en provincias donde se reporta una humedad relativa, según SENAMHI, entre 48% y 70%, lo que podría ser un factor que implicaría el resultado de menor contenido en las semillas cultivadas en Europa.

Tabla 2 Composición proximal de *Lupinus mutabilis* según Tablas Peruanas de alimentos

	Proteína (g)	Lípidos totales (g)	Carbohidratos totales (g)	Energía (Kcal)	Fibra (g)
Tarwi Seco	17.3	17.5	17.3	277	n.d
Tarwi Cocido con cáscara	11.6	8.6	9.5	140	2.8
	Calcio (mg)	Fósforo (mg)	Zinc (mg)	Hierro (mg)	
Tarwi Seco	54	262	4.75	2.3	
Tarwi Cocido con cáscara	30	123	1.38	1.4	

Fuente: Tablas Peruanas de composición de alimentos, MINSA, INS (71)

Las especies de *Lupinus* también reportan diferencias como *L. mutabilis* frente a *L. albus*, *L. angustifolius* y *L. luteus*, obteniéndose como resultado un promedio de variabilidad de 55.35% entre *L. mutabilis* y *L. albus*, asimismo en el caso de *L. luteus*, el promedio que se obtuvo es de 52.45%, finalmente en el caso de *L. angustifolius*, el promedio es de 72.16%. Pudiendo determinar que *L. mutabilis* presenta mayor contenido lipídico frente a otras especies, por ello existen investigaciones como la de Czubinski et al. donde se evalúa la adaptabilidad de *L. mutabilis* en Europa, en esta se reporta que el *L. mutabilis* andino presenta mayor contenido, esto podría deberse a que las semillas de *L. mutabilis* pueden acumular menor cantidad de lipidos cuando son sometidas a estrés hídrico durante el crecimiento(15), en el caso de los cultivos de tarwi en Perú, estos se desarrollan en provincias donde se reporta una humedad relativa, según SENAMHI, entre 48% y 70%, lo que podría ser un factor que implicaría el resultado de menor contenido en las semillas cultivadas en Europa.

En la tabla 4 se indica que el concentrado proteico de *L. mutabilis* contiene 9 aminoácidos esenciales, destacando lisina, isoleucina, leucina, fenil-alanina y tirosina; y un bajo contenido de aminoácidos azufrados; en el caso del triptófano, algunos autores reportan su presencia con un promedio de 0.8 en grano crudo, sin embargo en el concentrado proteico

no se puede determinar, esto podría deberse al efecto del procesamiento en el aminoácido, como la posible destrucción por hidrólisis ácida; además del triptófano distintos aminoácidos pueden disminuir su concentración, por lo que se evalúa la utilización de diversos métodos para mejorar la calidad proteica del producto de *L. mutabilis*.

Tabla 3: Composición protéica y lipídica de diferentes especies del género *Lupinus*.

	<i>L. Luteus</i>	<i>L. Albus</i>	<i>L.angustifolius</i>	<i>L. mutabilis</i>
Proteína g/100 dw	Berru (2021) 39.03	Berru (2021) 31.02	Berru (2021) 29.16	Berru (2021) Perú 40.87
	Bartkiene (2016) 40.08	Tizazu & Emire (2010) 40.22	Bartkiene (2016) 32.2	Romero-Espinoza (2020) Ecuador 39.87
				Czubinsky (2021) Europa 44.70
				Intiquilla (2018) Perú 46.4
				Berru (2021) Perú 16.12
Lípidos g/100 dw	Berru (2021) 14.30	Berru (2021) 8.41	Berru (2021) 5.15	Romero-Espinoza (2020) Ecuador 15.51
	Bartkiene (2016) 4.4	Tizazu & Emire (2010) 8.92	Bartkiene (2016) 5.8	Czubinsky (2021) Ecuador 15.42
				Intiquilla (2018) Perú 31.6

El *Lupinus mutabilis* puede llegar a superar el 50% de contenido proteico, en los perfiles de aminoácidos esenciales mostraron que el contenido de lisina es más alto, comparado con valores de lisina reportados en la literatura para otras variedades de semillas de *Lupinus* como *L. albus*, 4.2%; *L. luteus*, 3.8%; además se puede considerar al concentrado de tarwi como competencia frente a granos comerciales como la soya, debido a la similitud aminoacídica tanto cuantitativo como cualitativo.

Tabla 4: Perfil de aminoácidos esenciales en concentrado protéico de *Lupinus mutabilis* (g/100g proteína)

Aminoácidos Esenciales	Intiquilla (2018) Perú	N Güemes Vera (2008) México	FAO ^a
Leucina	8	8.1	6.3
Lisina	5.8	6.8	5.2
Isoleucina	4.7	4.5	3.1
Fenilalanina	4.5	4.5	4.6 ^b
Tirosina	4.9	3.2	
Valina	3.6	4.8	4.2
Treonina	3.7	3.6	2.7
Met+Cys	2.7	0.8	2.6
Triptófano	ND	ND	0.7

ND: No determinado; a: Valores recomendados por FAO; b: Ph+Tyr

El patrón de las proteínas de tarwi presenta bandas de 34 kDa que podrían corresponder a albúmina, mientras que las bandas con masas moleculares entre 50-60 kDa y 35-45 kDa podrían ser cadenas de polipéptidos de β y α -conglutina (6).

Dentro de los lupinos, *L. mutabilis* es la única especie capaz de alcanzar el valor de 18% en contenido lipídico (el mínimo para la extracción industrial) (20), por lo general el contenido de lípidos promedia entre 12% y 22%, el tarwi aparece como una fuente prometedora para este macronutriente, destacando su alto contenido en ácidos grasos no saturados en donde predomina el ácido oleico y el ácido linoléico; el proceso de desamargado acuoso-térmico, que es el más común, no afecta de manera considerable al perfil lipídico de *L. mutabilis*; sin embargo, se pudo ver un aumento aparente de 0.27 % en el ácido oleico y una disminución de 4.40% en el ácido linoleico (21). Las muestras de *L. mutabilis* cultivadas en suelo andino muestran un aumento de 35% en ácido oleico y una disminución de 34% en ácido linoleico con respecto a los cultivos europeos reportados por Czubinsky(15). Esto puede explicarse debido a condiciones ambientales en el cultivo, siendo el valor reportado por Czubinsky (36.7 %) el más alto encontrado en esta recopilación para el ácido linoleico y con un valor similar a *L. angustifolius*.

En la tabla 5 el promedio de ácido oléico reportado por los diversos artículos es de 56.45 g/100g de ácidos grasos; siendo este resultado de importancia debido a los beneficios del ácido oléico, como inmunoregulator y ácido graso esencial (22), también destacan los ácidos grasos poli-insaturados como el ácido linoléico Ω -6 (24.45 g/100g de ácidos grasos) y en menor concentración el ácido linolénico Ω -3 (2.43 g/100g de ácidos grasos);

importantes para el correcto desarrollo y funcionamiento de tejidos, además de estar relacionados a la prevención de enfermedades cardiovasculares y precursores de otros metabolitos (23). A diferencia del aceite de soya, el aceite de tarwi no presenta gran cantidad de flavonoides (24).

Tabla 5: Perfil de ácidos grasos en *Lupinus mutabilis* (g/100g de ácidos grasos detectados)

Ácidos Grasos	Curti (2018) Argentina		Curti (2018) Argentina		Pascual- Chagman (2021) Perú	
	Crudo		Desamargado		Desamargado	
Saturado						
Ácido Palmítico (C16:0)	8.2	± 0.2	8.2	± 0.01	8.6	± 0.2
Ácido Esteárico (C18:0)	5.6	± 0.03	5.7	± 0.01	7.1	± 0.1
Ácido Araquídico (C20:0)	0.6	± 0.03	0.7	± 0.2	0.74	± 0.03
Ácido Behémico (C22:0)	0.7	± 0.04	0.7	± 0.01	0.67	± 0.04
Monoinsaturado						
Ácido Oléico (C18:1 ω-9)	56.3	± 0.5	56.7	± 0.1	56.2	± 0.8
Ácido Eicosenoico (C20:1 ω-9)	ND		ND		ND	
Ácido Erucico (C22:1 ω-9)	ND		ND		ND	
Poliinsaturados						
Ácido Linoleico (C18:2 ω-6)	26.1	± 0.5	25	± 0.1	23.5	± 0.4
Ácido Linolenico (C18:3 ω-3)	2.5	± 0.1	2.8	± 0.2	2.06	± 0.08

ND: No determinado

El *L. mutabilis* también contiene una variedad de compuestos bioactivos los cuales han sido relativamente poco estudiados, existiendo algunos reportes del contenido de metabolitos como fenoles, alcaloides, carotenoides y tocoferoles en grano; mientras que también se reportó la presencia de fitoesteroles en el aceite de *Lupinus mutabilis* (15).

Chirinos et al estudiaron la relación entre la capacidad antioxidante y fenoles, encontrando que el tarwi alcanzaba un alto valor de actividad antioxidante debido a su contenido de compuestos fenólicos (24).

La tabla 7 muestra el contenido de fenoles, estos se han reportado utilizando distintos estándares para fenoles totales, sin embargo, encontramos una coherencia en los resultados, excepto la investigación de Córdova-Ramos la cual obtuvo resultados más bajos de lo normal, debido probablemente a diferencias en el tratamiento, asimismo Chirinos reporta un bajo contenido de flavonoides para este cultivo (24)(25).

Tabla 6: Principales compuestos bioactivos en *L. mutabilis*.

		Czubinsky (2021) Europa	Pascual-Chagman (2021) Perú
Fitoesteroles	β-Sitosterol (%)	27.8	41.9
	Campesterol (%)	19.2	31
	Δ-5 Avenasterol (%)	8	11.3
	Estigmasterol (%)	8.7	13.4
	Totales (mg/Kg aceite)	8030 \pm 128	99930
		Czubinsky (2021) Europa	Berru (2021) Perú
Carotenoides	Luteína	3.30 \pm 0.04	1.19 \pm 0.05
	Zeaxantina	0.71 \pm 0.01	0.1 \pm 0.00
	Totales (mg/Kg DW)	4.51 \pm 0.05	1.68 \pm 0.07
		Czubinsky (2021) Europa	Berru (2021) Perú
Tocoferoles	γ-Tocoferol	170.6 \pm 2.8	288.0 \pm 5.5
	α-Tocoferol	2.0 \pm 0.2	0.84 \pm 0.05
	Totales (mg/Kg DW)	172.6 \pm 2.9	294.6 \pm 5.5
		Ortega-David (2010) Colombia	Cortés-Avenidaño (2020) Perú
Alcaloides	Lupanina	0.7305	3.8485
	Esparteína	0.2673	0.4953
	Totales (g/100g DW)	1.27	4.99

En la tabla 6 se presenta los contenidos de estos compuestos bioactivos, los cuales muestran una gran variabilidad dependiendo de la variedad de *L. mutabilis* analizada, las condiciones de cultivo y el método utilizado (8). En el caso de los fitoesteroles el más abundante es el β -Sitosterol, seguido por el Campesterol, otros fitoesteroles encontrados son el Δ -5 Avenasterol y Estigmasterol, entre otros de menor porcentaje.

Los tocoferoles en *L. mutabilis* corresponden mayormente a γ -tocoferol, sin embargo, el contenido de tocoferol se eleva al analizarse el aceite de tarwi obtenido por prensado, mientras que el contenido de carotenoides es bajo, siendo la luteína el más abundante junto a la zeaxantina.

Tabla 7: Compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante en *L. mutabilis*.

Fenoles	Mínimo	Máximo
Villacrés (2020) mg CA/100g dw Ecuador	1034.41±0.17	1311.13±3.93
Ranilla (2009) mg catequina/100g ww. Perú	967±7	1135±31
Córdova-Ramos (2020) mg AGE/g 100 dw. Perú	133±0.04	142±0.03
Capacidad Antioxidante DPPH	Mínimo	Máximo
Córdova-Ramos (2020) µmol Trolox/g dw. Perú	5.09±0.11	5.39±0.09
Ranilla (2009) µmol Trolox/g ww. Perú	0.82±0.04	2.31±0.11

Respecto a los alcaloides, se sabe que el género *Lupinus* contiene alcaloides quinolizidínicos que le dan un sabor amargo al grano. Se han caracterizado estos alcaloides siendo la lupanina el más abundante, seguido de la esparteína; cabe resaltar que diferentes variedades de *L. mutabilis* presentan diferentes cantidades de estos metabolitos, encontrándose incluso variedades dulces con contenidos menores a 0,005% (3)(39).

3. PROCESAMIENTO TECNOLÓGICO DE *Lupinus mutabilis*.

El contenido de antinutrientes en *L. mutabilis* hace obligatorio el procesamiento del grano cosechado, debido al sabor y toxicidad de algunos bioactivos como los alcaloides, se busca reducirlos hasta un nivel seguro para el consumo; al mismo tiempo, estos procesos pueden incrementar la concentración y disponibilidad de los nutrientes.

El desamargado por lixiviación (tratamiento acuoso-térmico) es el principal método utilizado para la obtención de productos en forma de grano, harina y otros; sin embargo, existen métodos emergentes como el tratamiento acuoso-salino, la fermentación del grano, la extracción con fluidos supercríticos.

Asimismo, el tarwi puede ser comercializado no solo en forma de grano sino también como concentrado proteico de tarwi que es obtenido por métodos de extracción de proteínas o por extracción por ultrasonido.

El aceite de tarwi es otro de los productos que se pueden aprovechar en la industria; el tarwi alcanza la concentración mínima de 18% para la extracción industrial, pudiendo ser obtenido por prensado o extracción con solventes, con un rendimiento aceptable.

Otros productos de tarwi pueden incluir bebidas de tarwi, grano genéticamente modificado e insecticidas a base de alcaloides.

En conclusión, existen diversos productos como grano desamargado, harina, concentrado proteico, aceite y otros. El presente trabajo divide los productos de tarwi y presenta los procesos para obtenerlos.

A) PROCESAMIENTO PARA PRODUCTO EN GRANO

El grano del tarwi después de un primer proceso puede ser comercializado entero, granulado o harina, para estos productos el primer proceso es el desamargado que básicamente consiste en disminuir los alcaloides totales a una concentración de 0.02% en base seca (27); tanto la lupanina como la esparteína (principales alcaloides) generan un sabor amargo al grano, se pueden indicar 4 etapas en el proceso de desamargado que son: hidratación, cocción, lavado y secado; la evaluación de estas etapas son imprescindibles para el modelamiento del proceso de desamargado acuoso, sin embargo existen otros métodos para la mejora del producto como son: el proceso de fermentación con distintos microorganismos y la extracción por fluidos supercríticos; buscando obtener un producto con menos anti-nutrientes y procesos más eficientes en cuanto a tiempo y consumo de recursos.

(a) DESAMARGADO TRADICIONAL

El método tradicional indica que los pobladores suelen remojar en agua el grano ya limpio y clasificado por tamaño durante 1 día, posteriormente se lleva a cocción por una hora y luego es lavado en agua corriente durante 4-5 días hasta que el sabor amargo haya desaparecido (2).

El proceso de desamargado se inicia con una hidratación del grano y posterior cocción del mismo; similar al método tradicional. Carvajal-Larenas et al. concluyeron que el tiempo óptimo de hidratación está en el rango de 18 a 27 horas

en una relación 3:1 agua:grano seco (m/m) seguido de cocción por 1 hora a la misma relación agua:grano . Estos procesos permiten una primera pérdida de alcaloides por difusión hacia el medio, así como un aumento del peso fresco debido a la acumulación de agua (9).

En el laboratorio se ha tratado de optimizar la técnica de lavado, en alguno de ellos se utiliza flujos mientras que en el otro se deja reposar y se elimina el agua para su próximo cambio. Cortes-Avendaño realizó una hidratación por 12 horas con una relación 1:6 (m/v), posteriormente cocción por 1 hora con un cambio de agua a los 30 minutos, luego se realizó el lavado con flujo de agua por 5 días y el secado a 50 °C por 18 horas; finalmente la molienda, consiguiendo reducir el contenido de alcaloides a 0.003%; mientras que Gutiérrez realizó el lavado sin flujo durante diferentes horas obteniendo el mejor resultado en 2 días con una reducción de los alcaloides hasta 0.0058%, también realizó diferente número de cambios de agua durante el lavado concluyendo que con 10 cambios se obtenían buenos resultados (14)(28).

Carvajal-Larenas et al. evaluaron el cambio de agua de lavado usando un hidroagitador, concluyendo que mientras más frecuente sea el cambio, la pérdida de alcaloides y sólidos es mayor e indica que el tiempo y número de lavados óptimo en esta etapa es de 3 lavados de 22 horas. Finalmente, podemos concluir que existen variables importantes en el proceso de desamargado como son; el número de lavados, tipo de lavado y la relación en la proporción de materia prima:agua (m/v), esta última debido a que, si el volumen de agua en el proceso de lavado es bajo, este puede llegar a saturación impidiendo así la salida óptima de alcaloides (9)(28).

En el proceso de desamargado no sólo cambia la concentración de los alcaloides si no también se ha podido ver algunas variaciones en cuanto al contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante, ya que muchos de estos bioactivos suelen ser polares y pueden perderse con el lavado o desnaturalizarse con la temperatura. Córdova-Ramos menciona que utilizando el método acuoso-térmico en *Lupinus mutabilis* variedad Altagracia, el contenido de compuestos fenólicos totales (TPC) disminuye en 22.56% en dicha variedad; siendo esta disminución estadísticamente significativa, además menciona que la capacidad antioxidante disminuye en 23.01%. Adicionalmente se demostró en el estudio que en muestras desengrasadas (por método Soxhlet con hexano) el contenido de TPC disminuyó en

20.67%; concluyendo que el desengrasado aumenta la concentración de TPC; sin embargo, al momento de pasar por el proceso de desamargado, no se encontró diferencia estadística. Respecto a la capacidad antioxidante en la misma variedad se reportó una disminución del 15.30%; no encontrando diferencia estadística (25).

Un estudio posterior realizado por Brandolini et al. reporta la variación del contenido de algunos compuestos bioactivos; en el caso de los tocoferoles (319 mg/kg DM) y flavonoides ligados, estos se incrementaron ligeramente, los carotenoides no sufrieron cambios y los ácidos fenólicos libres y ligados disminuyeron en 76.2% y 50.1% (29).

Pascual-Chagman et al. reportaron cambios en el contenido nutricional en el grano de tarwi después del proceso de desamargado. Si bien el proceso no genera mayor cantidad de nutrientes; al eliminar otros compuestos si consigue elevar la concentración principalmente de proteína y grasa totales. Aumentando dicha concentración en 19.37% en el caso de proteínas y en 38.70% para grasas totales; mientras que los carbohidratos, fibra cruda y cenizas disminuyeron su concentración. Esto favorece la obtención de productos de tarwi, sin embargo, también tienen efectos sobre algunos componentes; como sería la desnaturalización de proteínas e hidrólisis de algunos aminoácidos, principalmente triptófano. De manera similar Córdova-Ramos reporta que tras el proceso de desamargado el contenido proteico aumentó en 12.87% (54.4g/100g DM), la digestibilidad *in vitro* de proteína se aumentó de 61.2% en harina amarga a 63.7% en harina desamargada; debido a la desnaturalización proteica por calor (el proceso no indujo daño por calor significativo) y a la reducción de antinutrientes como ácido fítico e inhibidores de la tripsina; el contenido de lípidos aumentó en 34.68% (24.8g/100 g) tras el desamargado; se menciona también que el contenido de carbohidratos totales sufrió una pérdida del 40%, incluyendo fibra y la eliminación total de los azúcares que podrían generar una degradación posterior (30)(25).

Villacrés describe un tratamiento térmico-salino; en el cual se adiciona cloruro de sodio 0.5% (w/v) al agua en los procesos de hidratación, cocción y lavado del grano a 35 °C, utilizando un segundo lavado para remover el NaCl retenido en el grano. Este proceso consiguió reducir los alcaloides a un nivel seguro para el consumo humano 0.25%-0.35% b.s, y además fue más eficiente que el proceso térmico-

acuoso, utilizando menor volumen de agua y menos tiempo; sin diferencias significativas en el contenido total de nitrógeno (31).

(b) *PROCESAMIENTO CON FERMENTACIÓN.*

Se estudian también métodos que aplican fermentación con distintos microorganismos, Villacrés reporta que tras el proceso de desamargado, secado por 2h a 60°C y liofilización a -40 °C y -0.9 bares por 4 días, y la aplicación de un proceso de fermentación inoculando 500 µl de suspensión de esporas de *Rhizopus oligosporus* e incubación por 4 días a 28 °C y liofilización del grano fermentado a -40 °C y -0,7 bar por 4 días. Se produjeron cambios significativos en la composición nutricional; incrementándose el contenido protéico a 34.455 g/100g y también el contenido de aminoácidos esenciales como valina (5.462 g/100g), metionina (4.247 g/100g), isoleucina (5.927 g/100g) y leucina (7.632 g/100g), destacando el incremento en metionina, ya que estos aminoácidos azufrados son de baja concentración inicialmente; sin embargo, el contenido de triptófano descendió significativamente, quedando por debajo del valor estándar que es de 7mg/g. Respecto al contenido lipídico, este se incrementó a 55.978 g/100g y especialmente los ácidos grasos mono-insaturados y poli-insaturados; considerando que el ácido oleico es el principal ácido graso encontrado en *L. mutabilis*, el proceso de fermentación podría mejorar tanto el producto en grano como el aceite de tarwi. Asimismo, se reportó que los niveles de almidón disminuyeron hasta 1.304g/100g de almidón total, siendo así un potencial alimento para personas diabéticas (32).

El estudio de la cinética de este proceso realizado por Villacrés mostró el aumento de acidez titulable durante el tiempo de fermentación, consistentemente el pH disminuyó durante este proceso; esto debido a la producción de ácidos orgánicos. El contenido de nitrógeno total aumentó durante el proceso de fermentación, pudiendo generarse modelos matemáticos en forma de ecuaciones polinomiales de cuarto grado para la comprensión de la cinética del proceso, la fermentación del grano entero desamargado alcanzó una concentración crítica de nitrógeno (la concentración de nitrógeno donde se alcanza la mayor velocidad de formación de nitrógeno) de 110 g/kg y la mayor velocidad de formación de nitrógeno a las 41 horas, siendo esta de 1.04 g kg⁻¹h¹. Sin embargo, se obtuvieron mejores parámetros cuando el grano fue molido previamente y descascarado. La digestibilidad *in vitro* de las proteínas

aumentó a valores cercanos o superiores a 90%, siendo mejor en los tratamientos que permitieron un mayor contacto de superficie por parte de la cepa fúngica (33).

Villacrés también reportó en un estudio posterior que el proceso de desamargado y fermentación reducía ciertos compuestos antinutrientes como nitratos en 94.21%, taninos en 99.46%, ácido fítico en 84.62%, inhibidores de la tripsina en 76.28%, actividad ureasa en 59.66% y alcaloides de 3.74% a 0.18%. Los compuestos bioactivos también sufrieron cambios debido al proceso de desamargado y fermentación; el ácido ascórbico disminuyó de en 75.64% su concentración, mientras que los carotenoides, fenoles totales y actividad antioxidante (medida por ensayo ABTS) si bien disminuyeron su concentración durante el desamargado, los niveles aumentaron con la posterior fermentación; destacando el contenido de carotenoides el cual siendo 3.87 $\mu\text{g/g}$ antes del proceso, había disminuido a 1.30 $\mu\text{g/g}$ después del desamargado, y aumentado nuevamente a 3.01 $\mu\text{g/g}$ tras el proceso de fermentación. La capacidad antioxidante registró una disminución del 48.24% finalizado el proceso y los fenoles totales sufrieron una disminución de 75.09% (34).

Rhizopus oligosporus no es el único microorganismo utilizado en la fermentación de *L. mutabilis*; Romero-Espinoza et al. estudiaron la fermentación con levaduras (*Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces boulardii*) y una mezcla de bacterias probióticas (*Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus plantarum*, *Bifidobacterium infantis* y *Streptococcus thermophilus*); esta investigación no realizó un proceso de desamargado previo a la fermentación (12).

El proceso de fermentación evaluó varios tratamientos que incluían tanto los microorganismos separados como juntos, aunque sin mezclar ambas levaduras. Dicho proceso consistió en la mezcla a mano del grano con agua y suspensión del inóculo en relación 1.9:1 (v/m) para formar una masa que fue sellada y sometida a fermentación semi-sólida por 24 horas en una cámara ambiental a 37 °C y 70% HR. Las masas fermentadas fueron congeladas a -80 °C y liofilizadas por 4 días a -50 °C y 0.032 mbares. La fermentación con estos microorganismos consiguió un incremento promedio de 12.5% en el contenido proteico después de 24 horas, siendo 46.22 ± 0.19 g/100 el valor más alto, el cual fue obtenido a través de la fermentación con bacterias probióticas y *S. cerevisiae* en conjunto; con respecto al contenido de lípidos el proceso de fermentación consiguió un aumento significativo al usar *S.*

cerevisiae y bacterias probióticas por separado. Asimismo, se observó una disminución del contenido de carbohidratos y ninguna diferencia significativa en fibra y cenizas (12).

La fermentación con levaduras y bacterias probióticas también consiguió la reducción de factores antinutrientes, reduciendo significativamente el ácido fítico en 64.41%; sin embargo, la cocción del grano sigue siendo superior a la hora de reducir este antinutriente; el proceso fermentativo también redujo significativamente los niveles de oligosacáridos RFO (rafinosa, estaquiosa, verbascosa) pudiendo alcanzar un valor mínimo de 0.85 g/100g, se considera que los microorganismos fermentadores degradan estos oligosacáridos por medio de las enzimas α -galactosidasa y D-galactosidasa. Respecto a los alcaloides quinilizidínicos estos disminuyeron significativamente de 2.43% hasta un mínimo de 1.54%, siendo este valor insuficiente para alcanzar los niveles seguros para el consumo humano, por lo que una etapa extra de desamargado debería ser sugerida (12).

(c) *PROCESAMIENTO CON EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS.*

Rosas Quina estudió la extracción por fluidos supercríticos, siguiendo los siguientes parámetros: 323K de temperatura, presión de 27 MPa y CO₂ como solvente supercrítico, usando etanol diluido como co-solvente. Aunque, este proceso estuvo limitado a solo una fracción de la muestra tratada. Obteniendo un rendimiento casi idéntico al tratamiento acuoso-térmico; sin embargo, se logró conservar las propiedades nutricionales y reducir el tiempo de proceso de un máximo de 10 días a solo 2.5 horas, así como el agua requerida. Finalmente, al evaluarla como una alternativa para el desamargado de *Lupinus mutabilis*, esta tecnología se vio limitada al aumentar la cantidad de materia, no alcanzando aún un rendimiento óptimo a escala industrial, debido a que si se agregaba mayor cantidad no se obtenía el desamargado adecuado y por tanto no es utilizable para procesos industriales que quieran mayor productividad (35).

B) *PROCESAMIENTO PARA CONCENTRADO PROTEICO.*

Los alimentos basados en proteína vegetal van tomando importancia debido a las propiedades funcionales de los mismos, su facilidad para ser consumidos como suplementos alimenticios y el cambio de tendencia hacia una fuente de proteínas más saludable. Los concentrados proteicos son obtenidos tras la extracción de proteínas y

eliminación de impurezas, obteniendo un mínimo de 70% proteínas; aunque la proteína vegetal provee menor cantidad de péptidos que la proteína animal, sigue siendo una fuente interesante al contribuir no solamente con péptidos sino también con compuestos antioxidantes, entre otros (42).

Debido al contenido proteico en *L. mutabilis* y los aminoácidos esenciales presentes, la industrialización de productos proteicos a partir de este grano resulta conveniente como alternativa, en el mercado existen concentrados proteicos de granos como la soya los cuales contienen dentro de sus proteínas aminoácidos como leucina y tirosina; el concentrado proteico de tarwi aportaría principalmente leucina, lisina y ácido aspártico, ideal para el desarrollo muscular, además de compuestos bioactivos presentes y la posibilidad de utilizar otros procesos como la hidrólisis enzimática para mejorar aún más el producto (37).

(a) PROCESAMIENTO POR HIDROLISIS ENZIMÁTICA.

Para la obtención de un concentrado proteico se utilizan métodos de extracción de proteínas basados en precipitación por cambio de pH; Intiquilla et al. obtuvieron el concentrado proteico a partir de harina de tarwi desamargada y desgrasada, la suspensión de harina fue tratada a pH 10 para eliminar el almidón por precipitación y otros sólidos por lavado y filtración, seguidamente se ajustó el pH a 4,4 para recuperar la proteína por centrifugación; una vez obtenido un pellet de proteína, se lavó con agua destilada, se ajustó el pH a 7 y se liofilizó.

Una suspensión al 4% de concentrado proteico en Tris-HCl 50 mM y pH 8.5 fue sometida a hidrólisis enzimática con alcalasa a 50°C y agitación a 150 rpm. El proceso finaliza con la inactivación de la enzima por temperatura, centrifugación a 4 °C y la recuperación del sobrenadante (6).

El concentrado proteico tuvo un rendimiento de 26.2% utilizando etanol para el proceso de desgrasado y un contenido proteico del 80.2% en el concentrado; obteniendo también valores de leucina, isoleucina y fenilalanina-tirosina superiores al requerimiento diario según FAO (6.3 g/100g proteína para leucina, 3.1 para isoleucina y 4.6 para fenilalanina-tirosina), también se obtuvo un valor de 95.2% en digestibilidad *in vitro*. El proceso de hidrólisis fue optimizado mediante software, determinando que, para el mayor grado de hidrólisis, la relación enzima sustrato es 1.72% y el tiempo de hidrólisis es 133; los parámetros óptimos para la mayor

actividad antioxidante son 1.87% y 138 min respectivamente, el grado de hidrólisis obtenido fue 45.7% y la actividad antioxidante tuvo un valor de 2.7 TE/ μ mol, analizado por ABTS, siendo un aumento del 1250 % respecto al valor obtenido del concentrado sin hidrolizar. Pudiendo esto ser explicado por la liberación de aminoácidos aromático y de aminoácidos hidrofóbicos tras la hidrolisis (6).

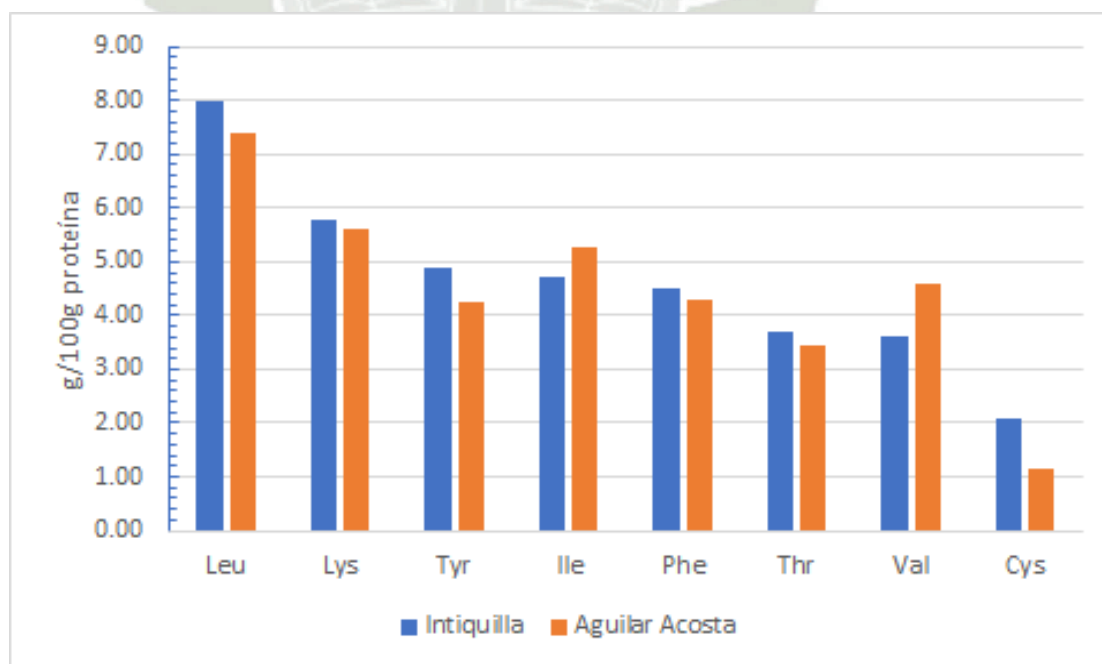
(b) PROCESAMIENTO POR EXTRACCIÓN CON ULTRASONIDO.

La técnica de extracción por ultrasonido se basa en la ruptura de la estructura celular por cavitación, liberando el contenido al medio para una posterior purificación. (44). Aguilar-Acosta et al, realizaron un estudio del efecto de la aplicación de esta técnica en la extracción alcalina de proteínas. Se usó harina desgrasada para el tratamiento con ultrasonido bajo los siguientes parámetros: pH 9; frecuencia 24kHz; amplitud 100 μ m; diámetro de sonótrodo 22 mm; densidad del poder acústico 85 W/cm². Luego de centrifugar, se tomó el sobrenadante para realizar una precipitación ácida a pH 4.5 usando HCl 15% v/v; finalmente se volvió a centrifugar para rescatar el pellet, el cual contiene las proteínas (37).

Este proceso obtuvo un rendimiento proteico superior al 70%, estando el resto de proteína repartido entre el bagazo y el suero; la digestibilidad *in vitro* del concentrado proteico no se vio afectado por el tratamiento con ultrasonido alcanzando casi el 100%, esto puede deberse a efectos del proceso de extracción, además no se detectaron inhibidores de la tripsina en el concentrado proteico; el perfil aminoacídico del concentrado proteico muestra incremento en la concentración de aminoácidos esenciales, especialmente los aminoácidos azufrados, leucina y valina; sin embargo, el contenido de triptófano sigue siendo bajo, obteniendo una puntuación de aminoácidos de 0,7. El tratamiento también generó cambios en la estructura proteica los cuales se observaron en la aparición de estructuras desordenadas y nuevas bandas de alto y bajo peso molecular en el perfil electroforético; las primeras podrían aparecer debido a la agregación y coagulación de proteínas, mientras que la segundas pueden parecer debido a la desnaturalización por calor propia del proceso. El proceso no realizó un desamargado previo, sin embargo, los alcaloides fueron reducidos en el concentrado proteico a 0.03%, la mayoría quedó en el suero al haber sido liberados debido a la lisis celular provocada por el tratamiento con ultrasonido; asegurando este resultado la inocuidad del concentrado proteico (37).

Podemos ver en la figura 1 que ambos tratamientos obtienen un concentrado proteico con alto contenido en leucina y lisina, el hidrolizado enzimático obtenido por Intiquilla et al. obtuvo valores más altos de estos aminoácidos con una diferencia de 0.62 y 0.21 g/100g proteína respecto al concentrado proteico obtenido por Aguilar-Acosta usando ultrasonido para mejorar la extracción alcalina, estas diferencias son mínimas; sin embargo, el porcentaje proteico obtenido por Intiquilla et al. (80%) es superior que el concentrado proteico obtenido por extracción con ultrasonido (72%); esto podría ser debido a que el proceso de extracción e hidrolizado fue optimizado mediante software, mientras que el otro proceso no recibió tal optimización. Ambos procesos utilizaron harina desgrasada como materia prima, son sencillos y rápidos; podemos señalar la ventaja del hidrolizado proteico al obtener un mayor rendimiento, sin embargo, fue necesario un proceso de desamargado previo; lo cual genera un gasto de agua y por lo menos 48 horas para la reducción de alcaloides a niveles seguros en un tratamiento convencional, por el contrario, en el caso del concentrado obtenido por ultrasonido en cambio no necesito dicho proceso, reduciéndose el tiempo, aunque hay que considerar el equipamiento adecuado para el uso del ultrasonido.

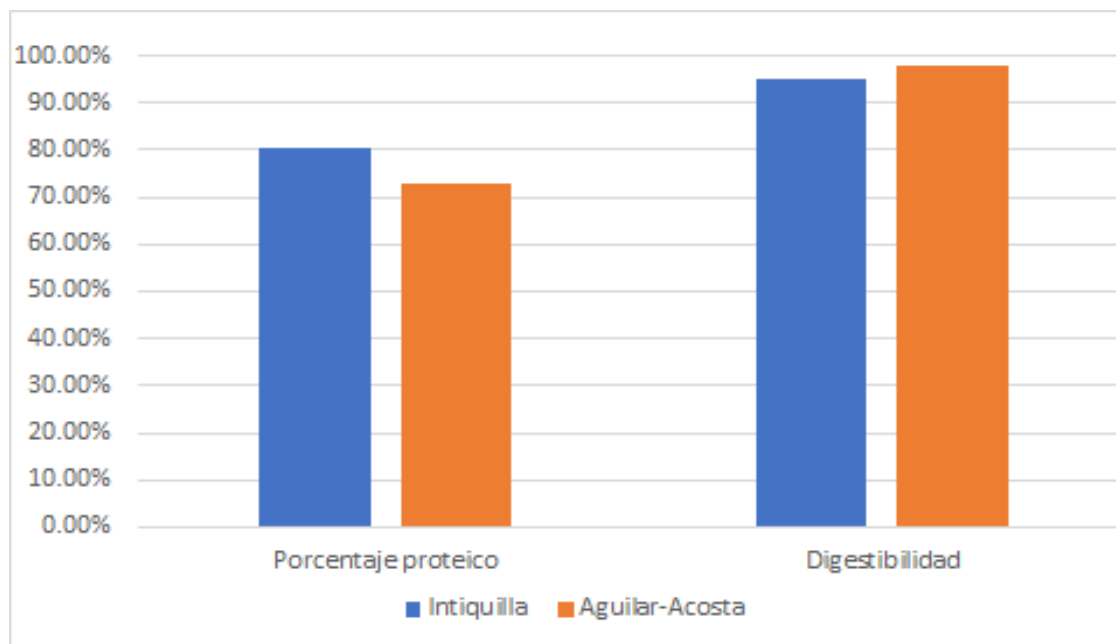
Figura 1: Perfil aminoácido de los concentrados proteicos de *Lupinus mutabilis*



Podemos observar en la figura 2 que la digestibilidad in vitro de ambos concentrados proteicos exhibe porcentajes superiores al 90%, en ambos estudios, demostrando que la

proteína de tarwi no tendría mayores problemas al momento de ser consumida y aprovechada por el ser humano, asimismo no se detectan inhibidores de la tripsina.

Figura 2: Digestibilidad in vitro y porcentaje proteico de los concentrados proteicos.



De la misma manera en la figura 3, al comparar el hidrolizado proteico de tarwi obtenido por Intiquilla et al. con un concentrado de soya, solo vemos una diferencia de 46.15% para la tirosina y 28% para la valina; considerando estos datos, el tarwi puede ser una alternativa para generar productos alimenticios como la soya, ya que esta es bastante utilizada en forma de alimentos para reemplazar proteína animal.

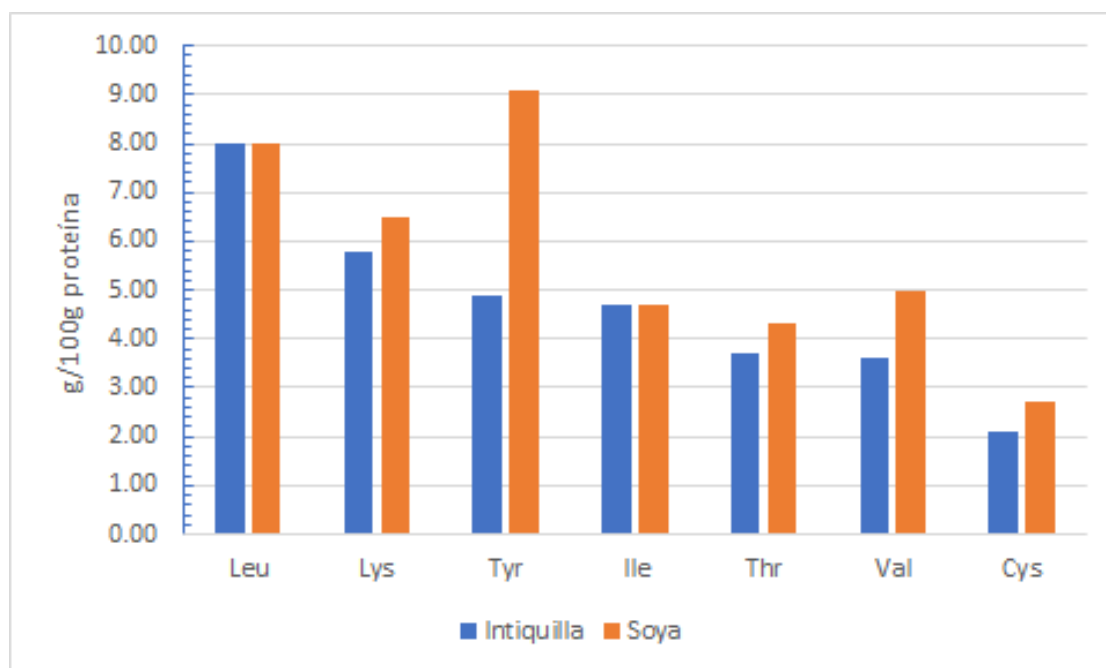
C) PROCESAMIENTO PARA ACEITE DE *Lupinus mutabilis*.

A pesar de que el contenido proteico en *Lupinus mutabilis* es de mayor interés, el contenido lipídico en esta leguminosa es suficiente para permitir la extracción industrial, se destaca la presencia de ácidos grasos insaturados, en especial ácido oleico y ácido linoleico; además de una serie de compuestos bioactivos como fitoesteroles, carotenoides y tocoferoles. Entre los métodos de extracción se encuentran la extracción con solventes y la extracción por prensa.

Es necesario evaluar las características fisicoquímicas del aceite para asegurar que sea seguro para su consumo, algunas de estas características son: el índice de peróxido, que indica la intensidad de oxidación de una grasa; el índice de acidez, que es un indicador general de la condición y comestibilidad de los aceites; el índice de saponificación, que

es un indicador de la longitud de los ácidos grasos presentes; el índice de yodo, un indicador del grado de insaturación del aceite y la materia insaponificable, el cual indica la pureza del aceite (23).

Figura 3: Contenido proteico del concentrado de *Lupinus mutabilis* vs soya



D) PROCESAMIENTO PARA ACEITE DE *Lupinus mutabilis*.

A pesar de que el contenido proteico en *Lupinus mutabilis* es de mayor interés, el contenido lipídico en esta leguminosa es suficiente para permitir la extracción industrial, se destaca la presencia de ácidos grasos insaturados, en especial ácido oleico y ácido linoleico; además de una serie de compuestos bioactivos como fitoesteroles, carotenoides y tocoferoles. Entre los métodos de extracción se encuentran la extracción con solventes y la extracción por prensa.

Es necesario evaluar las características fisicoquímicas del aceite para asegurar que sea seguro para su consumo, algunas de estas características son: el índice de peróxido, que indica la intensidad de oxidación de una grasa; el índice de acidez, que es un indicador general de la condición y comestibilidad de los aceites; el índice de saponificación, que es un indicador de la longitud de los ácidos grasos presentes; el índice de yodo, un indicador del grado de insaturación del aceite y la materia insaponificable, el cual indica la pureza del aceite (23).

(a) PROCESAMIENTO CON SOLVENTES ORGÁNICOS

Villacrés realizó un estudio del aceite de tarwi para evaluar parámetros fisicoquímicos y nutricionales, además de realizar comparaciones con aceites comerciales, para ello realizó una extracción por Soxhlet utilizando hexano de grado alimenticio y posterior refinamiento a través de los procesos de desgomado, neutralización, decolorado y winterizado; obteniendo un rendimiento de 25,65% a partir de grano seco, desamargado, molido hasta 20 mesh y 8 horas de reflujo, el refinamiento posterior obtuvo un rendimiento total de 19.39% en relación al grano (23).

El aceite refinado de tarwi presentó las siguientes características químicas: índice de peróxido de 2.59 mEq O₂/kg; índice de acidez de 0.66%, índice de saponificación de 188.2 mg KOH/g, índice de yodo de 115,1g I₂/100 g, materia insaponificable de 1.16%. Además, el aceite presentó un alto contenido de ácido oleico (48%) y ácido linoleico (26-28%), siendo el total de ácidos grasos insaturados de 79.38%, asimismo se encuentra una concentración notable de γ -tocoferol (1172.8 ppm) (23).

Estas características hacen del aceite refinado de tarwi un producto comparable a otros aceites comerciales, como la soya, girasol u oliva; sin embargo, se deben destacar las diferencias que aparecen debido a la naturaleza del grano, como es el menor contenido de ácido linolénico y ácido linoleico con respecto al aceite de soya; a pesar de que el porcentaje de ácidos grasos insaturados es similar en ambos aceites; de la misma manera el índice de acidez del aceite de tarwi tiene un valor superior al permitido en normas técnicas (0.2%); el contenido de ácidos grasos insaturados impediría su uso como aceite para frituras, debido a la formación de radicales libres por la ruptura de los enlaces dobles; sin embargo, sería ideal para su consumo directo debiendo reducirse el índice de acidez a niveles aceptables; aportando no solamente ácidos grasos insaturados importantes, sino también un antioxidante como el γ -tocoferol (23).

(b) PROCESAMIENTO CON EXTRACCIÓN POR PRENSA.

Pascual-Chagman estudió la extracción de aceite de tarwi por prensa expeller utilizando granos de la variedad Andenes secos, desamargados, triturados y tamizados hasta un tamaño de partícula de 0.5 mm, los granos se humedecieron hasta el 11% para un mejor proceso de extracción; el diámetro de la boquilla de salida de

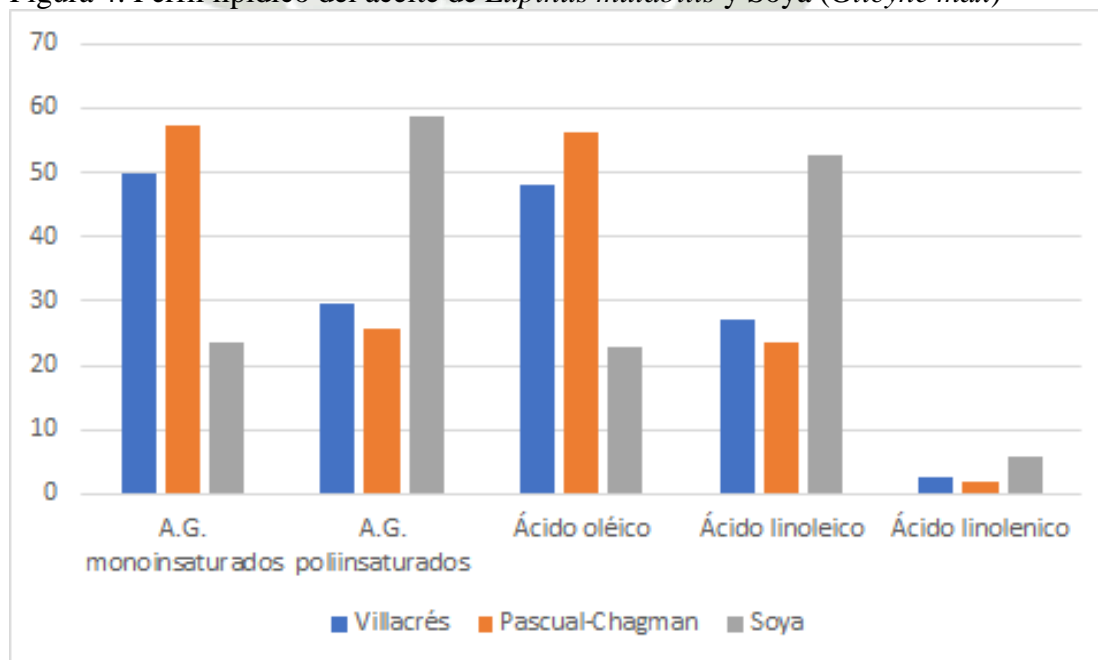
la cámara de prensado de 0,6 cm y la velocidad de rotación del tornillo sin fin de 15 rpm obtuvo un rendimiento de 22,06% (30).

El aceite extraído por prensa presentó las siguientes características químicas: índice de peróxido 2.7 mEq O₂/kg; índice de acidez 3.2 mg KOH/g, índice de yodo 5.8 g I₂/100 g, materia insaponificable 0.3%. Además, el contenido de ácido oleico llegó a 56,2%, el ácido linoleico 23.5%, siendo el porcentaje de ácidos grasos insaturados de 82.76 %, entre los compuestos bioactivos destacan fitoesteroles 99930 mg/100g; destacando el β-sitosterol (41,9%), el γ-tocoferol alcanzó un valor de 555 mg/kg (30).

Se analizó también la torta obtenida tras el prensado, dicha torta obtuvo un valor superior de compuestos polifenólicos (128.47 mg AGE/100g) respecto al aceite (7.04 mg AGE/100g), explicándose esto por la naturaleza hidrosoluble de dichos compuestos (30).

El estudio de la estabilidad oxidativa del aceite, aplicando el método Rancimat obtuvo un tiempo de vida útil de 2.7 años, mostrando un aceite muy estable, lo cual puede deberse a la elevada concentración de ácido oleico presente. El aceite extraído por prensa podría incluso pasar un proceso de refinamiento posterior, pudiendo mejorar sus características y obtener un aceite comercial competitivo (30).

Figura 4: Perfil lipídico del aceite de *Lupinus mutabilis* y Soya (*Glycine max*)



La figura 4 nos muestra también la comparación entre los aceites de tarwi extraídos por solventes, prensado y el aceite de soya. Se puede observar claramente las diferencias entre ambas especies, el tarwi presentando un mayor contenido de ácidos grasos monoinsaturados y la soya presenta mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados. El porcentaje de ácido oleico es notable en el aceite de tarwi obtenido por prensado, superando tanto al aceite extraído por solventes, como a la soya; sin embargo, la soya supera por mucho a ambos aceites de tarwi en el contenido del ácido linoleico (Ω -6) y ácido linolénico (Ω -3); de todas maneras, el contenido de estos ácidos grasos en el aceite de tarwi aporta a su capacidad nutricional, así como a su estabilidad.

Respecto a los procesos de extracción de aceite de tarwi, podemos ver un rendimiento superior en el aceite obtenido por prensado (22.06%) sobre el aceite refinado de tarwi obtenido por solventes (19.39%); el primero también obtuvo mejores características químicas y un residuo en forma de torta, la cual puede ser utilizada para generar otros productos. La extracción por prensa es un proceso menos contaminante que la extracción por Soxhlet, al no utilizar solventes orgánicos como el hexano y reduciendo del número de procesos para la obtención del aceite; el prensado puede resultar más beneficioso para la extracción industrial, siendo posible también la refinación posterior del aceite extraído.

Respecto al contenido de tocoferol, el aceite refinado de tarwi obtuvo una concentración de 1172.8 ppm, mientras que el extraído por prensa alcanzó los 555 ppm; en comparación, el aceite de soya presenta un rango de 1500 ppm - 2100 ppm; siendo superior en este último.

E) PROCESAMIENTO PARA OTROS PRODUCTOS DE *Lupinus mutabilis*.

El *Lupinus mutabilis* puede ser tratado de otras maneras que no corresponden a las categorías anteriores, principalmente al no enfocarse principalmente en productos para el consumo humano directo; sin embargo, son alternativas muy interesantes debido a las posibilidades que se generan para este cultivo; entre estos productos se presentan: el grano de *Lupinus mutabilis* modificado genéticamente e insecticidas a base de alcaloides de tarwi.

(a) *TRANSFORMACIÓN GENÉTICA EN GRANO DE Lupinus mutabilis.*

Polowick desarrolló un método de transformación genética para *L. mutabilis* mediado por *Agrobacterium tumefaciens*. El vector LBG66 fue modificado para incluir el gen de la adenosina desaminasa humana (hADA) junto con su gen promotor específico para semillas de leguminosa (LegA2), un péptido señal para inhibidor de proteinasa (*PinII*) y el terminador 35S; además de incluir el gen *nptII* para la resistencia a kanamicina. Las semillas de tarwi fueron esterilizadas en su superficie lavandolas con etanol 70% (v/v) por 1 min e hipoclorito de sodio 1% por 20 minutos, estas semillas fueron hidratadas durante 18h utilizando agua destilada y aquellas semillas que quedaron intactas fueron llevadas a la etapa de inoculación con *Agrobacterium*, en donde se aisló el embrión y se realizaron cortes longitudinales, los cuales fueron colocados en papel filtro estéril y sobre el medio de cocultivo, se inoculó cada corte con 5 μ l de suspensión de *Agrobacterium* (OD = 0.06 a A_{660} en medio 2YT). Los cortes fueron incubados por 4 días en un cuarto oscuro a temperatura ambiente. Luego de este co-cultivo, se siguieron etapas sucesivas de crecimiento en medio de inducción, elongación, enraizamiento y finalmente transferido a suelo; los análisis histoquímicos y de actividad ADA mostraron que la enzima producida en las semillas de tarwi era funcional y heredable; siendo estable hasta la 5ta generación; además las pruebas por PCR confirmaron la presencia del transgén. Las etapas de regeneración vegetal fueron luego optimizadas y obtuvieron una eficiencia de transformación del 7.4%, siendo superior a resultados obtenidos en otras especies de lupino y otras leguminosas (38).

Esto abre una variedad de posibilidades para el uso del *L. mutabilis* como un organismo capaz de expresar genes foráneos; entre las ventajas de la utilización de tecnologías moleculares en esta planta podríamos destacar la incorporación de genes que puedan conferir resistencia a plagas o heladas; la inclusión de genes que mejoren el contenido nutricional del grano de tarwi; genes que silencien o disminuyan la producción de alcaloides y finalmente la producción de proteínas foráneas para su posterior extracción (38).

(b) *INSECTICIDAS A BASE DE ALCALOIDES DE Lupinus mutabilis.*

Gutiérrez et al experimentaron con aguas residuales provenientes del proceso de desamargado de tarwi; sin embargo, el tratamiento sobre larvas de *S. eridania* no

mostró efecto en la mortalidad de estas; consiguiendo solamente una reducción de la alimentación foliar del 18% (39).

4. IMPACTO DEL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN.

Considerando este contexto, vemos que la industrialización de *Lupinus mutabilis*; es decir, la implementación de procesos para la optimización del desamargado, la generación de nuevos productos y la revalorización del cultivo, presentaría ventajas sobre el consumo tradicional. Esto debido a que el consumo tradicional en grano o harina se da normalmente a través de mercados populares, con venta a granel; siendo desconocido para una gran parte de la población y teniendo una baja producción y consumo para un cultivo con tanto valor nutricional. La industrialización utilizando los procesos, nos permiten aprovechar el tarwi de distintas maneras no solamente en forma de grano o harina, sino también como productos proteicos, aceites, o formulaciones derivadas; este aprovechamiento puede generar un impacto positivo en el consumo del tarwi y la introducción al mercado masivo. Sin embargo, se debe considerar que los procesos industriales son más complicados y requieren una logística más avanzada que el consumo tradicional y los costos del producto pueden verse aumentados; a pesar de esto, la implementación de procesos industriales se vuelve rentable al añadir valor al producto final.

A) IMPACTO EN EL PRODUCTO EN GRANO.

El grano de tarwi desamargado puede ser comercializado directamente, por lo que la industrialización y optimización del proceso de desamargado es muy importante, al consumir este una cantidad importante de agua y tiempo. Los procesos industriales descritos tienen la capacidad de reducir este tiempo y además pueden agregar algunos beneficios nutricionales en algunos casos; la obtención de un grano desamargado de forma rápida y eficiente sería un primer paso es la masificación de su comercialización y consumo (9).

El grano desamargado también da lugar a otros productos como harina y derivados como pasta y productos de repostería, cuyos procesos son más conocidos y se beneficiarían de la industrialización del tarwi.

B) IMPACTO EN EL CONCENTRADO PROTEICO.

A pesar de su contenido proteico, la proteína de tarwi no es popular entre este tipo de productos; la proteína de tarwi no contiene gluten y es una buena alternativa para la

obtención de productos veganos con un contenido alto del aminoácido lisina y alta digestibilidad. Los productos a base de proteína se encuentran muy bien valorados en el mercado por lo que la inversión necesaria para obtener productos en base a proteína de tarwi estarían justificadas (40)(43)(63).

La utilización y optimización de los procesos de extracción reportados para la obtención de un concentrado proteico de buena calidad es el primer paso para la obtención de productos comerciales basados en tarwi, ya sea en suplementos, snacks, entre otros.

C) IMPACTO EN EL ACEITE DE *Lupinus mutabilis*.

A pesar de que el aceite de tarwi no ha sido introducido al mercado sus propiedades lo hacen un producto interesante para su consumo directo. El tarwi presenta el porcentaje lipídico suficiente para implementar su extracción industrial por prensado; por lo que la utilización de este proceso permite empezar una producción industrial del aceite de tarwi, volviéndolo una alternativa a aceites comerciales como por ejemplo el aceite de soya; aportando ácidos grasos insaturados, fitoesteroles y tocoferoles; y debiendo considerarse la posibilidad de un refinamiento del aceite para obtener un producto de mayor calidad (30)(23).

PERSPECTIVAS FUTURAS

Actualmente la técnica de desamargado tradicional es la más utilizada ya que las zonas de cosecha cuentan con riqueza fluvial, generándose poca producción, ya que el cultivo no se puede masificar en zonas que carecen de afluentes fluviales pero que si son idóneos para el cultivo debido a su clima y suelo. La industrialización del cultivo busca el aprovechamiento consiguiendo eliminar el proceso de desamargado y aumentar la producción, como una alternativa al consumo y venta del grano de tarwi.

El proceso tiene como fin aprovechar el grano de tarwi en su totalidad, sabiendo que el cultivo es rico tanto en proteínas como en ácidos grasos; se propone dos productos principales: aceite refinado y concentrado proteico de tarwi. Minimizando los costos y además disminuye el tiempo de procesamiento al eliminar el proceso de desamargado.

El proceso inicia con la extracción de aceite de tarwi por prensado, en este proceso se puede separar la fracción lipídica del grano, con un bajo contenido de alcaloides debido a su baja solubilidad en fracción lipídica, el aceite obtenido puede pasar por procesos de refinado para obtener un aceite comercial.

Junto al aceite, se obtiene una torta rica en proteínas; esta torta puede ser molida hasta harina y luego pasar por el proceso de extracción por ultrasonido; obteniendo el concentrado proteico de tarwi, el mismo que podría ser sometido a diferentes tratamientos como hidrólisis enzimática u otras formulaciones; finalmente se debe pasar por procesos de secado como spray-drying o freeze-drying para el correcto almacenamiento y conservación.

El proceso no lleva a cabo un desamargado tradicional ya que los alcaloides no se acumulan en la fracción proteica del extracto, sino que quedan en el suero y bagazo. Esto permitiría, el ahorro de recursos como agua, tiempo y costos de producción. La utilización de procesos adicionales, por ejemplo, la hidrólisis enzimática nos permitiría elevar la digestibilidad del producto aún más y permitir el incremento en la actividad antioxidante del producto; finalmente los procesos de secado nos permiten una apropiada conservación del producto.

Respecto a los componentes residuales; es posible evaluar el uso del suero con alcaloides para el desarrollo de aditivos para insecticidas biológicos.

El ingeniero biotecnólogo está capacitado para el manejo de estos procesos industriales, así como de potenciales mejoras al *Lupinus mutabilis*, el aporte en investigación,

implementación y control es clave para el éxito y sostenibilidad de este tipo de industria. Esto incluye la posibilidad de realizar un mejoramiento genético al grano de tarwi; pudiendo obtener valores mayores de nutrientes, cultivos resistentes a diferentes condiciones de estrés o una proteína de mayor calidad.



CONCLUSIONES

- El contenido nutricional de *Lupinus mutabilis* presenta un alto porcentaje proteico siendo 42.96 g/100 el promedio, pero llegando incluso a superar el 50% en determinadas variedades, siendo la lisina el aminoácido más abundante; de la misma forma el contenido de ácidos grasos promedia 19.66 g/100 siendo el ácido oleico el más abundante seguido del ácido linolénico, ambos ácidos grasos insaturados. El *Lupinus mutabilis* es un alimento con excelente capacidad para proveer estos nutrientes y adicionalmente aportar bioactivos como fitoesteroles, tocoferoles, fenoles y actividad antioxidante.
- Se pueden aplicar procesos industriales y biotecnológicos para el mejoramiento del cultivo y la obtención de productos derivados de *Lupinus mutabilis*, es posible mejorar sustancialmente el proceso de desamargado a través de la optimización de los procesos de lavado reduciendo el tiempo y los recursos hídricos necesarios, incluso es posible utilizar tecnologías como la extracción por fluidos supercríticos para obtener grano desamargado, la fermentación con microorganismos si bien no consigue eliminar los alcaloides presentes, reduce significativamente los demás antinutrientes y eleva el contenido de bioactivos y la actividad antioxidante.. También se puede obtener otros productos sin necesidad de recurrir a un método de desamargado, por ejemplo, el aceite de tarwi se puede obtener por prensado y el concentrado protéico se puede obtener por una extracción sólido-liquido utilizando ultrasonido, además un proceso de hidrolisis enzimática aumenta la digestibilidad del concentrado protéico de *Lupinus mutabilis* así como su actividad antioxidante.
- La aplicación de diversos procesos industriales generaría grandes ventajas en el uso de *Lupinus mutabilis* como alimento, permitiendo la obtención de diversos productos como grano desamargado, concentrado proteico, aceite de tarwi. El cultivo se vería revalorizado y tendría un espacio en el mercado para competir con otros cultivos como la soya.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Eliana Pereira, Christian Encina-Zelada, Lillian Barros, Ursula Gonzales-Barron, Vasco Cadavez, Isabel C.F.R. Ferreira, Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* Willd (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food, *Food Chemistry*, Volume 280, 2019, Pages 110-114, ISSN 0308-8146
2. Jacobsen, S.; Mujica, A. El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. *Revista botánica económica de los andes centrales*. 2006. 458-482.
3. G.R. Suca A., C.A. Suca A. Potencial del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) como futura fuente proteínica y avances de su desarrollo agroindustria, *Rev. Per. Quím. Ing. Quím.* Vol. 18, N.º 2, 2015, págs. 55-71
4. Quispe, D. 2015. Composición nutricional de diez genotipos de lupino (*L. mutabilis* y *L. albus*) desamargados por proceso acuoso. Tesis para optar el Grado de Magíster Scientiae en Tecnología de Alimentos. Lima, Perú. UNALM. 215 pp.
5. Ministerio de Agricultura y Riego - Perú. Boletín Mensual El Agro en Cifras Agosto. [Internet]. 2020. Disponible en: <http://www.minag.gob.pe/portal/>
6. Arturo Intiquilla , Karim Jiménez-Aliaga, Amparo Iris Zavaleta and Blanca Hernández-Ledesma, Production of Antioxidant Hydrolyzates from a *Lupinus mutabilis* (Tarwi) Protein Concentrate with Alcalase: Optimization by Response Surface Methodology, *Natural Product Communications* 2018 Vol. 13 (6).
7. F. E. Carvajal-Larenas, A. R. Linnemann, M. J. R. Nout, M. Koziol & M. A. J. S. van Boekel *Lupinus mutabilis*: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2016, 56:9, 1454-1487.
8. Ranilla LG, Genovese MI, Lajolo FM. Isoflavones and antioxidant capacity of Peruvian and Brazilian lupin cultivars. *J Food Compos Anal* 2009;22(5):397-404.
9. F.E. Carvajal-Larenas, M.J.R. Nout, M.A.J.S. van Boekel, M. Koziol, A.R. Linnemann, Modelling of the aqueous debittering process of *Lupinus mutabilis* Sweet, *LWT - Food Science and Technology*, 2013, Volume 53, Issue 2, Pages 507-516, ISSN 0023-6438
10. Chirinos, R, Cerna, E, Pedreschi, R, Calsin, M, Aguilar-Galvez, A, Campos, D. Multifunctional in vitro bioactive properties: Antioxidant, antidiabetic and antihypertensive of protein hydrolyzates from tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) obtained by enzymatic biotransformation. *Cereal Chem*. 2021; 98: 423– 433.

11. Jiménez-Martínez C, Hernández-Sánchez H, Dávila-Ortiz G. Diminution of quinolizidine alkaloids, oligosaccharides and phenolic compounds from two species of *Lupinus* and soybean seeds by the effect of *Rhizopus oligosporus*. *J Sci Food Agric* 2007;87(7):1315-1322.
12. Romero-Espinoza AM, Serna-Saldivar SO, Dr., Vintimilla-Alvarez MC, Briones-García M, Lazo-Vélez MA. Effects of fermentation with probiotics on anti-nutritional factors and proximate composition of lupin (*Lupinus mutabilis* sweet). *LWT* 2020;130.
13. Aquino V, Camarena F, Julca A, Jiménez J. Multivariate characterization of tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) producing farms of the Mantaro Valley, Peru. *Sci.agropec.* 29 de junio de 2018;9(2):269-79.
14. Cortés-Avendaño P, Tarvainen M, Suomela JP, Glorio-Paulet P, Yang B, Repo-Carrasco-Valencia R. Profile and Content of Residual Alkaloids in Ten Ecotypes of *Lupinus mutabilis* Sweet after Aqueous Debittering Process. *Plant Foods Hum Nutr.* junio de 2020;75(2):184-91.
15. Czubinski J, Grygier A, Siger A. *Lupinus mutabilis* seed composition and its comparison with other lupin species. *Journal of Food Composition and Analysis.* junio de 2021;99:103875.
16. Bartkiene E, Bartkevics V, Starkute V, Krungleviciute V, Cizeikiene D, Zadeike D, et al. Chemical composition and nutritional value of seeds of *Lupinus luteus* L., *L. angustifolius* L. and new hybrid lines of *L. angustifolius* L. *Zemdirbyste-Agriculture.* 15 de febrero de 2016;103(1):107-16.
17. Tizazu H, Emire SA. Chemical composition, physicochemical and functional properties of lupin (*Lupinus albus*) seeds grown in Ethiopia. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development [Internet].* 13 de octubre de 2010;10(8).
18. Berru LB, Glorio-Paulet P, Basso C, Scarafoni A, Camarena F, Hidalgo A, et al. Chemical Composition, Tocopherol and Carotenoid Content of Seeds from Different Andean Lupin (*Lupinus mutabilis*) Ecotypes. *Plant Foods Hum Nutr.* marzo de 2021;76(1):98-104.
19. Güemes-Vera N, Peña-Bautista RJ, Jiménez-Martínez C, Dávila-Ortiz G, Calderón-Domínguez G. Effective detoxification and decoloration of *Lupinus mutabilis* seed derivatives, and effect of these derivatives on bread quality and acceptance. *J Sci Food Agric.* mayo de 2008;88(7):1135-43.

20. Neves-Martins JM, Talhinhos P, Sousa RBD. Yield and seed chemical composition of *Lupinus mutabilis* in Portugal. *Revista de Ciências Agrárias*. 7 de enero de 2019;518-525.
21. Curti CA, Curti RN, Bonini N, Ramón AN. Changes in the fatty acid composition in bitter *Lupinus* species depend on the debittering process. *Food Chemistry*. octubre de 2018;263:151-4.
22. C. Carrillo M^a del MC and SAT -. PAPEL DEL ÁCIDO OLEICO EN EL SISTEMA INMUNE; MECANISMOS DE ACCIÓN; REVISIÓN CIENTÍFICA. *NUTRICION HOSPITALARIA*. 1 de julio de 2012;(4):978-90.
23. 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.Vol. 23, N. 2, 57-62
24. Chirinos R, Pedreschi R, Rogez H, Larondelle Y, Campos D. Phenolic compound contents and antioxidant activity in plants with nutritional and/or medicinal properties from the Peruvian Andean region. *Industrial Crops and Products*. Mayo de 2013;47:145-52.
25. Córdova-Ramos JS, Glorio-Paulet P, Hidalgo A, Camarena F. Effect of technological process on antioxidant capacity and total phenolic content of Andean lupine (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Sci agropecu*. 8 de junio de 2020;11(2):157-65.
26. Ortega-David E, Rodríguez A, David A. Caracterización de semillas de lupino (*Lupinus mutabilis*) sembrado en los Andes de Colombia. *ACTA AGRONÓMICA*. 2010; 59 (1).
27. Rosas-Quina YE. Efecto del tamaño de partícula en la extracción de alcaloides del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) por método convencional. *Peruv Agric Res*. 30 de septiembre de 2020;2(1).
28. Gutiérrez A, Infantes M, Pascual G, Zamora J. Assessment of the factors in the debittering of tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). *AgroindSc*. 30 de junio de 2016;1:145-9.
29. Brandolini A, Glorio-Paulet P, Estivi L, Locatelli N, Cordova-Ramos JS, Hidalgo A. Tocopherols, carotenoids and phenolics changes during Andean lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet) seeds processing. *J Food Compos Anal* 2022;106.
30. Pascual-Chagman G, Santa-Cruz-Olivos J, Hidalgo A, Benavente F, Pérez-Camino MC, Sotelo-Mendez A, et al. *Lupinus mutabilis* oil obtained by expeller press: Yield, physicochemical characterization, antioxidant capacity, fatty acids and oxidative stability analyses. *Sci agropecu*. 1 de junio de 2021;12(2):219-27.

31. Villacrés E, Álvarez J, Rosell C. Effects of two debittering processes on the alkaloid content and quality characteristics of lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet). *J Sci Food Agric*. 30 de marzo de 2020;100(5):2166-75.
32. Villacrés E, Quelal MB, Jácome X, Cueva G, Rosell CM. Effect of debittering and solid-state fermentation processes on the nutritional content of lupine (*Lupinus mutabilis* Sweet). *International Journal of Food Science & Technology*. 2020;55(6):2589-98.
33. Villacrés E, Rosell CM. Kinetics of solid-state fermentation of lupin with *Rhizopus oligosporus* based on nitrogen compounds balance. *Food Bioscience*. agosto de 2021;42:101118.
34. Villacrés E, Quelal MB, Fernández E, García G, Cueva G, Rosell CM. Impact of debittering and fermentation processes on the antinutritional and antioxidant compounds in *Lupinus mutabilis* sweet. *LWT*. septiembre de 2020;131:109745
35. Rosas-Quina YE, Mejía-Nova FC. Supercritical fluid extraction with cosolvent of alkaloids from *Lupinus mutabilis* Sweet and comparison with conventional method. *J Food Process Eng* 2021;44(4).
36. de Luna Jiménez, A. Composición y Procesamiento de la Soya para Consumo Humano. *Investigación y Calidad*. 2007
37. Aguilar-Acosta L, Serna-Saldivar S, Rodríguez-Rodríguez J, Escalante-Aburto A, Chuck-Hernández C. Effect of Ultrasound Application on Protein Yield and Fate of Alkaloids during Lupin Alkaline Extraction Process. *Biomolecules*. 13 de febrero de 2020;10(2):292.
38. Polowick PL, Loukanina NN, Doshi KM. Agrobacterium-mediated transformation of tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), a potential platform for the production of plant-made proteins. *In Vitro CellDevBiol-Plant*. agosto de 2014;50(4):401-11.
39. Gutiérrez A, Infantes M, Cruces L. Evaluation of the insecticidal effect of wastewater tarwi (*Lupinus mutabilis*) on larvae of *Spodoptera Eridania* (Lep.: Noctuidae) under laboratory conditions. *AgroindSc*. 30 de junio de 2016;1:151-3.
40. Aguilar EF, Rivera E del PF. Assessment of the use of the hydrolyzed liquid fraction of the kiwicha grain in the fermentation process of probiotic drinks from tarwi juice: microbiological, chemical and sensorial analysis. *Food Sci Technol*. septiembre de 2019;39(3):592-8.

41. Pantoja-Tirado L, Prieto-Rosales G, Aguirre E. Caracterización de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y la harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) para su industrialización. ReInTa [Internet]. 30 de junio de 2020. 3(1).
42. Sajib M, Forghani B, Kumar Vate N, Abdollahi M. Combined effects of isolation temperature and pH on functionality and beany flavor of pea protein isolates for meat analogue applications. Food Chemistry. 30 de junio de 2023;412:135585.
43. MarketsandMarkets. Plant-based Meat Market by Source (Soy, Wheat, Pea, Quinoa, Oats, Beans, Nuts), Product (Burger Patties, Sausages, Strips & Nuggets, Meatballs), Type (Pork, Beef, Chicken, Fish), Process, and Region - Global Forecast to 2025. 2019.
44. Sanou A, Konaté K, kabakdé K, Dakuyo R, Bazié D, Hemayoro S, et al. Modelling and optimisation of ultrasound-assisted extraction of roselle phenolic compounds using the surface response method. Sci Rep. 7 de enero de 2023;13(1):358.
45. Guilengue N, Azinheira HG, Alves S, Neves-Martins J, Talhinhos P, Morais-Cecílio L. The Analysis of Partial Sequences of the Flavonone 3 Hydroxylase Gene in *Lupinus mutabilis* Reveals Differential Expression of Two Paralogues Potentially Related to Seed Coat Colour. Agronomy. 11 de febrero de 2022;12(2):450.
46. Chirinos R, Villasante-Bravo N, Aguilar-Galvez A, Figueroa-Merma A, Carpentier S, Pedreschi R, et al. Antioxidant, antihypertensive and antidiabetic potential of peptidic fractions obtained from tarwi (*Lupinus mutabilis*) protein hydrolysate and identification of promising multifunctional bioactive peptides. International Journal of Food Science & Technology. 2022;57(11):7402-11.
47. Yu M, Kniepkamp K, Thie JP, Witkamp GJ, van Haren RJF. Supercritical carbon dioxide extraction of oils from Andean lupin beans: Lab-scale performance, process scale-up, and economic evaluation. Journal of Food Process Engineering. 2023;46(4):e14289.
48. Czubiński, J., Siger, A., Physicochemical Characteristics and Technological Properties of *Lupinus mutabilis* Oil. *Eur. J. Lipid Sci. Technol* 2023, 2200200.
49. Sotelo-Méndez A, Pascual-Chagman G, Santa-Cruz-Olivos J, Norabuena Meza E, Calizaya-Milla YE, Huaranga-Joaquín A, et al. Fatty Acid Profile and Chemical Composition of Oil from Six Varieties of Lupine (*Lupinus mutabilis*) Consumed in Peru. Gharby S, editor. Journal of Food Quality. 4 de marzo de 2023;2023:1-8.
50. Cely-Veloza W, Yamaguchi L, Quiroga D, Kato MJ, Coy-Barrera E. Antifungal activity against *Fusarium oxysporum* of quinolizidines isolated from three controlled-growth

- Genisteeae plants: structure-activity relationship implications. *Nat Prod Bioprospect.* 20 de marzo de 2023;13(1):9.
51. Fornasini M. EFECTO HIPOGLICEMIANTE DE LUPINUS MUTABILIS EN VOLUNTARIOS SANOS Y SUJETOS CON DISGLICEMIA. *NUTRICION HOSPITALARIA.* 1 de marzo de 2012;(2):425-33.
 52. Huasasquiche, L; Moreno, P; Jiménez, J. CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL PGPR DE LA MICROFLORA ASOCIADA AL CULTIVO DE TARWI (*Lupinus mutabilis* Sweet) | *Ecología Aplicada.* 19 de diciembre de 2020;
 53. Gulisano A, Lippolis A, van Loo EN, Paulo MJ, Trindade LM. A genome wide association study to dissect the genetic architecture of agronomic traits in Andean lupin (*Lupinus mutabilis*). *Frontiers in Plant Science* [Internet]. 2023 13.
 54. Simioniuc DP, Simioniuc V, Topa D, van den Berg M, Prins U, Bebeli PJ, et al. Assessment of Andean lupin (*Lupinus mutabilis*) Genotypes for Improved Frost Tolerance. *Agriculture.* febrero de 2021;11(2):155.
 55. A. Mikić, B. Čupina, V. Mihailović, D. Krstić, S. Antanasović, L. Zorić, M. Srebrić Intercropping white (*Lupinus albus*) and Andean (*Lupinus mutabilis*) lupins with other annual cool season legumes for forage production. *South African Journal of Botany.* 1 de noviembre de 2013;89:296-300.
 56. Guilengue N, Alves S, Talhinhos P, Neves-Martins J. Genetic and Genomic Diversity in a Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) Germplasm Collection and Adaptability to Mediterranean Climate Conditions. *Agronomy.* enero de 2020;10(1):21.
 57. Intiquilla A, Jiménez-Aliaga K, Iris Zavaleta A, Gamboa A, Caro N, Diaz M, et al. Nanoencapsulation of antioxidant peptides from *Lupinus mutabilis* in chitosan nanoparticles obtained by ionic gelling and spray freeze drying intended for colonic delivery. *Food Bioscience.* diciembre de 2022;50:102055.
 58. Muñoz EB, Luna-Vital DA, Fornasini M, Baldeón ME, Gonzalez de Mejia E. Gamma-conglutin peptides from Andean lupin legume (*Lupinus mutabilis* Sweet) enhanced glucose uptake and reduced gluconeogenesis in vitro. *Journal of Functional Foods.* junio de 2018;45:339-47.
 59. Cabello-Hurtado F, Keller J, Ley J, Sanchez-Lucas R, Jorrín-Novo JV, Aïnouche A. Proteomics for exploiting diversity of lupin seed storage proteins and their use as nutraceuticals for health and welfare. *Journal of Proteomics.* junio de 2016;143:57-68.

60. Estivi L, Grassi S, Briceño-Berrú L, Glorio-Paulet P, Camarena F, Hidalgo A, et al. Free Phenolic Compounds, Antioxidant Capacity and FT-NIR Survey of Debittered *Lupinus mutabilis* Seeds. *Processes*. agosto de 2022;10(8):1637.
61. Galek R, Sawicka-Sienkiewicz E, Zalewski D, Stawiński S, Sychała K. Searching for low alkaloid forms in the Andean lupin (*Lupinus mutabilis*) collection. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 30 de junio de 2017;53(2):55-62.
62. Carvajal-Larenas, F.E., Van Boekel, M.J.A.S., Koziol, M., Nout, M.J.R. and Linnemann, A.R. (2014), Diffusion of Alkaloids during Debittering of Lupine. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38: 1461-1471.
63. Carvajal-Larenas FE, Koziol M, Linnemann AR, Nout MJR, van Boekel MAJS. Consumer liking, purchase intent, and willingness to pay for *Lupinus mutabilis* Sweet in relation to debittering treatments. *Food Quality and Preference*. marzo de 2015;40:221-9.
64. Córdova-Ramos, JS, Glorio-Paulet, P, Camarena, F, Brandolini, A, Hidalgo, A. Andean lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet): Processing effects on chemical composition, heat damage, and in vitro protein digestibility. *Cereal Chem*. 2020; 97: 827– 835.
65. Calderón, A., Bonilla, S., Schmiele, M., Navarrete, D., & Vernaza, M. G. (2022). Study of *Lupinus mutabilis* sweet flour incorporation on the rheological, physical, chemical, and sensory properties of wheat bread. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46, e17027.
66. Curti C, Fino L e C, Madrid APOL, Ribeiro APB, Cunha DT da, Vinderola G, et al. The addition of Andean lupin (*Lupinus mutabilis*) protein concentrate enhances the nutritive value and the antioxidant activity of yoghurt: Yoghurts added with Andean lupin protein concentrate. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética* [Internet]. 2 de enero de 2022,26.
67. Colque. E, Chambi. A, Pampa. N; Caracterización y modelado del crecimiento microbiano en el desarrollo de una bebida probiótica no láctea de extracto vegetal de tarwi (*Lupinus mutabilis* S.); *Revista de Investigaciones Altoandinas – Journal of High Andean Research* 25(1), 41-48, enero - marzo 2023
68. Márquez-Villacorta L, Pretell-Vásquez C, Hayayumi-Valdivia M, Márquez-Villacorta L, Pretell-Vásquez C, Hayayumi-Valdivia M. Functional beverage design based on fresh milk, tarwi (*Lupinus mutabilis*) beverage and oatmeal (*Avena sativa*). *Revista chilena de nutrición*. agosto de 2021;48(4):490-9.

69. Catagua D, Dustet Mendoza JC, Valiño Cabrera EC, De la Cruz K, Catagua D, Dustet Mendoza JC, et al. Influencia de los parámetros físicos sobre los factores antinutricionales de la harina del. *Mutabilis sweet* sometida a fermentación sólida con a. Niger y t. Viride. *Revista Universidad y Sociedad*. octubre de 2022;14(5):20-8.
70. Gas M, Kozak M, Malarz W, Kotecki A. Seeds of *Lupinus mutabilis* Sweet as a potential source of raw material for oil and fat industry. *Przemysl Chemiczny*. 2013;92(9):1774-6.
71. Reyes García, M; Gómez-Sánchez Prieto, I; Espinoza Barrientos, C. *Tablas peruanas de composición de alimentos*. 10ma ed. – Lima: Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, 2017



ANEXOS

ANEXO 1: TABLA DE REFERENCIAS

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	AUTOR(ES)	REVISTA	AÑO	APORTE
Chemical and nutritional characterization of Chenopodium quinoa Willd (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food	Eliana Pereira et al.	Food Chemistry	2019	Conceptos e información acerca de la riqueza nutricional de los cultivos andinos.
El tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet.) y sus parientes silvestres.	Jacobsen S. y Mujica A.	Revista botánica económica de los andes centrales	2006	Información acerca del <i>Lupinus mutabilis</i> , su cultivo y usos tradicionales.
Potencial del tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet) como futura fuente proteínica y avances de su desarrollo agroindustria	Suca A. y Suca A.	Rev. Per. Quím. Ing. Quím	2015	Este artículo destaca el contenido proteico de <i>Lupinus mutabilis</i> y su distribución de su cultivo en el Perú
Composición nutricional de diez genotipos de lupino (<i>L. mutabilis</i> y <i>L. albus</i>) desamargados por proceso acuoso	Quispe, D.	UNMSM	2015	Información acerca de la proteína de <i>Lupinus mutabilis</i> comparando con la soya como leguminosa.
Boletín Mensual El Agro en Cifras Agosto	Ministerio de Agricultura y Riego - Perú.	Disponible en: http://www.minag.gob.pe/pportal/	2020	Datos del Ministerio de Agricultura sobre la producción del <i>Lupinus mutabilis</i> .
Production of Antioxidant Hydrolyzates from a <i>Lupinus mutabilis</i> (Tarwi) Protein Concentrate with Alcalase: Optimization by Response Surface Methodology	Arturo Intiquilla	Natural Product Communications	2018	Este artículo presenta la producción de hidrolizados de proteína de <i>Lupinus mutabilis</i> . Junto con su composición aminoacídica y capacidad antioxidante

Lupinus mutabilis: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering	F. E. Carvajal-Larenas	Critical Reviews in Food Science and Nutrition	2016	Información general de <i>Lupinus mutabilis</i> y su composición.
Isoflavones and antioxidant capacity of Peruvian and Brazilian lupin cultivars	Ranilla LG,	J Food Compos Anal	2009	Caracterización de isoflavonas y otros compuestos antioxidantes en <i>Lupinus mutabilis</i> .
Modelling of the aqueous debittering process of Lupinus mutabilis Sweet	F.E. Carvajal-Larenas et al.	LWT - Food Science and Technology	2013	Modelo matemático del desamargado acuoso de <i>Lupinus mutabilis</i> .
Multifunctional in vitro bioactive properties: Antioxidant, antidiabetic and antihypertensive of protein hydrolyzates from tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet) obtained by enzymatic biotransformation	Chirinos, R et al	Cereal Chem	2021	Propiedades bioactivas de los hidrolizados proteicos obtenidos por procesos enzimáticos.
Diminution of quinolizidine alkaloids, oligosaccharides and phenolic compounds from two species of Lupinus and soybean seeds by the effect of <i>Rhizopus oligosporus</i> .	Jiménez-Martínez C et al.	J Sci Food Agric	2007	Descripción del tratamiento de <i>Lupinus mutabilis</i> con <i>Rhizopus oligosporus</i> (fermentación) para la reducción de alcaloides y oligosacáridos.
Effects of fermentation with probiotics on anti-nutritional factors and proximate composition of lupin (<i>Lupinus mutabilis</i> sweet)	Romero-Espinoza AM et al.	LWT	2020	Descripción del tratamiento de <i>Lupinus mutabilis</i> con probióticos (fermentación) para la antinutrientes.
Multivariate characterization of tarwi (<i>Lupinus</i>	Aquino V et al.	Sci.agropec	2018	Condiciones climáticas favorables para el cultivo de <i>Lupinus mutabilis</i> .

mutabilis Sweet) producing farms of the Mantaro Valley, Peru.				
Profile and Content of Residual Alkaloids in Ten Ecotypes of <i>Lupinus mutabilis</i> Sweet after Aqueous Debitting Process.	Cortés-Avendaño P et al.	Plant Foods Hum Nutr.	2020	Caracterización de los alcaloides presentes en <i>Lupinus mutabilis</i> .
<i>Lupinus mutabilis</i> seed composition and its comparison with other lupin species.	Czubinski J et al.	Journal of Food Composition and Analysis	2021	Composición nutricional de <i>Lupinus mutabilis</i> , comparado con otros lupinos.
Chemical composition and nutritional value of seeds of <i>Lupinus luteus</i> L., <i>L. angustifolius</i> L. and new hybrid lines of <i>L. angustifolius</i>	Bartkiene E, et al	Agriculture	2016	Composición nutricional de <i>Lupinus mutabilis</i> , comparado con otros lupinos.
Chemical composition, physicochemical and functional properties of lupin (<i>Lupinus albus</i>) seeds grown in Ethiopia.	Tizazu H, Emire SA	African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development	2010	Composición nutricional de <i>Lupinus mutabilis</i> , comparado con otros lupinos.
Chemical Composition, Tocopherol and Carotenoid Content of Seeds from Different Andean Lupin (<i>Lupinus mutabilis</i>) Ecotypes	Berru LB et al	Plant Foods Hum Nutr.	2021	Caracterización de tocoferoles y carotenoides de <i>Lupinus mutabilis</i> , comparado con otros lupinos. Tabla de ecotipos peruanos.
Effective detoxification and decoloration of <i>Lupinus mutabilis</i> seed derivatives, and effect of these derivatives on	Güémes-Vera N et al	J Sci Food Agric.	2008	Composición proteica del concentrado proteico de <i>Lupinus mutabilis</i>

bread quality and acceptance.				
Yield and seed chemical composition of <i>Lupinus mutabilis</i> in Portugal.	Neves-Martins JM et al	Revista de Ciências Agrárias	2019	Composición nutricional de <i>Lupinus mutabilis</i> .
Changes in the fatty acid composition in bitter <i>Lupinus</i> species depend on the debittering process.	Curti CA, et al	Food Chemistry	2018	Composición lipídica de <i>Lupinus mutabilis</i>
PAPEL DEL ÁCIDO OLEICO EN EL SISTEMA INMUNE; MECANISMOS DE ACCIÓN; REVISIÓN CIENTÍFICA	C. Carrillo Ma del MC and SAT	NUTRICION HOSPITALARIA	2012	Propiedades beneficiosas del ácido oléico para la salud y el sistema inmune.
Evaluación del Rendimiento, Características Físico-Químicas y Nutraceuticas del Aceite de Chocho (<i>Lupinus mutabilis</i> sweet)	Villacrés E, et al	Revista Tecnológica ESPOL-RTE	2010	Contenido de compuestos bioactivos en el aceite de <i>Lupinus mutabilis</i> .
Phenolic compound contents and antioxidant activity in plants with nutritional and/or medicinal properties from the Peruvian Andean region.	Chirinos R, et al	Industrial Crops and Products	2013	Contenido fenólico de <i>Lupinus mutabilis</i> y otras plantas peruanas
Effect of technological process on antioxidant capacity and total phenolic content of Andean lupine (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet).	Córdova-Ramos JS, et al	Sci agropecu	2020	Capacidad antioxidante y compuestos fenólicos en <i>Lupinus mutabilis</i> y el efecto del procesamiento sobre estos.
Caracterización de semillas de lupino (<i>Lupinus mutabilis</i>)	Ortega-David E, et al	ACTA AGRONÓMICA	2010	Caracterización de alcaloides en <i>Lupinus mutabilis</i> .

sembrado en los Andes de Colombia.				
Efecto del tamaño de partícula en la extracción de alcaloides del tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet) por método convencional.	Rosas-Quina YE, et al	Peruv Agric Res	2020	Efecto del tamaño de partícula en el desamargado de <i>Lupinus mutabilis</i> .
Assessment of the factors in the debittering of tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet).	Gutiérrez A,	AgroindSc	2016	Descripción de factores en el desamargado de <i>Lupinus mutabilis</i> .
Tocopherols, carotenoids and phenolics changes during Andean lupin (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet) seeds processing.	Brandolini A, et al	J Food Compos Anal	2022	Cambios en el contenido de tocoferoles, carotenoides y compuestos fenólicos durante el procesamiento de <i>Lupinus mutabilis</i> .
<i>Lupinus mutabilis</i> oil obtained by expeller press: Yield, physicochemical characterization, antioxidant capacity, fatty acids and oxidative stability analyses.	Pascual-Chagman G, et al	Sci agropecu	2021	Obtención de aceite de <i>Lupinus mutabilis</i> por prensado, composición del mismo y análisis de estabilidad.
Effects of two debittering processes on the alkaloid content and quality characteristics of lupin (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet).	Villacrés E, et al	J Sci Food Agric	2020	Comparación de dos métodos de desamargado de <i>Lupinus mutabilis</i> . Método acuoso y método acuoso-salino.
Effect of debittering and solid-state fermentation processes on the nutritional content of lupine (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet).	Villacrés E, et al	International Journal of Food Science & Technology	2020	Efecto de los procesos de desamargado y fermentación en el contenido nutricional de <i>Lupinus mutabilis</i> .
Kinetics of solid-state fermentation	Villacrés E, et al	Food Bioscience	2021	Cinética de la fermentación de <i>Lupinus</i>

of lupin with <i>Rhizopus oligosporus</i> based on nitrogen compounds balance.				<i>mutabilis</i> con <i>Rhizopus oligosporus</i>
Impact of debittering and fermentation processes on the antinutritional and antioxidant compounds in <i>Lupinus mutabilis</i> sweet.	Villacrés E, et al	LWT	2020	Efecto de los procesos de desamargado y fermentación en los compuestos antioxidantes y en los antinutrientes.
Supercritical fluid extraction with cosolvent of alkaloids from <i>Lupinus mutabilis</i> Sweet and comparison with conventional method.	Rosas-Quina YE, et al	J Food Process Eng	2021	Desamargado de <i>Lupinus mutabilis</i> por extracción con fluidos supercríticos.
Composición y Procesamiento de la Soya para Consumo Humano.	de Luna Jiménez, A	Investigación y Calidad.	2007	Datos sobre la proteína de soya y el aceite de soya como comparación al <i>Lupinus mutabilis</i> .
Effect of Ultrasound Application on Protein Yield and Fate of Alkaloids during Lupin Alkaline Extraction Process.	Aguilar-Acosta L, et al	Biomolecules	2020	Obtención de concentrado proteico de <i>Lupinus mutabilis</i> por extracción con ultrasonido y análisis del mismo.
Agrobacterium-mediated transformation of tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet), a potential platform for the production of plant-made proteins.	Polowick PL, et al	In Vitro CellDevBiol-Plant	2014	Transformación genética en <i>Lupinus mutabilis</i> , mediada por <i>Agrobacterium</i> .
Evaluation of the insecticidal effect of wastewater tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i>) on larvae of	Gutiérrez A	AgroindSc	2016	Utilización de los alcaloides de <i>Lupinus mutabilis</i> , como insecticidas.

Spodoptera Eridania (Lep.: Noctuidae) under laboratory conditions.				
Assessment of the use of the hydrolyzed liquid fraction of the kiwicha grain in the fermentation process of probiotic drinks from tarwi juice: microbiological, chemical and sensorial analysis.	Aguilar EF, Rivera E del PF. et al	Food Sci Technol	2019	Formulación de bebidas a partir de jugo de <i>Lupinus mutabilis</i> fermentado y kiwicha hidrolizada.
Caracterización de la harina de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) y la harina de tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet) para su industrialización	Pantoja-Tirado L, et al	ReInTa	2020	Caracterización de la harina de <i>Lupinus mutabilis</i> como producto derivado del grano.
Combined effects of isolation temperature and pH on functionality and beany flavor of pea protein isolates for meat analogue applications.	Sajib M et al	Food Chemistry	2023	Efecto del aislamiento térmico y pH sobre aislados proteicos de arverjas para productos veganos; que podría ser aplicado a los aislados de <i>Lupinus mutabilis</i> .
Plant-based Meat Market by Source (Soy, Wheat, Pea, Quinoa, Oats, Beans, Nuts), Product (Burger Patties, Sausages, Strips & Nuggets, Meatballs), Type (Pork, Beef, Chicken, Fish), Process, and Region	Marketsand Markets	Global Forecast to 2025	2019	Estudio de mercado sobre productos de carne vegetal respecto a su procedencia, el <i>Lupinus mutabilis</i> podría entrar a este mercado.
Modelling and optimisation of ultrasound-assisted extraction of roselle	Sanou A et al	Sci Rep	2023	Modelamiento y optimización de la extracción asistida por ultrasonido; podría

phenolic compounds using the surface response method.				aplicarse al concentrado proteico de tarwi obtenido por ultrasonido.
The Analysis of Partial Sequences of the Flavonone 3 Hydroxylase Gene in <i>Lupinus mutabilis</i> Reveals Differential Expression of Two Paralogues Potentially Related to Seed Coat Colour.	Guilengue N et al	Agronomy	2022	Análisis genómico de <i>Lupinus mutabilis</i> , permitiendo la selección de genotipos estéticamente más provechosos.
Antioxidant, antihypertensive and antidiabetic potential of peptidic fractions obtained from tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i>) protein hydrolysate and identification of promising multifunctional bioactive peptides.	Chirinos R et al	International Journal of Food Science & Technology	2022	Propiedades bioactivas de fracciones peptídicas del hidrolizado de <i>Lupinus mutabilis</i> .
Supercritical carbon dioxide extraction of oils from Andean lupin beans: Lab-scale performance, process scale-up, and economic evaluation.	Yu M et al	Journal of Food Process Engineering.	2023	Extracción de aceite de <i>Lupinus mutabilis</i> por fluidos supercríticos y su evaluación a escala y económica.
Physicochemical Characteristics and Technological Properties of <i>Lupinus mutabilis</i> Oil	Czubiński, J. e al	Eur. J. Lipid Sci. Technol	2023	Caracterización fisicoquímica del aceite de <i>Lupinus mutabilis</i> .
Fatty Acid Profile and Chemical Composition of Oil from Six Varieties of Lupine (<i>Lupinus mutabilis</i>) Consumed in Peru.	Sotelo-Méndez A et al	Journal of Food Quality	2023	Perfil lipídico de 6 variedades de <i>Lupinus mutabilis</i> .

Antifungal activity against <i>Fusarium oxysporum</i> of quinolizidines isolated from three controlled-growth Genisteae plants: structure-activity relationship implications.	Cely-Veloza W et al	Nat Prod Bioprospect	2023	Utilización de los alcaloides quinolizidínicos como antifúngico.
EFEECTO HIPOGLICEMIANTE DE LUPINUS MUTABILIS EN VOLUNTARIOS SANOS Y SUJETOS CON DISGLICEMIA	Fornasini M. et al	NUTRICION HOSPITALARIA	2012	Actividad hipoglicemiante de <i>Lupinus mutabilis</i> , confirmando sus propiedades antidiabéticas.
CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL PGPR DE LA MICROFLORA ASOCIADA AL CULTIVO DE TARWI (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet)	Huwasquiche, L	Ecología Aplicada	2020	Estudio del microbioma de <i>Lupinus mutabilis</i> .
A genome wide association study to dissect the genetic architecture of agronomic traits in Andean lupin (<i>Lupinus mutabilis</i>).	Gulisano A, et al	Frontiers in Plant Science	2023	Estudio genómico de <i>Lupinus mutabilis</i> , para develar sus cualidades agronómicas.
Assessment of Andean lupin (<i>Lupinus mutabilis</i>) Genotypes for Improved Frost Tolerance.	Simioniuc DP, et al	Agriculture	2021	Producción de nuevos genotipos de <i>Lupinus mutabilis</i> con resistencia al frío.
Intercropping white (<i>Lupinus albus</i>) and Andean (<i>Lupinus mutabilis</i>) lupins with other annual cool season legumes for forage production.	A. Mikić, et al	South African Journal of Botany	2013	Cruzas entre <i>Lupinus mutabilis</i> y <i>Lupinus albus</i> para producir variedades resistentes al frío.

Genetic and Genomic Diversity in a Tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet) Germplasm Collection and Adaptability to Mediterranean Climate Conditions.	Guilengue N, et al	Agronomy	2020	Estudio de la diversidad genómica del germoplasma de <i>Lupinus mutabilis</i> y como afecta a su adaptación al clima mediterráneo.
Nanoencapsulation of antioxidant peptides from <i>Lupinus mutabilis</i> in chitosan nanoparticles obtained by ionic gelling and spray freeze drying intended for colonic delivery.	Intiquilla A, et al.	Food Bioscience	2022	Uso de péptidos de hidrolizado de <i>Lupinus mutabilis</i> , para aprovechar su actividad antioxidante en el colon.
Gamma-conglutin peptides from Andean lupin legume (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet) enhanced glucose uptake and reduced gluconeogenesis in vitro	Muñoz EB, et al	Journal of Functional Foods.	2018	Los peptidos de gamma-conglutina de <i>Lupinus mutabilis</i> presentan propiedades antidiabéticas.
Proteomics for exploiting diversity of lupin seed storage proteins and their use as nutraceuticals for health and welfare.	Cabello-Hurtado F, et al	Journal of Proteomics	2016	Estudio proteómico de <i>Lupinus mutabilis</i> para un mejor uso como nutraceutico y salud.
Free Phenolic Compounds, Antioxidant Capacity and FT-NIR Survey of Debittered <i>Lupinus mutabilis</i> Seeds.	Estivi L, et al	Processes	2022	Caracterización de compuestos fenólicos por FT-NIR en <i>Lupinus mutabilis</i> desamargado.
Searching for low alkaloid forms in the Andean lupin (<i>Lupinus mutabilis</i>) collection.	Galek R, et al	Czech Journal of Genetics and Plant Breeding	2017	Búsqueda de variedades dulces de <i>Lupinus mutabilis</i> .

Diffusion of Alkaloids during Debittering of Lupine	Carvajal-Larenas, F.E, et al	Journal of Food Processing and Preservation	2014	Modelamiento de la difusión de alcaloides durante el desamargado de <i>Lupinus mutabilis</i> .
Consumer liking, purchase intent, and willingness to pay for <i>Lupinus mutabilis</i> Sweet in relation to debittering treatments.	Carvajal-Larenas FE, et al	Food Quality and Preference	2015	Estudio de mercado y aceptación de <i>Lupinus mutabilis</i> desamargado por diversos métodos.
Andean lupin (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet): Processing effects on chemical composition, heat damage, and in vitro protein digestibility.	Córdova-Ramos, JS, et al	Cereal Chem	2020	Efecto del procesamiento en la composición química del <i>Lupinus mutabilis</i> , así como el efecto de la digestibilidad <i>in vitro</i> de la proteína.
Study of <i>Lupinus mutabilis</i> sweet flour incorporation on the rheological, physical, chemical, and sensory properties of wheat bread.	Calderón, A, et al	Journal of Food Processing and Preservation	2022	Adición de harina de <i>Lupinus mutabilis</i> en la preparación de pan de trigo.
The addition of Andean lupin (<i>Lupinus mutabilis</i>) protein concentrate enhances the nutritive value and the antioxidant activity of yoghurt: Yoghurts added with Andean lupin protein concentrate	Curti C, et al	Revista Española de Nutrición Humana y Dietética	2022	Adición de concentrado proteico de <i>Lupinus mutabilis</i> , en yogurt para aumentar el valor nutritivo y la actividad antioxidante.
Caracterización y modelado del crecimiento microbiano en el desarrollo de una bebida probiótica no láctea de extracto vegetal de	Colque. E, et al	Revista de Investigaciones Altoandinas – Journal of High Andean Research	2023	Modelamiento del crecimiento microbiano en una bebida de <i>Lupinus mutabilis</i> . Siendo este un producto muy interesante para su comercio.

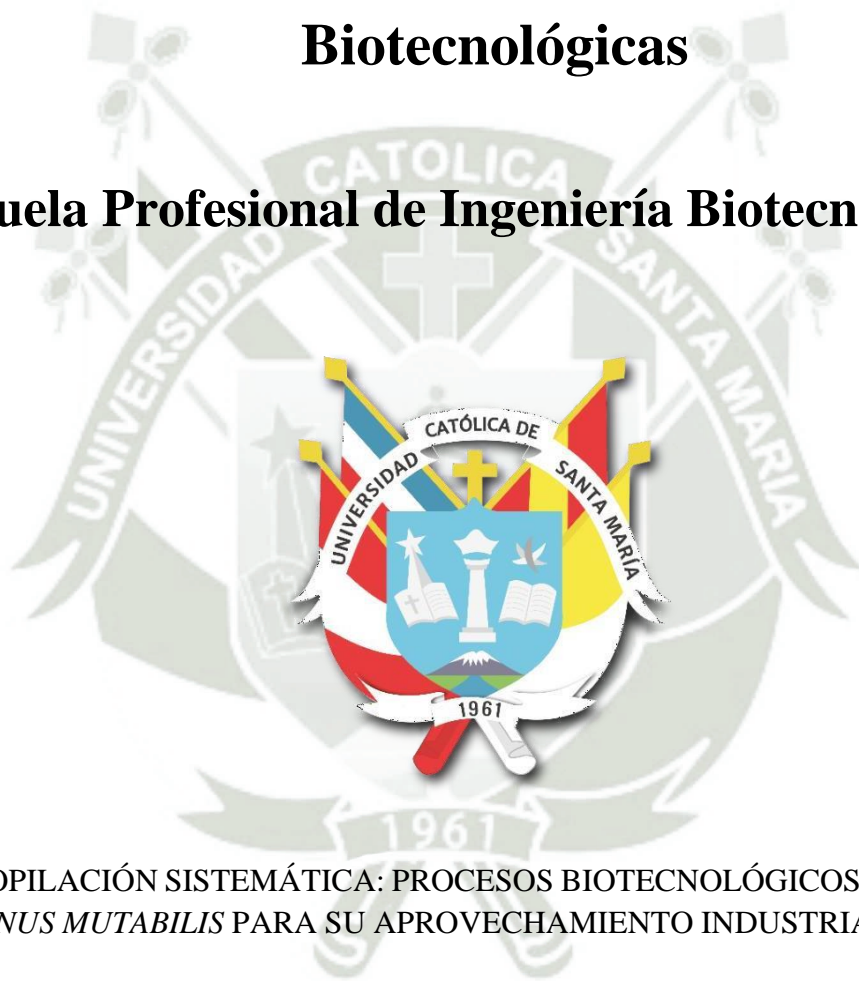
tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> S.)				
Functional beverage design based on fresh milk, tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i>) beverage and oatmeal (<i>Avena sativa</i>)	Márquez-Villacorta L et al	Revista chilena de nutrición	2021	Formulación de una bebida basada en leche fresca, leche de <i>Lupinus mutabilis</i> y avena.
Influencia de los parámetros físicos sobre los factores antinutricionales de la harina del. <i>Mutabilis</i> sweet sometida a fermentación sólida con a. <i>Niger</i> y t. <i>Viride</i>	Catagua D, et al	Revista Universidad y Sociedad.	2022	Estudio sobre los factores antinutricionales de la fermentación sólida de la harina de <i>Lupinus mutabilis</i> .
Seeds of <i>Lupinus mutabilis</i> Sweet as a potential source of raw material for oil and fat industry	Gas M, et al	Przemysl Chemiczny	2013	El grano de <i>Lupinus mutabilis</i> como una fuente de aceite para la industria.

ANEXO 2: PLAN DE TESIS

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas

Escuela Profesional de Ingeniería Biotecnológica



RECOPIACIÓN SISTEMÁTICA: PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS APLICADOS A
LUPINUS MUTABILIS PARA SU APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL

Plan de Tesis presentado por el
Bachiller:
Carlos Francisco Muñoz Salas

Arequipa –Perú

2021

INTRODUCCIÓN

En el Perú existe una gran biodiversidad de alimento con alto valor nutritivo (Ferreira et al., 2019) particularmente granos andinos; una de estas especies es el lupino andino (*Lupinus mutabilis Sweet*) (Jacobsen y Mujica, 2006), también conocido como “tarwi”, su distribución en el territorio peruano es en las regiones de la Libertad, Cusco, Puno, Huánuco y Ayacucho, que representa el 80 % de la producción de tarwi en el Perú (Suca, 2015). El tarwi presenta una alta potencialidad como alimento rico en nutrientes, que incluso comparada con la soya presenta mayor contenido proteico (Quispe, 2015), en los últimos meses se ha reportado una disminución en la producción de tarwi, habiéndose producido en el año 2019 un total de 16,424 miles de toneladas frente a los 15,341 miles de toneladas producidas en el año 2020 (MIDAGRI, 2020), siendo inconexo con los atributos que se han encontrado en cuanto a su alto valor nutritivo por su contenido aminoacídico esencial (como leucina y lisina), lípidos y compuestos bioactivos (Intiquilla et al, 2018; Carvajal-Larenas et al, 2016). Dentro sus compuestos bioactivos podemos destacar, fenoles, como isoflavonas (Ranilla et al., 2009) como potencial antioxidante, También se puede encontrar principios activos como la Esparteína, Lupanina y 4-hidroxilupanina que son alcaloides que podrían generar toxicidad a altas concentraciones es por ello que tradicionalmente se realiza un proceso de desamargado y acondicionamiento, necesario para eliminar la mayor concentración de estos alcaloides (Carvajal- Larenas, 2013).

En resumen el tarwi presenta nutrientes, antinutrientes y bioactivos que se tienen que procesar para mejorar las características nutricionales, inhibir los antinutrientes y reconocer los bioactivos en beneficio del consumidor, estos procesos pueden realizarse por diferentes métodos, incluyendo los tradicionales, que en la actualidad aún es utilizado en un gran porcentaje, limitando hasta cierto punto la expansión del tarwi en el mercado, actualmente hay estudios de procesos biotecnológicos, donde se utilizan organismos como *Rhizopus oligosporus* para disminuir la cantidad de alcaloides presentes (Dávila-Ortíz, 2007). También se utilizan enzimas como alcalasa, neutrasa y flavorzima para producir hidrolizados proteicos con propiedades bioactivas (Campos y Chirinos, 2020), el uso de probióticos como *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus plantarum*, *Bifidobacterium infantis*, *Streptococcus thermophiles* para lograr el degradamiento de antinutrientes. (Lazo-Vélez, 2020). Además de estudios de análisis de optimización de métodos convencionales como el desamargado acuoso térmico para su aplicación industrial. (Carvajal-Larenas, 2013)

Todos los estudios de procesos y bioprocesos antes mencionados, buscan colocar al tarwi como producto con potencial industrial para generar un mayor consumo o incluso ser materia de exportación, el objetivo de esta revisión bibliográfica es identificar, caracterizar y comparar los distintos procesos y tecnologías para la obtención eficiente, de productos de tarwi que es de interés comercial, evaluando los cambios que generan en sus nutrientes, antinutrientes y bioactivos.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Identificación del problema

Los bioprocesos que incluyen el uso de organismos y también operaciones junto con procesos unitarios son utilizados en una diversidad de productos nutraceuticos, generando mayor aprovechamiento por el mercado, entre las leguminosas podemos citar a la soya, sin embargo, en el caso de tarwi hay estudios pero no hay un compendio de estas tecnologías donde se evalúe, relacione y permita analizar cual es la mejor vía para encaminar su industrialización.

Enunciado del problema

El *Lupinus mutabilis* es un cultivo de alto potencial nutritivo debido a su contenido aminoacídico, lipídico que puede compararse con otras leguminosas de consumo como la soya, sin embargo, el tarwi aún presenta baja demanda, además no existe una gran cantidad de productos basados en *Lupinus mutabilis* por lo cual su cultivo ha ido disminuyendo y se hace necesario estandarizar métodos que favorezcan la industrialización de esta leguminosa. Asimismo, la presencia de alcaloides obliga a un proceso de extracción (desamargado) el cual puede alterar el contenido de metabolitos primarios y secundarios, sin embargo, no se encuentra un compendio de métodos sino como estudios aislados, siendo necesario la comparación de los resultados, analizar y evaluar las tecnologías más eficientes. Proponemos desarrollar una recopilación de las propiedades nutricionales del *Lupinus mutabilis*, así como de los métodos aplicados al *Lupinus mutabilis* y su efecto en el contenido de nutrientes y antinutrientes para el desarrollo de productos alimenticios a base de *Lupinus mutabilis*.

Justificación

El uso de microorganismos en procesos biotecnológicos es un precedente en la industria, ya que puede permitir el escalado en la producción de distintos bienes comerciales o industriales, en el caso de lupinos puede ser utilizados para contrarrestar antinutrientes estos actuarían degradando dichos compuestos y posiblemente incrementando las concentraciones de compuestos nutricionales o bioactivos.

Además *Lupinus mutabilis* es un cultivo de alto valor nutricional, con bajo consumo, pero enorme potencial de inserción en el mercado debido a sus altos contenidos aminoacídicos, destacando la presencia de 10 aminoácidos esenciales, principalmente lisina y leucina, que están involucrados en la síntesis de proteínas y contribuyen al buen estado de los músculos y ligamentos por lo cual podría ser conveniente para productos alimenticios de suplemento para ganancia de masa muscular. La utilización de enzimas permite obtener productos de mayor calidad nutricional y favorece el escalado de procesos que pueden aplicarse industrialmente.

Este proyecto profundizará la comprensión de distintos procesos que se pueden aplicar al grano de *Lupinus mutabilis* buscando establecer su valor a nivel industrial.

OBJETIVOS DE LA BÚSQUEDA

Objetivo general

Reportar los procesos biotecnológicos aplicables en *Lupinus mutabilis* y su efecto en sus compuestos nutricionales, bioactivos y antinutrientes.

Objetivo específico

Reportar los compuestos nutricionales, bioactivos y antinutrientes presentes en el *Lupinus mutabilis*.

Analizar los procesos biotecnológicos aplicables sobre el grano de *Lupinus mutabilis* mediante tablas comparativas.

Evaluar el impacto de los procesos para la industrialización de *Lupinus mutabilis*.

CARACTERÍSTICAS DE LA BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA (METODOLOGÍA)

El presente estudio será una recopilación bibliográfica de la literatura científica sobre los procesos biotecnológicos aplicables en *Lupinus mutabilis* y su impacto en las características nutricionales del mismo. Se realizarán búsquedas en bases de datos desde 2005 hasta 2021 en donde se incluirán palabras y frases clave “*Lupinus mutabilis*”, “tecnologías” y “procesamiento”, se compilarán en plantillas de Microsoft Excel todos los artículos reportados, tomándose en cuenta los datos importantes de los artículos de referencia, y se procederán a clasificarlos.

El primer paso será excluir los artículos duplicados. Luego se leerán los títulos y resúmenes y se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión. Todos los artículos resultantes de esta etapa serán leídos íntegramente y se volverá a aplicar los criterios de inclusión y exclusión. Siguiendo este paso, se obtendrán los artículos elegidos para el presente estudio.

Bases de Datos

Para la búsqueda electrónica se utilizarán las siguientes bases de datos: Scopus, PMC, Web of Science, ScienceDirect y WileyOnline además del buscador académico Google Scholar. Toda la información será obtenida de artículos indexados en diferentes Journals. Se accederá a los artículos restringidos a través de las suscripciones de la Universidad Católica de Santa María, además solo se buscarán aquellos que estuvieran en idioma castellano e inglés.

Selección de descriptores/Cadena de búsqueda

Se realizará una revisión sistemática la cual se centrará primordialmente en artículos publicados en revistas científicas que brinden información acerca de los procesos biotecnológicos aplicados a *Lupinus mutabilis*; entre los datos que se tomarán son: Caracterización del cultivo de tarwi en diferentes zonas del Perú, Composición química y aspectos nutricionales del tarwi, Propiedades funcionales del tarwi, Procesos biotecnológicos aplicados al tarwi, Caracterización de productos derivados de tarwi. Las búsquedas serán en español e inglés y los artículos deberán ser de carácter público durante el período de 15 años como se menciona anteriormente entre los años 2005 y 2021. Se realizará una búsqueda manual en las referencias bibliográficas de los artículos encontrados.

Criterios de inclusión y exclusión

Para los criterios de inclusión de artículos se considerará los siguientes criterios: Se realizará una búsqueda manual en las referencias bibliográficas de los artículos encontrados.

Los criterios de inclusión de los artículos serán los siguientes:

- Solo artículos en inglés y español
- Tipo de publicación - artículos originales de revistas, patentes, libros e informes oficiales del Estado.
- Los artículos deben presentar caracterización nutricional de *Lupinus mutabilis*.
- Los artículos deben presentar procesamiento de *Lupinus mutabilis* y caracterización del producto obtenido.

Como criterios de exclusión se utilizaron los siguientes:

- Artículos en idiomas distintos al inglés y español
- Artículos que no tengan las palabras clave
- Artículos sobre *Lupinus mutabilis* sin considerar el acondicionamiento para el proceso de industrialización.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividad	Semana							
	1-3	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16
Revisión de artículos científicos								
Elaboración de herramientas Microsoft Excel para clasificación de datos								
Análisis sistemático de los artículos científicos								
Redacción de la revisión bibliográfica								

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Eliana Pereira, Christian Encina-Zelada, Lillian Barros, Ursula Gonzales- Barron, Vasco Cadavez, Isabel C.F.R. Ferreira, Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* Willd (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food, *Food Chemistry*, 2019, Volume 280, Pages 110- 114, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.068>.
- G.R. Suca A., C.A. Suca A. Potencial del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) como futura fuente proteínica y avances de su desarrollo agroindustria, *Rev. Per. Quím. Ing. Quím.* 2015 Vol. 18, N.º 2, págs. 55-71.
- Edilberto Flores AGUILAR, Emille del Pilar Flores RIVERA, Assessment of the use of the hydrolyzed liquid fraction of the kiwicha grain in the fermentation process of probiotic drinks from tarwi juice: microbiological, chemical and sensorial analysis, *Food Science and Technology*, 2018.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - Perú. Boletín Mensual El Agro en Cifras Diciembre. [Internet]. 2020. Disponible en: <http://www.minag.gob.pe/portal/>
- Arturo Intiquilla , Karim Jiménez-Aliaga, Amparo Iris Zavaleta and Blanca Hernández-Ledesma, Production of Antioxidant Hydrolyzates from a *Lupinus mutabilis* (Tarwi) Protein Concentrate with Alcalase: Optimization by Response Surface Methodology, *Natural Product Communications* 2018 Vol. 13 (6).

- F. E. Carvajal-Larenas, A. R. Linnemann, M. J. R. Nout, M. Koziol & M. A. J. S. van Boekel. *Lupinus mutabilis*: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (2016), 56:9, 1454-1487, DOI: 10.1080/10408398.2013.772089
- Jacobsen, S.; Mujica, A. El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. *Revista botánica económica de los andes centrales*; 2006; 458-482.
- Camarena, F., Huaringa, A., Jiménez, J. and Mostacero, E. Revalorización de un cultivo subutilizado: Chocho o Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). Primera Edición. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina-Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC). 2012 222 pp.
- Córdova-Ramos, J.S.; Glorio-Paulet, P.; Hidalgo, A.; Camarena, F. Efecto del proceso tecnológico sobre la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales del lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet) andino. *Scientia Agropecuaria* 2020 11(2): 157- 165.
- Ranilla, L.G.; Genovese, M.I.; Lajolo, F.M. Isoflavones and antioxidant capacity of Peruvian and Brazilian lupin cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis* 2009 22(5): 397-404.
- Carvajal-Larenas, F., Van Boekel, M., Koziol, M., Nout, M. and Linnemann, A., Diffusion of Alkaloids during Debittering of Lupine. *Journal of Food Processing and Preservation*, (2014) 38: 1461-1471. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12105>
- F.E. Carvajal-Larenas, M.J.R. Nout, M.A.J.S. van Boekel, M. Koziol, A.R. Linnemann, Modelling of the aqueous debittering process of *Lupinus mutabilis* Sweet, *LWT - Food Science and Technology*, 2013, Volume 53, Issue 2, Pages 507-516, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.03.017>.
- Aguilar-Acosta, L.A.; Serna-Saldivar, S.O.; Rodríguez-Rodríguez, J.; Escalante-Aburto, A.; Chuck-Hernández, C. Effect of Ultrasound Application on Protein Yield and Fate of Alkaloids during Lupin Alkaline Extraction Process. *Biomolecules* 2020, 10, 292. <https://doi.org/10.3390/biom10020292>
- Villacrés E, Álvarez J, Rosell C. Effects of two debittering processes on the alkaloid content and quality characteristics of lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet). *J Sci Food Agric*. 2020 Mar 30;100(5):2166-2175. doi: 10.1002/jsfa.10240. Epub 2020 Jan 24. PMID: 31901131.
- Ana María Romero-Espinoza, Sergio O. Serna-Saldivar, María Cecilia Vintimilla-Alvarez, Miriam Briones-García, Marco A. Lazo-Vélez, Effects of fermentation with probiotics on anti-nutritional factors and proximate composition of lupin (*Lupinus mutabilis* sweet)., *LWT* 2020, Volume 130, 109658, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109658>.
- Rosas-Quina, YE, Mejía-Nova, FC. Supercritical fluid extraction with cosolvent of alkaloids from *Lupinus mutabilis* Sweet and comparison with conventional method. *J Food Process Eng*. 2021; 44:e13657. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13657>
- Chirinos, R, Cerna, E, Pedreschi, R, Calsin, M, Aguilar-Galvez, A, Campos, D. Multifunctional in vitro bioactive properties: Antioxidant, antidiabetic and antihypertensive of protein hydrolyzates from tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet)