

# UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería de Alimentos



*Una Institución Adventista*

**Determinación de las propiedades físicas, químicas y  
nutricionales de harina instantánea de tarwi (*Lupinus tomentosus*)**

**Por:**

Evelyn Mery Tintaya Coarita

**Asesor:**

Ing. Enrique Mamani Cuela

Juliaca, octubre de 2017

Ficha bibliográfica elaborada por el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación– CRAI – de la UPeU

Tintaya Coarita, Evelyn Mery

Determinación de las propiedades físicas, químicas y nutricionales de harina instantánea de tarwi (*Lupinus tomentosus*) / Autor: Evelyn Mery Tintaya Coarita; Asesor: Ing. Enrique Mamani Cuela. -- Juliaca, 2017.

89 páginas: anexos, figuras, tablas

Tesis (Ingeniero) -- Universidad Peruana Unión. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. EP. De Ingeniería de Alimentos, 2017.

Incluye referencias y resumen.

Campo del conocimiento: Ingeniería de Alimentos.

1. Lupinus tomentosus
2. Tarwi
3. Chocho
4. Harina tostada
5. Análisis fisicoquímicas
6. Granulometría
7. Aceptabilidad.

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

Ing. Enrique Mamani Cuela, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Alimentos, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y NUTRICIONALES DE HARINA INSTANTÁNEA DE TARWI (*Lupinus tomentosus*)", constituye la memoria que presenta la Bachiller Evelyn Mery Tintaya Coarita para aspirar el título de Ingeniero de Alimentos, cuya ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Juliaca, a los 31 de octubre del 2017.



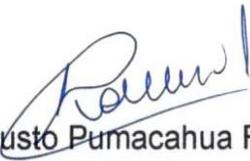
Ing. Enrique Mamani Cuela  
Asesor

“Determinación de las Propiedades Físicas, Químicas y Nutricionales de Harina Instantánea de Tarwi (*Lupinus tomentosus*)”

# TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero de Alimentos

## JURADO CALIFICADOR



Dr. Augusto Pumacahua Ramos  
Presidente



Ing. Ana Mónica Torres Jiménez  
Secretaria



Ing. Nancy Curasi Rafael  
Vocal



Ing. Alex Danny Chambi Rodríguez  
Vocal



Ing. Enrique Mamari Cuela  
Asesor

Juliaca, 31 de Octubre del 2017

## DEDICATORIA

*A Dios que me dio la vida, mi amigo fiel, quien siempre abre cada puerta de mi andar, quien dirige mis caminos.*

*A mi amado hijo, Jared Matías quien estuvo junto a mí en todo momento, brindándome su apoyo, compañía, comprensión, sus alegrías y así poder alcanzar mis metas.*

*La tesis se la dedico a todos los lectores interesados en el tema de investigación del tarwi.*

*Dedico este trabajo a toda mi familia, en especial a mí querida madre Pascuala Coarita Mamani, quien me brindo apoyo durante toda mi formación profesional.*

## AGRADECIMIENTOS

*En primer lugar agradezco a Dios, por acompañarme por el buen camino del bien, dándome inteligencia para culminar con éxito mis estudios profesionales.*

*Al Ing. Enrique Mamani Cuela, por su paciencia y dedicación en la asesoría, quien estuvo apoyándome, aconsejándome, orientándome y así alcanzar con los objetivos.*

*A la Ing. Carmen Rosa Apaza Humerez, por haberme iniciado en el camino de la investigación, optimismo, exigencia, apoyo incondicional, sin su experiencia, y críticas constructivas, no hubiese sido posible culminar la investigación.*

*Al Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos (CITAL), por su apoyo, para el desarrollo del proyecto y a la Ing. Nancy Curasi Rafael por su colaboración.*

*A mi querida facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión de Juliaca, que me brindo esta oportunidad para crecer profesionalmente.*

*Mis más sinceros agradecimientos a las personas que han hecho que el día a día en este complejo mundo de la investigación, tenga momentos inolvidables, porque su ánimo, ayuda y compañía han sido los ingredientes necesarios para que yo pudiera terminar con la Tesis. Son personas cercanas, doctores, magísteres, ingenieros, amigos, que forman parte de la familia unionista y que con miradas, más que con palabras me han dado en cada momento lo que realmente necesitaba. Estas personas, saben quiénes son.*

*A mis queridos padres y hermanos, porque ellos son un ejemplo a seguir.*

*Agradezco a la Empresa “INNOVA SRL” por abrirme las puertas de sus instalaciones, para poder llevar a cabo este trabajo de investigación.*

GRACIAS POR TODO

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN.....</b>	<b>xiv</b>
<b>CAPITULO I .....</b>	<b>16</b>
<b>EL PROBLEMA.....</b>	<b>16</b>
1. Planteamiento del problema .....	16
1.1 Objetivos .....	17
1.1.1 Objetivo General.....	17
1.1.2 Objetivos Específicos .....	17
<b>CAPITULO II .....</b>	<b>18</b>
<b>REVISIÓN DE LA LITERATURA .....</b>	<b>18</b>
2.1. El tarwi ( <i>Lupinus Mutabilis Sweet</i> ) .....	18
2.1.1. Clasificación taxonómica .....	19
2.1.2. Localización.....	19
2.1.3. Nombre comunes .....	20
2.1.4. Especies y variedades.....	20
2.1.5. Composición química y nutricional.....	22
2.1.5.1. Composición proteica.....	23
2.1.6. Sustancias anti nutritivas .....	24
2.1.6.1. Alcaloides del tarwi .....	24
2.1.6.2. Inhibidores de proteasas .....	25
2.1.6.3. Hemaglutinas .....	25
2.1.6.4. Glucosidos cianogénicos.....	26
2.2. Desamargado del Tarwi.....	26
2.2.1. Procesos convencionales .....	28
2.2.2. Procesos no convencionales .....	28
2.2.4. Harina de chocho .....	31

2.2.5.	Propiedades fisicoquímicas .....	32
2.2.5.1.	Proteínas.....	32
2.2.5.2.	Fibra.....	32
2.2.5.3.	Granulometría .....	32
2.2.5.4.	Índice de Peróxido .....	33
2.2.6.	Tostado .....	33
2.2.6.1.	Tostadora de granos en cilindro rotatorio.....	34
2.2.6.2.	Tipos de molinos .....	34
2.2.7.	Tamizado.....	35
2.3.	Efecto por altas temperaturas.....	36
2.4.	Reacciones de oscurecimiento o de pardeamiento.....	37
<b>CAPITULO III .....</b>		<b>39</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>		<b>39</b>
3.1.	Lugar de ejecución .....	39
3.2.	Materia prima.....	39
3.3.	Equipos y materiales .....	39
3.3.1.	Equipos .....	39
3.3.2.	Materiales.....	40
3.3.3.	Reactivos.....	41
3.4.	Metodología.....	41
3.4.1.	Proceso de desamargado de Lupino .....	41
3.4.2.	Obtención de harina instantánea .....	42
3.4.2.1.	Proceso de Obtención de Harina Tostada Experimental .....	42
3.4.3.	Análisis físico.....	44
3.4.3.1.	Determinación de índice de solubilidad en agua .....	44
3.4.3.2.	Determinación de índice absorción de agua.....	44
3.4.3.3.	Granulometría .....	44

3.4.4.	Análisis Químico .....	44
3.4.4.1.	Determinación de índice de peróxido .....	44
3.4.4.2.	Determinación de acidez.....	44
3.4.4.3.	Determinación de alcaloides .....	44
3.4.5.	Análisis nutricional .....	44
3.4.5.1.	Determinación de Humedad.....	44
3.4.5.2.	Determinación de Proteína.....	44
3.4.5.3.	Determinación Grasa .....	45
3.4.5.4.	Determinación de Ceniza .....	45
3.4.5.5.	Determinación de Fibra.....	45
3.4.5.6.	Determinación de Carbohidratos.....	45
3.4.6.	Evaluación sensorial.....	45
3.5.	Diseño de la investigación .....	46
<b>CAPITULO IV .....</b>		<b>47</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>		<b>47</b>
4.1.	Desamargado de Lupino.....	47
4.2.	Elaboración de la harina instantánea de Lupino .....	48
4.1.	Análisis Físico.....	49
4.1.1.	<i>Índice de Solubilidad en agua (ISA)</i> .....	49
4.1.2.	<i>Índice de Absorción en agua (IAA)</i> .....	50
4.1.3.	<i>Granulometría</i> .....	51
4.2.	Análisis Químico .....	53
4.2.1.	<i>Índice de peróxido</i> .....	53
4.2.2.	<i>Determinación del pH en la harina de tarwi</i> .....	53
4.2.3.	<i>Índice de acidez</i> .....	54
4.2.4.	Determinación de alcaloides.....	54
4.3.	Propiedades nutricionales.....	55

<b>CAPITULO V .....</b>	<b>61</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>61</b>
<b>5.1. Conclusiones .....</b>	<b>61</b>
<b>5.2. Recomendaciones .....</b>	<b>62</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>68</b>

### INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Síntesis de glucósidos cianogénicos.....</i>	26
<i>Figura 2. Efecto de los tratamientos térmicos en el valor nutricional de la soya .....</i>	30
<i>Figura 3. Desarrollo de la oxidación de los aceites .....</i>	33
<i>Figura 4. Tostadora de cilindro rotatorio.....</i>	34
<i>Figura 5. Flujo experimental en la obtención de la harina instantánea de tarwi.....</i>	43
<i>Figura 6. Color de la harina de tarwi tostado.....</i>	49
<i>Figura 7. Comparación de medias de las muestras 1-4 .....</i>	60
<i>Figura 8. Flujo de operaciones para la elaboración del desamargado de tarwi. ....</i>	69
<i>Figura 9. Flujo grama para la elaboración de harinas instantánea de tarwi.....</i>	70

### INDICE DE TABLAS

Tabla 1 La clasificación taxonómica del chocho (Lupinus Mutabilis Sweet) .....	19
Tabla 2 Centro de origen y especies.....	20
Tabla 3 Principales especies silvestres del Genero Lupinus en el Perú.....	21
Tabla 4 Principales especies de Lupinus silvestre en los Andes.....	21
Tabla 5 Composición química del tarwi, soya y frijol (g/100g) .....	22
Tabla 6 Contenido aminoacídico del tarwi.....	23
Tabla 7 Principales alcaloides que se encuentra en el chocho. ....	24
Tabla 8 Contenido de alcaloides en el tarwi después de diferentes tratamientos de extracción en escala de laboratorio y piloto (%). ....	29

Tabla 9 Valor nutritivo e INS de la soya sujeta a diferentes tratamientos térmicos.....	30
Tabla 10 Componentes de la harina de chocho .....	31
Tabla 11 Efecto de los tratamientos térmicos sobre los principales compuestos nutricionales. ....	36
Tabla 12 Aspecto general de las reacciones de oscurecimiento .....	37
Tabla 13 Niveles de Variables Independientes .....	46
Tabla 14.....	46
Tabla 15 Peso de grano seco, húmedo y rendimiento en grano seco desamargado de Lupino.....	47
Tabla 16 Índice de solubilidad en agua (ISA) e índice absorción de agua (IAA).....	51
Tabla 17 Determinación del Módulo de finura .....	52
Tabla 18 Valor de pH en la harina.....	53
Tabla 19 Valores de Peróxido, acidez total y alcaloides en la harina de tostada de tarwi ....	55
Tabla 20 Composición química experimental y Teórico de la harina de tarwi .....	57
Tabla 21 Análisis de Varianza para aceptabilidad.....	58
Tabla 22 Comparación múltiple LSD (Método: 95.0 porcentaje LSD) .....	59
Tabla 23 Contrastes de medias de las muestras .....	59

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Metodología del desamargado del tarwi convencionalmente.....	65
ANEXO 2. Obtención de harina método Tatamues y Sambrano.....	66
ANEXO 3. Determinación de índice de solubilidad en agua (WSI).....	67
ANEXO 4. Determinación de índice absorción de agua (WAI) .....	68
ANEXO 5. Granulometría (Cáceres, 2012). ....	69
ANEXO 6. Determinación de peróxido (AOAC, 1990) .....	70
ANEXO 7. Determinación de acidez (AOAC, 1990) .....	71
ANEXO 8. Determinación de alcaloides (Castillo, 2013) .....	72
ANEXO 9. Determinación de humedad (AOAC, 1990) .....	73
ANEXO 10. Determinación de Proteína Total (AOAC, 1990) .....	74

ANEXO 11. Determinación de Grasa (AOAC, 1990) .....	76
ANEXO 12. Determinación de Cenizas (AOAC, 1990) .....	77
ANEXO 13. Determinación de Fibra (AOAC, 1990) .....	78
ANEXO 14. Determinación de Carbohidratos (AOAC, 1990) .....	79
ANEXO 15. Cartilla de evaluación sensorial .....	80
ANEXO 16. Desamargado y secado de chocho .....	81
ANEXO 17. Tostado y molido del tarwi .....	82
ANEXO 18. Tamizado de la harina de tarwi .....	83
ANEXO 19. Escaneado de la harina de tarwi .....	84

## **NOMENCLATURA Y/O SÍMBOLOS USADOS**

AOAC	: Asociación de Químicos Analíticos Oficiales
BKP	: Púrpura bromocresol
CITAL	: Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos
F	: Número de malla de cada bandeja
FAO	: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura
FUI	: Fundación Universitaria Iberoamericana
FT	: Fibra total
g	: Gramo
GOS	: $\alpha$ -galactósidos
HCN	: Ácido prúsico
INS	: Índice de Solubilidad de Nitrógeno
Kg	: Kilogramo
ml	: Mililitro
msnm	: Metros sobre el nivel del mar
mm	: Milímetro
N	: Normalidad
mEq/kg	: Mili equivalente por kilogramo de grasa
OMS	: Organización Mundial de la Salud
pH	: Potencial de Hidrogeno
R	: % retenidos de cada bandeja
rpm	: revoluciones por minuto
REP	: Relación de Eficiencia Proteínico
SD	: Desviación Estándar
$\mu$ m	: Micra
IAA	: Índice de Absorción en Agua
ISA	: Índice de Solubilidad en Agua

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar las propiedades físicas, químicas y nutricionales de harina instantánea de tarwi, para lo cual se procedió a desamargar el grano de tarwi por el método “cuzco”, seguidamente se desarrolló el proceso de elaboración de la harina de tarwi y realizar los análisis físicos (solubilidad, absorción y granulometría), químicos y nutricionales (índice de acidez, índice de peróxido, alcaloides, humedad, grasa, fibra, ceniza, carbohidratos, proteína); a su vez se evaluó el grado de aceptabilidad con 10 panelistas. Se aplicó un diseño factorial 2<sup>2</sup>, teniendo como variables independientes: tiempo y temperatura, variables dependientes: solubilidad, absorción, granulometría índice de acidez, índice de peróxido, alcaloides, humedad, grasa, fibra, ceniza, carbohidratos y proteína. Se obtuvo los resultados de desamargado húmedo, incrementando de 120% a 130%, la materia seca presentó un rendimiento de 60.1% a 67.03%, los granos de tarwi fueron tostados en un horno parabólico a una humedad de 10.8% y temperatura 130 °C x 10 min, luego se llevó a molienda en un molino de martillo con tamiz N°0.75. Obteniendo una solubilidad promedio de 67.56% a 80.20%, índice absorción de agua 2.789% a 3.168%, granulometría 1.31mf a 1.46mf, índice de acidez 0.04% a 0.10%, índice peróxido 5.349mEq/Kg a 8.177mEq/Kg, alcaloide 0.04% a 0.06%, humedad 8.017% a 2.73%, grasa 24.21% a 24.74%, fibra 8.53% a 9.91%, ceniza 1.383% a 1.92%, carbohidratos 3.772% a 9.164% y proteína 54.03% a 57.06%. Se determinó que la harina instantánea de tarwi es influida por el tiempo y la temperatura, favoreciendo las características de solubilidad en agua, capacidad de absorción de agua, granulometría, composición química, para las temperaturas (110°C y 130°C) y tiempos (10min y 20 min.), que fueron las más apropiadas y que cumplieron con las normas establecidas. Para la aceptabilidad la muestra 3 es la más preferida por los panelistas.

**Palabras clave:** *Lupinus tomentosus*, Tarwi, Chocho, Harina tostada, Análisis fisicoquímicas, Granulometría, Aceptabilidad.

## ABSTRACT

The goal of this research was to determine the physical, chemical and nutritional properties of instantaneous flour of Tarwi (*Lupinus tomentosus*), in order to its procedure to unravel the tarwi by the cuzco method, after this the tarwi flour's was made and made physical, chemical, nutritional (Acidity index, peroxide index, alkaloids, moisture, fat, fiber, ash, carbohydrates, protein) and sensorial evolution with 10 panelists. The independent variable: time and temperature, dependent variable: solubility, absorption, grain size, peroxide index, alkaloids, moisture, fat, fiber, ash, carbohydrates and protein; was applied as factor dependent design. The optimum results were obtained for the preparation of tarwi flour in a parabolic furnace at a humidity of 10.5% and temperature 130 ° C x 10 min., It was grinded in a hammer mill, opting for a flour of 0.75 mm diameter . It obtained an average solubility of (67.56 to 80.20), water absorption index (2.789 to 3.168), grain size (1.31 to 1.46), acid value (0.04 to 0.10), peroxide index 0.04 to 0.05 (5.349 to 8.177), Alkaloid (0.04 to 0.06), moisture (8.017 to 2.73), fat (24.21 to 24.74), fiber (8.53 to 9.91), ash (1,383 to 1.92), carbohydrates (3,772 to 9,164) and protein (54.03 to 57.06) , These data are acceptable because they are within range for instant flours, established by Peruvian and CODEX standards. It is possible to prepare an instant flour of tarwi that can be used for human consumption, including mixing with other flours as it has potential nutritive.

**Keywords:** *Lupinus tomentosus*, *Tarwi*, *Lupine*, *Toasted flour*, *Physicochemical analysis*, *Granulometry*, *Acceptability*.

## CAPITULO I

### EL PROBLEMA

#### 1. Planteamiento del problema

El perfil del consumidor ha cambiado drásticamente en la sociedad actual; han surgido nuevas preferencias y necesidades del mercado. Son muchos los motivos para apostar por nuevos productos nutritivos y saludables, como en el caso de las leguminosas que forman parte de la dieta y son de gran interés por su valor nutritivo, como fuente de proteína, carbohidratos, fibra, minerales, vitaminas hidrosolubles y compuestos fenólicos.

El tarwi (*Lupinus mutabilis*), tiene un alto contenido de proteínas que es de 44.3%, mayor que el de la soya 33.5%, lo cual lo hace de interés para la nutrición (Castillo, 2013). Sin embargo, en nuestro país, Quilca y Frias (2008) afirman que en zonas productoras, como Yunguyo y Azángaro, prefieren vender el tarwi para comprar alimentos de menor costo, elaborados a base de carbohidratos, lo que produce un desequilibrio nutricional.

No obstante, la presencia de compuestos anti nutritivos afecta a su digestibilidad, entre ellos destacan compuestos como, alcaloides (lupanina, asparteina), fitatos, taninos, entre otros, que disminuyen su consumo de forma directa, por lo que la aplicación de un tratamiento térmico de cocción seguido de un proceso de lavado y deshidratación podría incrementar las alternativas de consumo (Sosa, 2000).

Además en el Perú, el 2011 se ha declarado una Norma Moratoria que restringe la producción y comercialización de soya transgénica, esta es una de las razones por las que se han estudiado varias alternativas vegetales promisorias con las que se pueda llegar a suplir esta creciente demanda. Una de estas alternativas son los lupinos, plantas que están distribuidas en todo el mundo y cuyas cualidades las hacen de interés para la industria alimentaria (Martínez Herrera, 2001; Ruiz López, 2006).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, (2005) afirma que las propiedades más importantes respecto a harinas instantáneas son físico químicas (granulometría, índice de peróxido, índice de acidez, etc.) y nutricionales (proteínas, carbohidratos, ceniza, grasa, fibra, etc.). Los resultados de esta investigación constituyen un aporte de conocimiento sobre las bondades de las harinas instantáneas de leguminosas como el tarwi (mediante tostado), así contribuir con el fortalecimiento del bienestar económico-social de los productores.

El presente estudio permitirá ver las posibilidades de aprovechar el tarwi como producto de nuestra región, ya que esta leguminosa contribuye en la actualidad de manera importante en la alimentación cotidiana de las familias del sector rural, actualmente este cultivo está tomando relevancia en la transformación y consumo directo.

Por lo que es necesario determinar las propiedades físicas, químicas y nutricionales de este grano andino y sus derivados si se quiere promover su consumo nacional.

Por lo expuesto, se carece de investigaciones respecto a las propiedades físicas, químicas y nutricionales de la harina instantánea de tarwi proveniente de la localidad de Azángaro.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo General**

Determinar las propiedades físicas, químicas y nutricionales de harina instantánea de tarwi (*Lupinus tomentosus*)

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Realizar el desamargado del grano de tarwi por el método Cuzco.
- Elaborar la harina tostada de tarwi.
- Evaluar las propiedades físicas (solubilidad en agua, absorción de agua y granulometría), químicas (índice de peróxido, acidez, contenido de alcaloides) y nutricionales (humedad, proteína, grasa, ceniza, carbohidratos y fibra) de la harina instantánea de tarwi.
- Realizar la aceptabilidad de la harina tostada de tarwi.

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LA LITERATURA

#### 2.1. El tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)

El chocho es una planta herbácea anual que se adapta a diferentes tipos de suelos, siendo los apropiados los arenosos y franco arenoso, con balance adecuado de nutrientes y buen drenaje. Se adapta en suelos con PH de 5,5 a 7,6 y se cultiva en una altitud entre 2000 y 3800 metros sobre el nivel del mar (Caicedo, 2001; Tapia, 2000).

Se siembra entre enero y abril y de setiembre a diciembre. La mayor parte de productores desean sembrar una variedad precoz (6 a 7 meses) aunque hay quienes desearían seguir con las variedades locales tradicionales. La mayoría de productores usan semillas de cosechas anteriores y el resto adquiere en el mercado. Hay variabilidad en la cantidad de semilla utilizada para la siembra (Moncayo, 2000).

Por otro lado, se ha demostrado que el Tarwi es una leguminosa que fija nitrógeno atmosférico en cantidades apreciables de 100 kg/ha aproximadamente. Restituyendo la fertilidad del suelo cultivada (Mujica y Sven, 2006).

El rendimiento del Tarwi alcanzan 3200-4800 kg/ha, cuando el cultivo es conducido en forma adecuada y se le proporciona todos sus requerimientos en forma oportuna. También tiene potencial producción de alcaloides para uso como biosidas o repelente de las principales plagas que afectan los cultivos de la zona andina (Acuña, 2001).

Como característica el Tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) es una semilla leguminosa cuyo diámetro mide de 0,5 a 1,5 cm., la misma que está cubierta por un tegumento endurecido que puede constituir hasta el 10% del peso total. Además señala que dicho grano contiene 1,1 a

3% de alcaloides. El proceso “Cuzco” de desamargado de granos de Tarwi, es posible reducir el contenido de alcaloides de 0,02 a 0,002% (FAO, 1990 y FAO, 1982).

### 2.1.1. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica se detalla en la Tabla 1.

**Tabla 1**

#### La clasificación taxonómica del chocho (*Lupinus Mutabilis Sweet*)

<b>División</b>	<b>Espermatofita</b>
<b>Subdivisión</b>	Angiospermas
<b>Clase</b>	Dicotiledóneas
<b>Sub clase</b>	Arquielamideas
<b>Orden</b>	Rosales
<b>Familia</b>	Leguminosas
<b>Subfamilia</b>	Papilionoideas
<b>Tribu</b>	Genisteas
<b>Género</b>	Lupinus
<b>Especie</b>	Mutabilis
<b>Nombre científico</b>	Lupinus Mutabilis Sweet
<b>Nombre común</b>	Tarwi, Chocho, Tauri

Fuente: Caicedo, Peralta y Rivera (2001)

### 2.1.2. Localización

El Tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) es una leguminosa que se encuentra en la zona andina de Perú, Bolivia, Ecuador, Argentina y Chile, cuyas semillas se emplean en la zona que abarcan esos países desde la época preincaica, para la nutrición humana y animal. (Jacobsen y Mujica, 2006).

El cultivo del Tarwi en la sierra se localiza entre los 2800 a 3900 msnm. Correspondiente aproximadamente el 20% del área sembrada en la sierra norte entre los departamentos de Cajamarca, la libertad y Amazonas; 41% de la sierra central entre los departamentos de Ancash, Huánuco y un mínimo porcentaje en Junín y el 39% en la sierra sur, en los departamentos de Cusco, Puno y Apurímac. (Palacios, 2004)

Con la llegada de los españoles, el cultivo de tarwi, caracterizado por su alto valor nutritivo y amplia adaptabilidad agro ecológico en los andes, fue desplazado por otras leguminosas triadas de Europa como el haba y la arveja; originando cambios en los hábitos de consumo y en la dieta del poblador andino (Salis, 1985).

**Tabla 2**

**Centro de origen y especies.**

<b>Centro de origen</b>	<b>Especies</b>
<b>IV (Cercano Oriente)</b>	L. Pilosus L ., L. Angustifolius L.,
<b>V (Mediterráneo)</b>	L. Albus L. L. Albus L., L. Termis forskal.
<b>VIII (Sudamérica)</b>	L. Mutabilis sweet.

Fuente: Caicedo, Peralta y Rivera (2001)

**2.1.3. Nombre comunes**

En español, se le denomina “chocho”, altramuz, (por su semejanza al altramuz europeo), arvejilla, frijol de altura, lupinu y lupinu perla. En lenguas nativas, dentro de diversas áreas de influencia de cada dialecto, se la llama ceguela, talhue, talhui, tauri, tarwi, ullos y taraura (Franco, 1991). Quechua (tarwi y tauri), aymara (tauri y tarhui, castellano (chocho, lupino y altramuz).

**2.1.4. Especies y variedades**

La publicación más completa sobre las especies silvestres de *Lupinus* en el Perú es la tesis de doctorado del Dr. Carrillo (1956), de la Universidad del Cusco, que presenta la descripción de 103 especies y caracteriza 17 nuevas especie, se detalla en la Tabla 3.

**Tabla 3****Principales especies silvestres del Genero Lupinus en el Perú**

<b>Nombre científico</b>	<b>Distribución geográfica msnm</b>	<b>Autor y número de herbario</b>
Lupinus aridulus	Cusco-Puno 4100	Herrera, 3049
Lupinus cuzcensis	La raya 4400	Weberbauer, 6874
Lupinus gilbertianus	Áncash-Cusco 3900	Vargas, 1101
Lupinus microphyllus	Junín- Puno 4700	Killip y Smith, 22042
Lupinus paniculatus	Amazonas-Puno	Soukup,745
Lupinus praealtus	Lima-Cusco 3100	Pennell,14611

Fuente: Carrillo (1956)

**Tabla 4****Principales especies de Lupinus silvestre en los Andes**

<b>Nombre científico</b>	<b>Distribución geográfica</b>	<b>Autor (herbario)</b>
Lupinus agustini	Jesús Arequipa, 2600 msnm	E. Carrillo, 1956
Lupinus alinanus	Paucartambo, Cusco, 3500 m	C. Vargas
Lupinus aridulus	Arranca, Puno, 4100 msnm	C. Pennell
Lupinus ballanus	Ocros, Áncash 3900 msnm	Ch.P. Smith
Lupinus binclinatus	Canas, Cuzco 3860 msnm	Ch.P. Smith
Lupinus condensiflorus	Huamantanga Lima, 3000 m	Ch.P. Smith
Lupinus cuzcensis	La Raya, Cusco 4400 mmsnm	Ch.P. Smith
Lupinus chlorolepis	Ayabaca, Piura 3300 msnm	A.Weberbauer, 1943
Lupinus doraе	Abancay, Apurimac 4000 msnm	C.Vargas
Lupinus gibertianus	Simbral, Arequipa, 3900 msnm	E. Carrillo, 1956

Lupinus microphyllus	Huancayo, Junín 4700 msnm	Tovar, 1990
Lupinus paniculatus	Yucay, Cusco 3300 msnm	J. Soukup, 1970
Lupinus praestabilis	Pisac Amaru, Cusco 3500 m	Ch. P. Smith
Lupinus quellomeyus	Convención, Cusco 1100 m	E. Carrillo, 1956
Lupinus perezii	Uchupata, Cusco 4400 msnm	C. Vargas
Lupinus tomentosus	Azángaro, Puno 3900 msnm	J. Soukup, 1970

Fuente: Carrillo (1956); Planchuelo (1978); Tapia y Vargas (1982).

### 2.1.5. Composición química y nutricional

Cuando se compara el tarwi con otras leguminosa, como la soya y el frijol, es clara la diferencia en contenido de proteína a favor del tarwi (Tabla 5); sin embargo se debe considerar que este elevado contenido de proteína, se puede incrementar de 47 a 64% cuando se extrae los lípidos y los alcaloides (Repo, 1988).

La proteína del tarwi es rica en globulinas y albúminas, sin embargo es deficiente en triptófano, con mayor cantidad de aminoácidos azufrados que la mayoría de leguminosas (Camarena et al., 2012).

**Tabla 5**  
**Composición química del tarwi, soya y frijol (g/100g)**

Componentes %	Tarwi	Tarwi			Soya	Frijol
		Semilla	Cotiledón (88.97%)	Tegumento (11.03%)		
<b>Proteína</b>	44.3	44.87	49.22	9.39	33.4	22
<b>Grasa</b>	16.5	13.91	15.38	2.20	16.4	1.6
<b>Carbohidratos</b>	28.2	27.12	27.08	27.5	35.5	60.8
<b>Fibra</b>	7.1	8.58	2.42	58.35	5.7	4.3

<b>Ceniza</b>	3.3	5.52	5.89	2.55	5.5	3.6
<b>Humedad</b>	7.7	9.63	9.67	10.79	9.2	12

Fuente: Mujica y Sven (2006), Morón (2005); Citados por Ortega, (2009)

### 2.1.5.1. Composición proteica

El contenido de proteína en el grano fluctúa de 39 a 52 % (Velasco y Valdivia, 1981) como se observa en la Tabla 5. El grano tarwi es rico en proteínas y grasas, razón por la cual debería ser utilizada en la alimentación humana con mayor frecuencia. Las proteínas y aceites constituyen más de la mitad de su peso, estudios realizados en más de 300 diferentes genotipos muestra que el aceite 14- 24% (Gross, 1988).

Existe una correlación positiva entre proteínas y alcaloides, mientras tenga mayor será la cantidad de alcaloides, esto no ocurre en la grasa. (Mujica y Sven, 2006).

Sin embargo algunos estudios determinaron que el contenido de proteínas es aún más elevado que los valores mencionados en anteriores citas, obteniéndose hasta 47.7% de proteínas en el análisis químico proximal, y también la digestibilidad se aproxima a la de la caseína siempre y cuando se haya aplicado un proceso de desamargado y un tratamiento tecnológico adecuado que no implique pérdida de nutrientes (Schoeneberger y Gross, 1993).

**Tabla 6**

#### Contenido aminoacídico del tarwi

<b>AMINOACIDOS</b>			
Fenilalanina	49	Ácido glutámico	28.6
Isoleucina	4.9	Alanina	2.1
Leucina	7.4	Arginina	7.8
Lisina	5.1	Glicina	4.8
Metionina	0.8	Serina	5.0
Treonina	4.3	Triptófano	3.5

Histidina	1.5	Valina	4.8
Ácido aspártico	11.4		

Fuente: Mujica y Sven (2006).

Encontraron que la semilla de lupino contienen 7.35% de nitrógeno total, 55.95% de carbono y 9.83% de hidrógeno. Con base en el contenido de cenizas (5.52%) se estima que el contenido de oxígeno equivale a 21.35%. La fracción fibrosa de la semilla está contenida principalmente en el tegumento, representado el 11.03% de la semilla y tiene un alto contenido de fibra y carbohidratos, es especialmente en celulosa y hemicelulosa (Ortega, 2009).

### 2.1.6. Sustancias anti nutritivas

Como en todas las semillas de las leguminosas, también en el grano del tarwi se hallan algunas sustancias anti nutritivas, que limitan el uso directo de la semilla cruda en la alimentación humana y animal (Castillo, 2013).

#### 2.1.6.1. Alcaloides del tarwi

El grano de Tarwi crudo es amargo, por lo tanto es consumible, no es apetecido por aves, rumiantes ni insectos; por ello para consumir los granos de Tarwi, el primer paso es el desamargado (Mujica y Sven, 2006).

Un análisis bastante completo de alcaloides de tarwi ha sido realizado por Hatzold (1981), citado por Tapia (2006), el cual muestra gran variedad de alcaloides presentes según la variedad estudiado de lupino, destacándose la presencia de lupanina como el alcaloide más común.

**Tabla 7**

**Principales alcaloides que se encuentra en el chocho.**

Alcaloide	%
Lupanina	46
Esparteína	14
4 - hidroxilupanina	10
Isolupanina	3

<b>N - metilangustifolina</b>	3
<b>13 - hidroxilupanina</b>	1

Fuente. Vinueza, (2010); Rodriguez, (2009); Mendez (2008)

Por otro lado el sentido del gusto humano puede identificar una concentración de 0.1% de sabor amargo en la semilla, lo que evita el consumo y protege de una posible intoxicación. Las cantidades que quedan después del desamargado son eliminadas por heces y orina. En diferentes ensayos, se ha probado que aun después de un consumo prolongado por 4 semanas, no se observaron efectos nocivos en animales de experimentación (Tapia, 2006).

Sobre la toxicidad de los alcaloides en el lupinus, Bleitgen (1979); mencionado por Gross (1982), indica que a medida que aumenta el grado de oxidación disminuye la toxicidad de los alcaloides de lupino. Así mismo, se reduce su grado de amargor, siendo, de esta manera, el sabor un buen indicador de la toxicidad de la semilla.

#### **2.1.6.2. Inhibidores de proteasas**

La calidad de las proteínas vegetales es influida por sustancias que tienen la propiedad de inhibir la actividad proteolítica de ciertas enzimas, estas sustancias requieren elevada cantidad de aminoácidos sulfurados en los alimentos (Gross, 1982).

Además de los alcaloides existen en muchas leguminosas otros componentes tóxicos o llamados anti nutritivos, como los inhibidores de proteasas y el ácido prúsico (HCN). Sin embargo, no se han encontrado presentes en cantidades significativas en el Tarwi, o son eliminados en el proceso de desamargado.

Se considera que un contenido de 0.02% de alcaloides remanentes después del desamargado es el límite que se puede aceptar como seguro para el consumo humano sin ningún riesgo (Tapia, 2006).

Hudson, 1979, citado por Gross, 1982, no halló inhibidores de tripsina en la semilla de tarwi; en cambio Hove y King, 1979 detectaron un ligero efecto inhibidor.

#### **2.1.6.3. Hemaglutinas**

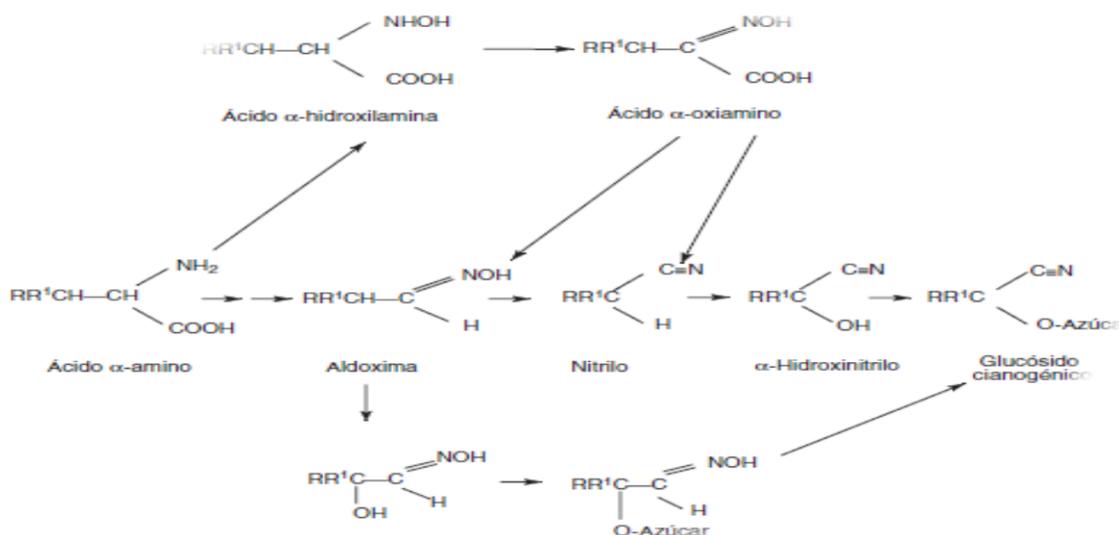
Las hemaglutinas llamadas también lecitinas, pueden perturbar notablemente la digestibilidad de alimentos vegetales, causando una disminución en la absorción de sustancias nutritivas, tales como aminoácidos y carbohidratos. En principio se puede decir que la semilla de tarwi, en el caso del hombre, la actividad hemaglutinante es de segundo orden, teniendo

en cuenta el bajo contenido en la semilla cruda, que además es destruido completamente en el proceso de cocción (Gross, 1982).

#### 2.1.6.4. Glucosidos cianogénicos

El cianuro en cantidad de trazas está ampliamente distribuido en las plantas en forma de glucósido. Sin embargo, hay plantas que pueden acumularlo, como sucede en la almendra amarga (*Prunus amigdalus*); el cianuro se encuentra contenido en la molécula de amigdalina, un ejemplo de su síntesis aparece en la Figura 1.

En la naturaleza se estima que existen más de 100 especies que contienen glucósidos cianogénicos y no están exclusivamente asociados con leguminosas. Cuando el material biológico se macera o se daña, puede liberarse cianuro por una acción enzimática, que generalmente se debe a la b-glucosidasa (Badui, 2006).



**Figura 1. Síntesis de glucósidos cianogénicos**

Las diferentes muestras de tarwi presentan valores de 0,53 mg HCN/100 mg de materia seca en un ecotipo de Cusco (Perú) y 0,89 mg HCN/100 mg de materia seca en una variedad de Potosi (Bolivia) (Schoeneberger, 1982).

## 2.2. Desamargado del Tarwi

Hace miles de años el habitante andino logró ampliar su espacio vital hacia las zonas altas, aprendiendo a aprovechar frutos tóxicos e inapropiados para el consumo (Gross, 1982).

El proceso de desamargamiento se basa en dos pasos:

- Proceso térmico.
- Proceso de extracción.

Según Meneses et al. (1996) mencionado por Sosa (2000) después de haber limpiado los granos de paja, piedras, granos y otras semillas, se someten a cocción durante aproximadamente 45 minutos. Este proceso térmico de cocción es necesario por los siguientes motivos:

- Destrucción del poder germinativo.
- Destrucción de las enzimas propias de la célula, tales como lipasa, que causan la descomposición de las grasas.
- Destrucción de microorganismos adheridos a las semillas, que pueden producir toxinas, así como causar la descomposición de sustancias nutritivas.
- Desintegración de las células de las semillas, mediante lo cual se facilita la extracción de alcaloides.
- Coagulación de las proteínas de las semillas con lo que se reduce la pérdida de proteínas durante el proceso de extracción.

El proceso de extracción de alcaloides se lleva a cabo con agua corriente. Para desamargado completamente el grano de lupino es necesario lavarlo durante aproximadamente tres a cuatro días. Por otro lado, la cáscara del grano protege a la semilla contra microorganismos que podrían penetrar en ella y producir una descomposición. Es importante que el agua utilizada en el lavado de alcaloides de lupino sea potable y no contaminada ni con microbios patógenos, no con sustancias tóxicas para evitar la contaminación de los granos.

Los granos desamargado húmedos se pueden consumir directamente o se llevan al mercado para ser vendidos. Raras veces se secan los granos al sol para prolongar su conservación (Gross, 1982).

La solución de los alcaloides cuando están como sales resulta más fácil cuanto más polar sea el solvente. De ahí que el agua sea muy apropiada para la extracción de alcaloides por ser el solvente más polar (Gross, 1982).

### **2.2.1. Procesos convencionales**

Los procesos convencionales de desamargado son aquellos que resultan de métodos precedentes o de costumbre, tal es el caso, el proceso “Cusco” recomendado por Tapia y Colquehuanca (1982) citados por Quilca y Frias (2008). La extracción de alcaloides por cocción, pelado y lavado con agua, que es un proceso convencional mejorado (Montes y Hurtado, 1984).

Basándose principalmente en el método de desamargado tradicional realizado antiguamente por el poblador andino, que practica hasta hoy en día en las comunidades de los departamentos de Puno, Cusco entre otros. Es indudable que la aplicación de los procesos no convencionales va a depender de la región a la cual se implementa y fundamentalmente de la escala de producción del tarwi.

### **2.2.2. Procesos no convencionales**

El proceso de obtención de aislados proteicos se presta para la producción de un producto desamargado de alta calidad nutritiva y con un contenido de alcaloides inferior al 0,02% (Rodríguez, 1981). Por otro lado, los alcaloides también pueden ser extraídos mediante alcohol.

Sin embargo, comparando con la extracción con agua, la solubilidad de los alcaloides en el alcohol disminuye, ya que la polaridad del alcohol es inferior. Además se requiere realizar la recuperación del alcohol.

La extracción simultánea de aceite y alcaloides constituye una alternativa más económica. Para tal efecto se procede a la extracción de aceite con solventes, necesario para granos oleaginosos, a fin de extraer simultáneamente los alcaloides de la harina de lupino. En el laboratorio, el Etanol (95%) y el Isopropanol (88%) resultaron aparentes para dicho procedimientos.

**Tabla 8**

**Contenido de alcaloides en el tarwi después de diferentes tratamientos de extracción en escala de laboratorio y piloto (%).**

Tratamientos De extracción	Escala	
	Laboratorio	Piloto
<b>Extracción con agua</b>		
- Desamargado tradicional	<0.001	0,002-0,07
- Proceso “cusco”		
- Aislado de proteína		0,001-0,003
- Extracción simultanea aceite-alcaloide		<0,02
<b>Extracción con Alcohol</b>		
- Metanol		0,003
- Etanol – Agua	0.05	
- Extracción simultanea aceite-alcaloides		0,06
- Etanol (95%)	0,05;<0,05	
- Isopropanol (88%)	0,06	
<b>Proceso “Hoechst”</b>	0,04	0,26

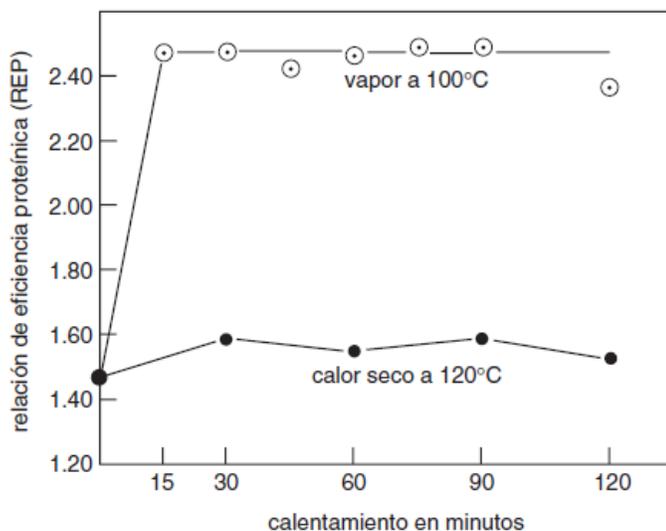
Fuente: Gross (1982).

### 2.2.3. Harina de Leguminosas

La harina es el polvo fino que se obtiene del cereal molido y de otros alimentos ricos en almidón. Se puede obtener harina de distintos cereales, aunque la más habitual es de trigo, también se hace harina de centeno, de cebada, de avena, de maíz o de arroz. Existen harinas de leguminosas y harinas a partir de semillas. El denominador común de las harinas vegetales es el almidón, que es un carbohidrato complejo (Libre, 2008).

Las harinas son la forma menos refinada de la soya; se pueden fabricar con toda su grasa, y parcial o totalmente desgrasadas, ya sea como hojuelas, gránulos o polvo; contienen un mínimo de 40% de proteínas, y durante su manufactura se someten a un calentamiento con vapor para eliminar el residuo del disolvente usado para la extracción de aceite, y a un tostado (115°C durante 15 a 25 minutos) para inactivar la lipoxigenasa, los inhibidores de tripsina y otros factores antifisiológicos. Después de estos procesos, el producto resultante tiene un mejor valor nutritivo, que se observa por el aumento de la relación de eficiencia proteínica REP (PER, *Protein Efficiency Ratio*) que aumenta de 1.45 a 2.45 al tratarse con calor húmedo (vapor), como se muestra en la Figura 2.

Un método comercial para la elaboración de harinas sin desgrasar consiste en hacer pasar la soya a una velocidad constante a través de un cocedor con vapor que trabaja a presión; durante este proceso se elimina la cascarilla, que está compuesta básicamente de polisacáridos, y el grano descascarado se muele a una finura de malla. Su composición química es prácticamente la misma que la del cotiledón, ya que los cambios que sufre el grano son mínimos; la eficiencia del descascarado se mide por la cantidad de fibra cruda residual (Badui, 2006).



**Figura 2. Efecto de los tratamientos térmicos en el valor nutricional de la soya**

En la Tabla 9 muestra los valores del ISN de la soya sujeta a diferentes tratamientos, y permite observar que el valor nutritivo mejora a medida que se incrementa la intensidad del calentamiento, pero al mismo tiempo se reduce la solubilidad de la proteína.

**Tabla 9**

**Valor nutritivo e INS de la soya sujeta a diferentes tratamientos térmicos**

Tratamiento térmico	Eficiencia Proteínica Relativa (%)	ISN*
Insignificante	40-50	85-90
Ligero	50-60	40-60
Moderado	75-80	20-40
Tostado	85-90	10-20

Fuente: Badui (2006)

\*INS índices de solubilidad de nitrógeno

#### **2.2.4. Harina de chocho**

La harina de chocho es un producto que se obtiene de la molienda del grano de chocho previamente desamargado y deshidratado en el horno, obteniendo como productos final una harina de color marrón con buenas características organolépticas. Industrialmente en la panificación, la harina de chocho puede ser utilizada hasta en un 15%, con la ventaja de mejorar considerablemente el valor proteico y calórico (Chancasanampa, 2011).

Su uso en panificación da excelentes resultados por el contenido en grasas. Asimismo, permite una conversación más prolongados del pan, debido a la retrodegradación del almidón, obteniéndose un mayor volumen por las propiedades emulgentes que tiene la lecitina del chocho (Chancasanampa, 2011).

Cuando se compara la composición química de la harina integral de tarwi con la de la quinua y el trigo, se puede deducir la importancia en el consumo de tarwi si se acompaña con un cereal como el maíz, arroz o el trigo y aún mejor en combinación con la quinua, lo que resulta un alimento ideal para combatir la desnutrición. (Camarena, 2000)

**Tabla 10**

#### **Componentes de la harina de chocho**

<b>Componentes</b>	<b>Cantidades</b>
<b>Calorías</b>	463 Kcal
<b>Proteínas</b>	56.40 g
<b>Grasas</b>	25.20 g
<b>Fibra</b>	2.50 g
<b>Calcio</b>	84 g
<b>Hierro</b>	7.20 g
<b>Carbohidratos</b>	13.90 g

Fuente: FUI, (2006)

## **2.2.5. Propiedades fisicoquímicas**

### **2.2.5.1. Proteínas**

Las semillas de leguminosas, tales como frijoles, arvejas, garbanzo y lentejas son constituyentes valiosos de la dieta humana en muchas regiones del planeta. La producción de leche, carne y huevos depende en gran medida de la disponibilidad de semillas de oleaginosas o de comidas a base de ellas (Braverman, 1980).

Es estas materias primas ricas en almidón, la parte esencial del material no proteico es insoluble en los disolventes usuales mientras que en el caso de las oleaginosas una fracción importante de estos constituyentes es extraíble por agua (Linden y Lorient, 1996).

### **2.2.5.2. Fibra**

En las leguminosas, sin embargo, no existe información en relación con los efectos del procesamiento industrial de deshidratación sobre las fracciones de la fibra alimentaria. En general, el procesamiento industrial provoca importantes cambios en el contenido de fibra alimentaria, destacando la etapa de deshidratación, en la cual el impacto del tratamiento térmico es mayor los niveles de fibra total (FT) en las harinas de leguminosas crudas muestran contenidos de fibra insoluble y soluble relativamente altos, similares o superiores a los de otras legumbres, y más elevados que lo de cereales (Esteban y col, 1998; Li y col, 2002, Martín-Cabrejas y col, 2004).

Existen diversos estudios acerca de los efectos de diferentes procesos térmicos sobre los componentes de la fibra alimentaria (Pérez-Hidalgo y col., 1997; Rehimán y col, 2004; Barampana y col, 1995).

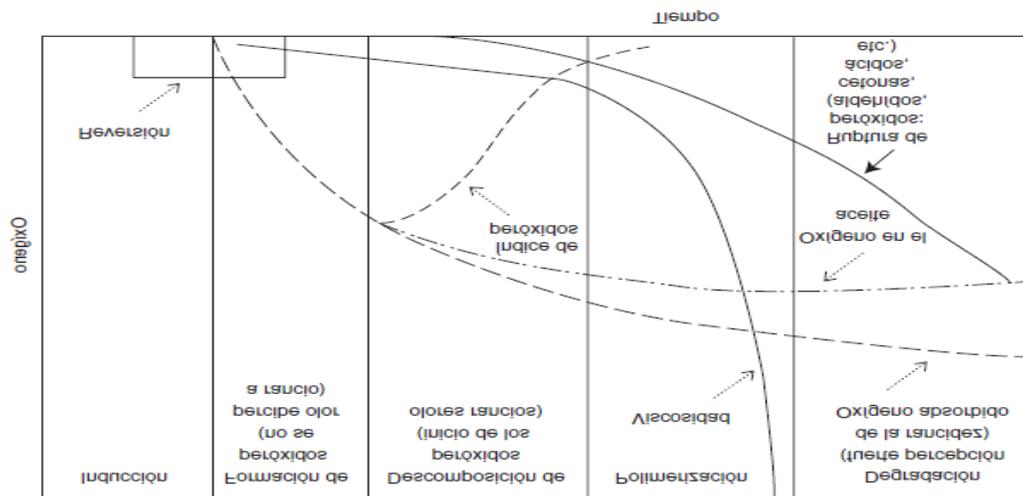
### **2.2.5.3. Granulometría**

El análisis granulométrico consiste en obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de un polvo. Se arma una torre de tamices con distintas aberturas de malla, colocando la más gruesa arriba de todas y la más fina debajo de todas. Luego se coloca la muestra (en este caso la harina), en el tamiz de arriba. Se sacude todo el conjunto y los diferentes tamaños serán retenidos por los distintos tamices. El análisis granulométrico es una prueba necesaria porque es importante conocer el reparto de tamaños de partícula que cada molino puede producir después de la molienda.

Para esta prueba se dispone de una serie de tamices superpuestos, depositando en el superior una cierta cantidad de harina y zarandeando el sistema durante un tiempo para que cada tamiz deje pasar todos los finos que le corresponden según su abertura.

#### 2.2.5.4. Índice de Peróxido

Método basado en la capacidad de los peróxidos de oxidar el ion yoduro del KI y producir yodo que se valora con tiosulfato; también se puede emplear FeO y cuantificar Fe. Como los peróxidos se degradan, el método está limitado a las primeras etapas de la oxidación cuando éstos alcanzan una concentración máxima (figura 3); por esto, es probable que una grasa demasiado oxidada tenga un índice bajo, a pesar de que el olor sea característico de reacciones muy avanzadas. Es inexacto en productos deshidratados y en aquellos con poco contenido de lípidos. Existen diversas versiones basadas en el mismo principio, lo que ocasiona dificultad en interpretar y comparar resultados (Badui, 2006).



**Figura 3. Desarrollo de la oxidación de los aceites**

Fuente: Badui, (2006)

#### 2.2.6. Tostado

La técnica de tostado destruye las enzimas, insectos y bacterias. Si el tostado se efectúa de manera adecuada, incrementa el período de almacenamiento del producto final y contribuye a que este pueda ser más fácilmente. De acuerdo a diferentes criterios se puede asimilar el proceso de tostado con el de horneado. El horneado implica transmisión de calor y de masa simultáneamente. Se transmite calor al alimento desde las superficies calientes y el aire en

sólido más humedad, el interior del horno y se transfiere agua desde el alimento al aire circundante, eliminándose del horno posteriormente.

En el horno el calor pasa a la superficie del alimento por radiación desde las paredes, por convección del aire circundante y por conducción a través de la bandeja sobre la que descansa (Fella, 2000).

#### **2.2.6.1. Tostadora de granos en cilindro rotatorio.**

Para el proceso de tostado se han venido utilizando diferentes equipos basados en la transferencia de calor por conducción y convección, uno de estos equipos es la tostadora de cilindro rotatorio. Este sistema se basa en un horno convencional de forma cilíndrica que funciona con GLP, el cilindro tostador se encuentra en el centro de todo el sistema de tostado, se calienta por medio del calor que genera los quemadores que se encuentran en la parte inferior de la cámara de combustión (Lozada, 2009).



**Figura 4. Tostadora de cilindro rotatorio**

#### **2.2.6.2. Tipos de molinos**

##### **- Molino de martillo:**

Reduce el tamaño de partícula a través de (1) del impacto de choque de los martillos. (2) Corte por el borde de los martillos. (3) acción de fricción o roce.

Las ventajas de los molinos de martillos incluyen su capacidad de molienda de cualquier tipo de granos, a su vez que tiene un costo bajo de mantenimiento. Si un molino de martillo se usa para procesar grano, hay varios factores que pueden cambiarse para aumentar o disminuir

el tamaño de la partícula. El tamaño de las perforaciones de la zaranda del molino determina grandemente el tamaño de partícula que se produzca. En términos generales los ingredientes que hayan atravesado una zaranda de 0,3 a 1 mm. Reduciendo las revoluciones generalmente se produce un porcentaje más bajo de finos, aunque el tiempo requerido para la molienda aumenta. El contenido de humedad determina tamaño de la partícula. El grano con humedad menor impactará mejor creando partículas más finas cuando es 19 comparado con partículas con 10 a 12 % de humedad (Msucares. 2001; Goodband, 2001).

#### - **Molino de rodillo**

Los molinos de rodillo tienen la ventaja de crear partículas más uniformes que los molinos de martillo. El tamaño de la partícula puede controlarse por el ajuste de los rodillos, el corrugado, el rodillo espiral versus no-espiral y la velocidad diferencial de los rodillos. Para conseguir un tamaño de partícula de 800 micras, es necesario tener rodillos con 10 a 12 ranuras por pulgada. La mayoría de los fabricantes también recomendará un de 10-25 % con rollos girados para que el borde afilado de cada rollo encuentre el grano. El rango de velocidad del rollo es de 350 a 600 rpm dependiendo de la velocidad de la superficie. Esta baja velocidad creará menos polvos y desgaste. Los molinos de rodillo pueden procesar grano con mitad de energía que un molino de martillo (Msucares, 2001).

#### **2.2.7. Tamizado**

Tamizado Consiste en someter el producto una vez molido a un proceso de selección mediante la utilización de un tamiz, con el fin de eliminar aquellas partículas que por su tamaño no cumplen con las especificaciones (Agudelo y Jaramillo, 1989).

Un tamiz es una superficie que contiene cierto número de aperturas de igual tamaño, el cual es usado para separar mezclas de productos granulares o pulverulentos en intervalos de tamaños (Brennan, 1980).

El objetivo del tamizado es efectuar la separación completa del producto deseado del indeseado. El grado de separación que se alcance puede verse influido por una serie de factores: Velocidad de alimentación, tamaño de partículas, humedad, tamices deteriorados. Con este procedimiento se clasifican los alimentos según el diámetro promedio de las partículas que lo conforman, para el caso de la harina de soya las clasificaciones son las siguientes: Sémola gruesa (diámetro promedio superior a 0.6 mm.) sémola media (diámetro

promedio entre 0.4 y 0.6 mm.) sémola fina (diámetro promedio entre 0.2 y 0.4 mm.) (Madrid, 2001).

### 2.3. Efecto por altas temperaturas

Además de estos efectos, el calentamiento de los azúcares también favorece algunos mecanismos que implican la polimerización y la epimerización de los monosacáridos; por ejemplo, cuando la glucosa se somete a tratamientos intensos se propicia la síntesis de oligosacáridos tales como gentobiosa (6-O-b-D-glucopiranosil-glucopiranososa), isomaltosa (6-O-a-D-glucopiranosil-glucopiranososa), maltosa, panosa, celobiosa y otros más complejos; en el caso de la lactosa se observa la epimerización de la glucosa en fructosa, con lo cual el disacárido se convierte en lactulosa (Badui, 2006).

Las altas temperaturas aceleran considerablemente todos los cambios que sufren los monosacáridos en condiciones tanto ácidas como alcalinas, pero a pH neutro catalizan las reacciones de caramelización y de oscurecimiento no enzimático.

**Tabla 11**

**Efecto de los tratamientos térmicos sobre los principales compuestos nutricionales.**

Nutrientes	Efecto
<b>Sustancias sólidas</b>	Pérdida total de sólidos en el líquido de gobierno. Dilución. Deshidratación.
<b>Proteínas</b>	Inactivación enzimática. Pérdida de determinados aminoácidos esenciales. Pérdida de digestibilidad. Mejora de la digestibilidad.
<b>Hidratos de carbono</b>	Gelificación del almidón e incremento de la digestibilidad.
<b>Fibra dietética</b>	Por lo general no presenta ningun pérdida de valor fisiológico.
<b>Lípidos</b>	Conservación de los ácidos grasos cis en trans, por oxidación. Pérdida de actividad de los ácidos grasos esenciales.

<b>Vitaminas solubles en agua</b>	Grandes pérdidas de vitaminas C y B <sub>1</sub> debidas a la lixiviación y a la degradación por calor.  Aumento de la biodisponibilidad de la biotina y la niacina, debido a la inactivación de enzimas.
<b>Vitaminas solubles en grasas</b>	En su mayor parte son termoestables.  Pérdida por oxidación de lípidos.
<b>Minerales</b>	Pérdidas por lixiviación.  Posible aumento de los niveles de sodio y calcio, por absorción desde el líquido de gobierno.

Fuente: SHAFIUR, M (2003). Manual de Conservación de Alimentos.

#### **2.4. Reacciones de oscurecimiento o de pardeamiento**

Durante la fabricación, el almacenamiento y otros procedimientos en que intervienen, muchos alimentos desarrollan una coloración que, en ciertos casos, mejora sus propiedades sensoriales, mientras que en otros las deteriora; la complejidad química de los alimentos hace que se propicien diversas transformaciones responsables de estos cambios. En algunas situaciones los pigmentos naturales se pierden, y en otras la oxidación de las grasas y la interacción de taninos con el hierro generan compuestos coloreados que no están presentes en el producto original (Badui, 2006).

Las modificaciones en el color de los alimentos son deseables en algunos casos e indeseables en otros; así, resulta necesario conocer a fondo las condiciones que provocan ambas reacciones para poder controlarlas. Sin embargo, existe otro grupo de mecanismos muy importantes, llamado de oscurecimiento, encafecimiento o empardeamiento, que sintetizan compuestos de colores que van desde un ligero amarillo hasta el café oscuro; en términos generales y para agruparlos, dichos mecanismos se han clasificado como reacciones enzimáticas y no enzimáticas (véase Tabla 12).

En los primeros sólo se incluye la reacción catalizada por la polifenoloxidasas, Enzimas, y en las segundas se incluyen la caramelización, la reacción de Maillard y la degradación del ácido ascórbico, Vitaminas. Cabe indicar que las transformaciones por acción enzimática y por ácido ascórbico son las únicas que tienen naturaleza oxidativa, toda vez que se requiere la presencia del oxígeno para llevarlas a cabo (Badui, 2006).

#### **Tabla 12**

### Aspecto general de las reacciones de oscurecimiento

<b>Mecanismo</b>	<b>O<sub>2</sub> necesario</b>	<b>Grupos amino necesarios</b>	<b>Temperatura elevada</b>	<b>pH óptimo</b>	<b>Azúcar es Reduct ores</b>
<b>Caramelización</b>	no	No	Si	Alcalino/ácido	Si
<b>Maillard</b>	no	Si	No	Alcalino	Si
<b>Ácido ascórbico</b>	si	No	No	Ligeramente ácido	no
<b>Polifenol oxidasa</b>	si	No	No	Ligeramente ácido	no

Fuente: Badui, (2006)

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

- El proceso de elaboración Harina Instantánea de tarwi se llevó a cabo en la Empresa “INNOVA SRL”
- Los análisis Físicoquímicos se realizó en el Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos (CITAL) de la Universidad Peruana Unión – Juliaca.
- La evaluación sensorial se llevó a cabo en el Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos (CITAL) de la Universidad Peruana Unión – Juliaca.

#### 3.2. Materia prima

Como materia prima se utilizó grano de Tarwi (*Lupinus Tomentosus*), se compró en el mercado las mercedes en la provincia de San Román, distrito Juliaca departamento de Puno.

#### 3.3. Equipos y materiales

##### 3.3.1. Equipos

- Balanza Analítica, marca Ohaus, N° 602207 850013. Italia.
- Potenciómetro, marca SchottGerate, N° 64029096. Alemania.
- Molino de Martillo, modelo PC-Mm-100, motor 5-HP, capacidad 50- 100 kg/hora, marca INNOVA.
- Horno parabólico, modelo PC-TC-100, motor ½- HP, capacidad 50kg/ bach.
- Estufa de aire forzado. Modelo 9030B.:103 + 2°C
- Campana de Desecación y desecadores.
- Mufla Nabertherm LE 2/11. Temperatura de hasta 3000°C.
- Centrifuga de mesa Centurion. Modelo C2006. Velocidad de hasta 3000 rpm.

- Equipo Kjeldahl, para la determinación de proteínas.
- Equipo Soxhlet, para la determinación de grasas.
- pH – metro.
- Termómetro digital de –50 a 200 °C con sensor de acero inoxidable de 120mm. con terminal en punta.
- Destilador.
- Computadora Portátil. HP Pavilion. AMD A8/2012.
- Balanza Semi – analítica Denver Instrument MXX-123: Max. de capacidad 120g, min. 0.001g.
- Tamiz estándar para ensayo U.S.A standard testing sieve, ASTM E-11/2009. Malla °N 40 (420 µm), 60 (250 µm) y 80 (180 µm).

### **3.3.2. Materiales**

- Matraces de erlenmeyer de 150 ml y 250 ml, pirex.
- Probeta graduada de 25 ml, pirex.
- Vasos de precipitados de 150 ml, pirex.
- Pipetas volumétricas de 5 y 10 ml, pirex.
- Tubos de ensayo de 5 ml y 10 ml, pirex.
- Bureta de 25 ml, pirex.
- Fiolas de 25 ml, 50 ml, 250 ml pirex.
- Placas petri.
- Crisoles de calcinación.
- Embudos pirex.
- Pinzas.
- Balones de digestión.
- Cocina de digestión.
- 02 Recipientes de 5 Kg.

- 02 Recipientes de 20 litros.
- Papel filtro de porosidad media.
- Balón de fondo plano.
- 01 Olla a presión de 5 litros.
- Cronómetro.
- 01 cocina.
- Otros materiales necesarios para los diferentes ensayos.

### **3.3.3. Reactivos**

- Ácido acético
- Ioduro de potasio IK 15%
- Tiosulfato de sodio 0,1N
- Almidón 1%
- Hidróxido de sodio NaOH al 0,1N (15% y 30%)
- Fenolftaleína 1%
- Ácido sulfúrico  $H_2SO_4$  al 96%
- Potasio P al 15%
- Óxido de aluminio
- Cloroformo
- Etanol al 95%
- Sulfato de potasio 20%
- Sulfato cúprico 20%
- Ácido bórico al 3%
- Ácido clorhídrico HCL al 15%
- Rojo de metilo y azul de metileno al 0,1%

## **3.4. Metodología**

### **3.4.1. Proceso de desamargado de Lupino**

Metodología del desamargado del tarwi convencionalmente, el método “Cuzco” empleada por Tapia (1981) y Gross y Godomar (1982), en el Anexo 1.

### **3.4.2. Obtención de harina instantánea**

Para la obtención de harina instantánea se empleó el método de tostado de Tatamues y Zambrano (2011), se muestra en el Anexo 2. Se modifican según las etapas que se describen a continuación:

#### **3.4.2.1. Proceso de Obtención de Harina Tostada Experimental**

**Obtención de materia prima.-** Los granos de chocho es obtenido como chocho húmedo, desmargado por el método cusco.

**Selección.-** Se seleccionaron 6 Kg. De grano de tarwi fresco manualmente, para eliminar cuerpos extraños (piedras, paja, granos partidos, color) con la finalidad de determinar el porcentaje de mermas y evitar una contaminación.

**Secado natural.-** Este proceso se realizó a los granos de chocho con el fin de obtener una humedad de 10% a 12%, los cuales son colocados uniformemente en un espacio plano, de tal manera que el calor procedente de las radiaciones solares y elimina cierta cantidad de agua.

**Tostado.-** Los granos de tarwi se tostaron en un horno parabólico de acero inoxidable con capacidad de 50 Kg. por batch, con la finalidad de modificar sus características físicas (ablandamiento) y organolépticas (color, olor, sabor) como también de eliminar casi en su totalidad el agua restante de los granos.

La temperatura del horno se midió con un termóstato, marcando 110 y 130 °C del aire interno, el de la superficie no se determinó.

**Enfriado.-** El enfriado se realizó recibiendo los granos en un coche de acero inoxidable, se removió manualmente durante 30 min. Con el fin de equilibrar la temperatura del grano con la del medio ambiente y poder manipular los granos de tarwi fácilmente.

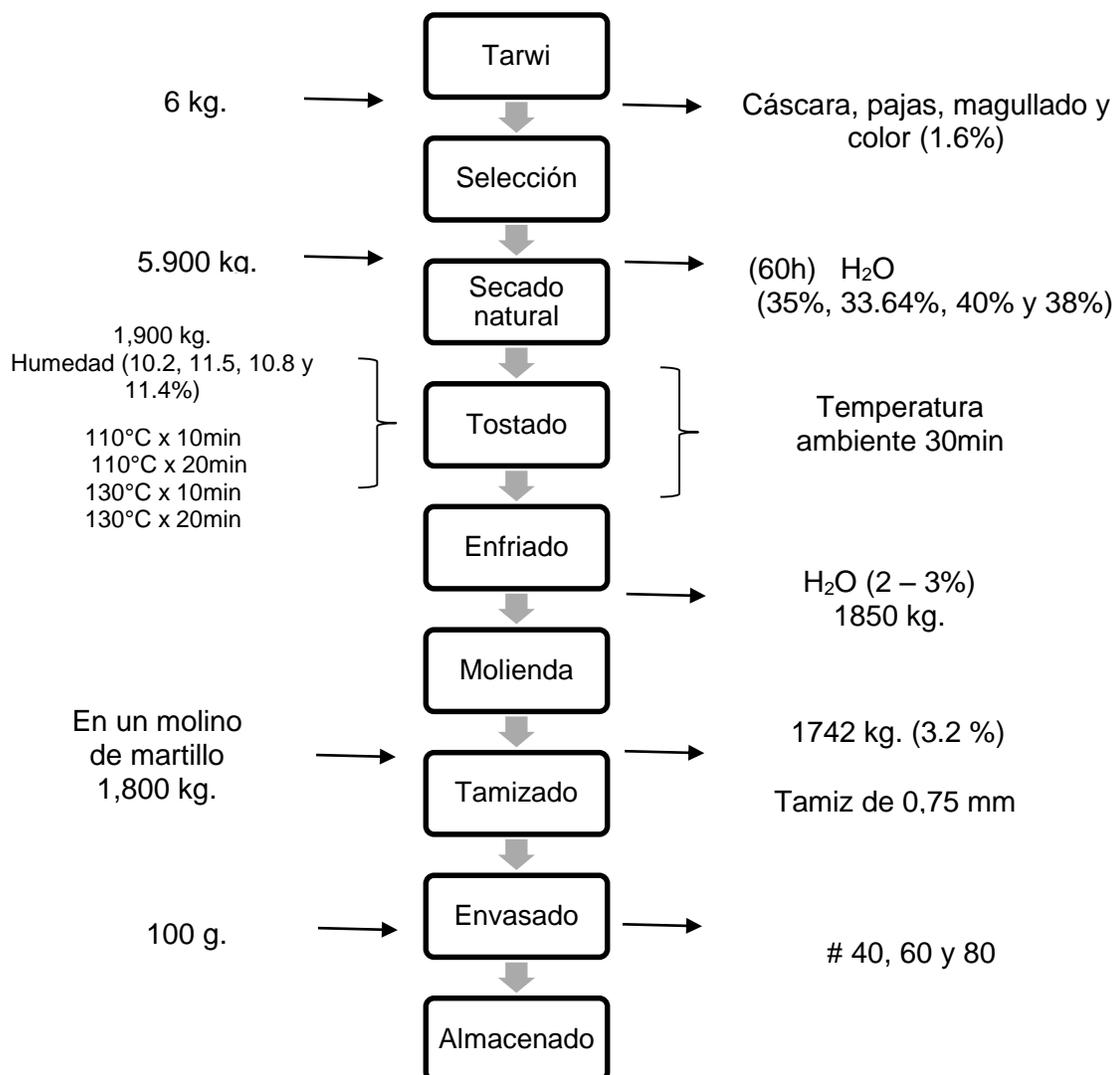
**Molienda.-** Luego del enfriamiento, las semillas fueron puestas a un molino de martillo que consiste en hojas afiladas de acero inoxidable que rotan rápidamente dentro de un cilindro cerrado y con una apertura de tamiz de 0.75mm de diámetro, que permitió disminuir el tamaño en partículas pequeñas, y obtener la harina de tarwi.

**Tamizado.-** Se tomaron muestras de 100g y se colocaron en una fila de 3 mallas de N° 40, 60 y 80., después se agitaron manualmente durante 20 min., se separaron cada fracción, se obtuvo el % que retuvo cada malla. Este método se realizó con fin de clasificar el módulo de finura de la harina (gruesa, media o fina).

**Envasado.-** Luego de obtenido el producto se envaso la cantidad de 100 g en cada uno de los recipientes (polietileno de baja densidad), que permitan mantener sus características organolépticas de la harina.

**Almacenado.-** Esta consistió en determinar la estabilidad físico-química y microbiológica de la harina (70% de HR y 18°C).

El flujo de operaciones para la obtención de la harina instantánea se puede observar en la



### **3.4.3. Análisis físico**

#### **3.4.3.1. Determinación de índice de solubilidad en agua**

Se realizó por el método recomendado por Salazar et al (1973) citado por Flores (2002) que se detalla en el Anexo 3.

#### **3.4.3.2. Determinación de índice absorción de agua**

Se realizó por el método recomendado por Salazar et al. (1973) citado por Flores (2002) que se detalla en el Anexo 4.

#### **3.4.3.3. Granulometría**

Se realizó utilizando 3 mallas de la serie de tamices N° 40 (420 µm), 60 (250 µm), 80(180 µm), de escala estándar Tyler de 8 pulgadas de diámetro. (Determinación del tamaño de las partículas), recomendado por Cáceres (2012). Anexo 5

### **3.4.4. Análisis Químico**

#### **3.4.4.1. Determinación de índice de peróxido**

El análisis de peróxido se realizó utilizando una solución estándar de tiosulfato de sodio mediante el método descrito por la Association of Official Analytical Chemists, AOAC (1990) (Anexo 6).

#### **3.4.4.2. Determinación de acidez**

El índice de acidez se determinará haciendo uso del método volumétrico descrito por la Association of Official Analytical Chemists, AOAC (1990) (Anexo 7).

#### **3.4.4.3. Determinación de alcaloides**

El método empleado será mediante un espectrofotómetro recomendado por Baer, (1978) citado por (Castillo, 2013). Anexo 8.

### **3.4.5. Análisis nutricional**

#### **3.4.5.1. Determinación de Humedad**

La determinación de humedad se realizó de acuerdo a la técnica recomendada por la AOAC (1990) como se observa en el Anexo 9.

#### **3.4.5.2. Determinación de Proteína**

La determinación de proteína se realizó de acuerdo a la técnica recomendada por la AOAC (1990) como se observa en el Anexo 10.

#### **3.4.5.3. Determinación Grasa**

La determinación de grasa se realizó de acuerdo a la técnica recomendada por la AOAC (1990) como se observa en el Anexo 11.

#### **3.4.5.4. Determinación de Ceniza**

La determinación de ceniza se realizó de acuerdo a la técnica recomendada por la AOAC (1990) como se observa en el Anexo 12.

#### **3.4.5.5. Determinación de Fibra.**

La determinación de carbohidratos se realizó de acuerdo a la técnica recomendada por la AOAC (1990) como se observa en el Anexo 13.

#### **3.4.5.6. Determinación de Carbohidratos**

La determinación de carbohidratos se realizó de acuerdo a la técnica recomendada por la AOAC (1990) como se observa en el Anexo 14.

#### **3.4.6. Evaluación sensorial**

El análisis sensorial tuvo la finalidad de evaluar el nivel de aceptabilidad de la harina instantánea de tarwi, donde se aplicó la prueba de Friedman con el objetivo de probar que existen diferencias significativas entre las muestras.

Se reunió a un grupo de estudiantes del séptimo semestre, que llevaron el curso de análisis sensorial de la escuela de alimentos, donde se les explicó el tema de la harina instantánea de tarwi. Seguidamente se les dio una muestra de 50 g de harina instantánea con 100 ml de agua hervida, la muestra se disolvió a una temperatura de 70°C y se dio a los jueces semientrenados a 40 °C aproximadamente, se entregó a cada juez una cartilla de prueba de escala hedónica de 9 puntos (Anexo 15).

Se realizó una comparación múltiple, el método empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher para determinar la muestra de mayor grado de aceptabilidad ( $\alpha=0.05$ ).

### 3.5. Diseño de la investigación

Con el objetivo de encontrar los niveles aceptables de harina tostada de tarwi. Las variables independientes y los niveles de las variables se muestran en la tabla 13.

Tabla 13

Niveles de Variables Independientes

Variables	Arreglo del Diseño			Mejor Tratamiento
<b><u>Materia Prima:</u></b>	<b>TOSTADO</b>			
<b>Harina de Tarwi</b>	Muestra	Temperatura	Tiempo	
	1	110°C	10min	Tratamiento X
<b>Temperatura (°C)</b>	2	110°C	20min	
<b>Tiempo (min)</b>	3	130°C	10min	
	4	130°C	20min	

Tabla 14

Variables Dependientes

Caracterización de la materia prima	Diseño Factorial 2 <sup>2</sup> para cada tratamiento
<b>Análisis químico proximal</b>	<u>Variables respuesta:</u> <u>Análisis físico:</u> Solubilidad en agua, Absorción de agua, Granulometría. <u>Análisis Químico:</u> Índice de peróxido, Acidez, Contenido de Alcaloides. <u>Análisis nutricional:</u> Humedad, Proteína, Grasa, Ceniza, Carbohidratos, fibra. <u>Análisis Sensorial:</u> Aceptabilidad

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUCIONES

#### 4.1. Desamargado de Lupino

La muestra se mantuvo en remojo de agua fría (relación 1:3 p/v), durante 24 horas a temperatura ambiente, con la finalidad de ablandar la estructura del grano, esta operación produjo un incremento de peso 120% a 130% aproximadamente, seguidamente se colocó las muestras en una olla a presión por un tiempo de 1h a temperatura de 85°C, agregando 30 g de cal junto con la muestra.

El proceso de lavado duro 6 días con dos cambios de agua por día, eliminando gran cantidad de alcaloide como lupanina, esparteína y sustancias antinutritivas presentes en el grano.

Aguilera, (2011); Sosa, (2000) y Cáceres, (2012), reporta un incremento de humedad 110%, 120% y 130% en el tiempo de remojo de leguminosas en relación de (1:5 p/v). Tal como se muestra en la Tabla 15. Así como también se observa una ganancia de humedad en el tiempo de remojo, este tipo de hidratación del grano se da por medio de proteínas y almidón.

#### Tabla 15

##### **Peso de grano seco, húmedo y rendimiento en grano seco desamargado de Lupino**

El rendimiento del grano seco desamargado es del 60.00% a 67.03% como peso final, entre tanto esos resultados están próximos a lo encontrado por autores mencionados anteriormente, reportando una disminución de 30 a 40% en el grano seco después de desamargar.

De igual manera Gross, (1982) menciona que la pérdida de materia seca se da por pérdida de oligosacáridos, minerales, alcaloides, flavonoides y fibra durante los lavados. Mostafa *et al* (2013) y Villacreces (2011) citado por Castillo, (2013) agregan que la disminución de peso es por pérdida de proteínas solubles (albúminas) en los lavados ambos autores corroboran también que la disminución de materia seca se da por pérdidas de extracto etéreo (fosfolípidos) como reporta en el lavado de *L. mutabilis*.

Por lo tanto se justifica la pérdida del peso final del tarwi desamargado seco, entonces el tiempo de remojo, cocción fue determinante para la obtención de un grano dulce y lista para ser procesada en harina.

#### 4.2. Elaboración de la harina instantánea de Lupino

Luego del secado, con una humedad final promedio del grano de tarwi 10.20% a 11.50% base seca, se procedió a tostar en un horno parabólico de acero inoxidable a temperatura de 110°C y 130°C por un tiempo de 10 y 20 min., con la finalidad de mejorar las características organolépticas del grano en cuanto al color, sabor, olor, textura y que sea más apetecible a público en general.

Posteriormente se procedió a la molienda de los granos tostados, utilizando un molino de martillo de acero inoxidable, durante 10 minutos cuyo objetivo es reducir el tamaño de las partículas, pulverizar y triturar. Obteniendo como producto final una harina de color amarillo ligero hasta el color marrón, con características organolépticas propias del tarwi, como se puede ver en la

Muestras	Grano amargo (Kg)	Remojo (24h) (Kg)	Rendimiento (%) desamargado
1	3	6.90	67.03
2	3	6.78	65.00
3	3	6.66	60.10
4	3	6.60	66.00

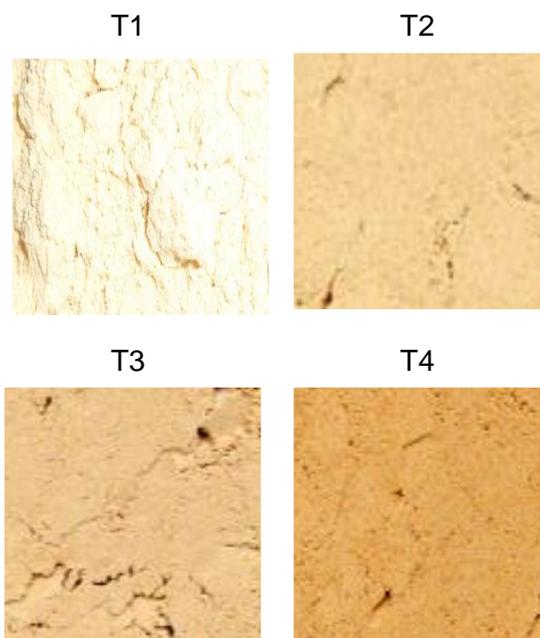


Figura 6. Color de la harina de tarwi tostado.

#### 4.1. Análisis Físico

##### 4.1.1. Índice de Solubilidad en agua (ISA)

El tratamiento que registro el mayor índice de solubilidad en agua es T4 (0.80g/g), esto se debe a que la temperatura y el tiempo de tostado fueron mayores (130 °C x 20 min.). Concentraciones bajas de humedad y temperaturas altas favorecen la formación de compuestos soluble en agua durante el tostado. Ahora a temperaturas bajas y humedad alta (110°C– 8.017%), disminuye los valores de solubilidad en agua, sin embargo cuando la temperatura aumenta y se procesa a alta humedad se observa un incremento ligero como se puede observar en la tabla 16.

A pH neutros se aprecian valores mayores de solubilidad proteica en todas las legumbres, llegando a niveles de 80%, a medida que nos acercamos a pH básico la solubilidad va aumentando tendiendo a estabilizarse a pH de 11-12, donde la mayoría de las legumbres exhibe valores a 90% de solubilidad.

Por otro lado valores hallado por Gonzales (2003), donde obtuvo 75.10% de solubilidad en harina instantánea de quinua, frijol y cebada. La solubilidad al ser disuelta en agua dará un producto homogéneo, libre de grumos, excelente textura y buena palatabilidad; de modo que pueda ser aceptado por el público consumidor.

Flores (2002), menciona que entre 80°C y 120°C nos dará los mayores valores de Solubilidad en agua y buena Absorción de agua. El mejor índice de solubilidad encontrado en

la investigación se dio en tiempo de 20 min., temperatura de 130°C como se muestra en la tabla 14. Gujska y Khan (1990) citado por Aguilera (2011) menciona que a alta temperatura realizada en distintas variedades de legumbres se obtiene una solubilidad de 74 y 76% en muestras cocidas y deshidratadas.

Lee y Col (1999) citado por Torres, (2007) menciona que el índice de solubilidad es afectado por la temperatura de la extrusión, ya que a mayor temperatura la solubilidad se incrementa, este comportamiento se atribuye a los rompimientos de los enlaces que se producen en la estructura. Waly y Col, (1994) citado por Torres, (2007) observa los efectos de extrusión sobre la solubilidad en agua y absorción de agua, a bajos contenidos de humedad y altas temperaturas de extrusión se incrementa la solubilidad de la harina.

Wang, (2012) citado por Godoy, (2016) menciona que otros factores que influye en la solubilidad son: el tamaño del granulo, que facilita la entrada del agua por los espacios intermoleculares y mayor contenido de amilopectina.

#### **4.1.2. Índice de Absorción en agua (IAA)**

La adsorción de agua del tarwi estuvieron en un rango de 27.4% a 31.6%, ver tabla 16. Se conoce también que los valores de capacidad de adsorción son mayores cuando la temperatura de tostado es mayor debido no solo a la modificación del almidón sino también a la desnaturalización de la proteína por efecto del calor durante el tostado. El almidón retiene agua debido a la gelatinización por efecto del calor durante el procesamiento térmico.

Los resultados indican que la interacción temperatura-humedad, empleada durante el tostado tiene un efecto significativo en el índice de absorción de agua.

Wolf y Cowan (1971) citados por Sosa (2000) afirma que las globulinas son generalmente más hidrofílicas. La proteína de soya contiene de 70 a 85% de globulinas por lo que absorbe niveles relativamente altos de agua y las retiene; mientras que el lupino (*lupinus mutabilis*) posee un 87% de globulinas y 13% restante albumina.

Castillo (2013), menciona el poder de absorción de agua que posee el tarwi, en su elaboración de panetón al sustituir harina de trigo por puré de tarwi encontrando un valor de 4.4% a 6.5%. Flores, (2002) encuentra 1.84 a 4.13 % de (WAI), en elaboración de un desayuno instantáneo a partir de soya y quinua. Cáceres, (2012) menciona 4.24% de absorción de agua para el análogo de carne molida de lupino, cebada y soya.

Granito y col. (2007) citado por Aguilera, (2009) justifica los incrementos que se produce en la CAA que durante la cocción de legumbres se va a producir una gelatinización de los gránulos de almidón, acompañado de una ruptura molecular, que va a dar lugar a pérdidas del nivel de cristalización y a un incremento de la capacidad de unirse al agua, como consecuencia de la absorción de agua por parte de la fibra alimentaria y de la disociación de proteínas, dando lugar a una mayor exposición de los grupos polares en las cadenas peptídicas, aumentando así la fijación de las moléculas de agua, altos contenidos de fracciones amiláceas y de fibra presentan un mayor valor de absorción de agua.

**Tabla 16**

**Índice de solubilidad en agua (ISA) e índice absorción de agua (IAA)**

<b>Muestras</b>	<b>ISA (%)</b>	<b>SD*</b>	<b>IAA (g/g)</b>	<b>SD*</b>
<b>1</b>	67.56	0.18	2.74	0.06
<b>2</b>	73.19	0.10	2.74	0.04
<b>3</b>	72.47	0.36	2.86	0.06
<b>4</b>	80.20	0.41	3.17	0.05
<b>P – val T °C</b>	<b>0.22</b>		<b>0.52</b>	
<b>P – val T min</b>	<b>0.24</b>		<b>0.40</b>	

\*SD desviación estándar

**4.1.3. Granulometría**

La distribución del tamaño de las partículas de cada una de las harinas se puede apreciar en la Tabla 17., se observa los valores de porcentajes retenido en cada malla 420 µm retuvo 7.18 a 9.01 % de harina tostada de lupino, en la malla 250 µm retuvo 19.76 a 35.40% de harina de chocho y en la malla 180 µm retuvo 52.33 a 64.32% de harina tostada de tarwi.

El módulo de finura de la harina instantánea de tarwi no tuvo una diferencia significativa entre ellas, porque la temperatura y el tiempo favorecieron en el ablandamiento del endospermo la cual facilito la molturación del grano, también hay que mencionar que las muestras fueron sometidas a doble molienda en el mismo molino de martillo con el fin de caracterizar, obtener partículas finas, donde se muestra en la Tabla 7, los resultados obtenidos

fueron muy favorables para determinar el tamaño de partícula, donde se considera harina fina inferior a 2 y esta es apropiada para el uso en desayunos instantáneos.

Gandarillas, (2006) encontró en su mezclas de quinua, haba, cebada y arveja un módulo de finura de 3.16 el que corresponde al grado medio. Cáceres, (2012) obtuvo 4.2 de módulo de finura, lo que indica que se trata de partículas gruesas. Mientras que Gonzales, (2003) en su trabajo de formulación y evaluación de una mezcla instantánea a base de quinua, frijol, cebada y leche, obtuvo un módulo de finura de 1.29 en promedio que corresponde a una molienda fina.

La diferencia existente del tamaño de partícula va a depender mucho del número de tamiz, tiempo de molienda o trituración de los granos, contenido de humedad o grasa donde los gránulos tienden a cohesionarse.

**Tabla 17**

**Determinación del Módulo de finura**

Abertura de malla ( $\mu\text{m}$ )	N° de malla de cada bandeja	Tratamientos (Muestras)			
		T1	T2	T3	T4
	<b>F</b>	<b>R (%)</b>	<b>R (%)</b>	<b>R (%)</b>	<b>R (%)</b>
<b>420(N°40)</b>	3	7.18	11.99	7.48	9.01
<b>250(N°60)</b>	2	35.40	27.97	32.61	19.76
<b>180 (N°80)</b>	1	52.08	54.05	55.14	64.32
<b>Plato</b>	0	5.33	5.99	4.77	6.92
		100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Módulo de finura</b>		<b>1.44</b>	<b>1.46</b>	<b>1.43</b>	<b>1.31</b>
<b><i>P - val</i></b>		<b><i>T °C:</i></b>	<b><i>0.46</i></b>	<b><i>T min:</i></b>	<b><i>0.61</i></b>

## 4.2. Análisis Químico

### 4.2.1. Índice de peróxido

Uno de los factores fisicoquímicos que indican la aptitud de una harina instantánea es la determinación de peróxidos, que consistió en cuantificar, mediante titulación, la cantidad de peróxidos formados. La harina instantánea evaluada se muestra en la Tabla 19; estos valores se encuentran por debajo de las especificaciones técnicas del programa de alimentación escolar Qaliwarma (2014), indica un valor menor a 10 mEq/kg de grasa para harinas de leguminosas. Gonzales, (2003) encontró en su mezcla instantánea 4.09 meq O<sub>2</sub>/kg de grasa. Sin embargo FAO/OMS (1998), menciona en el Codex Alimentarius, que es aceptable para el consumo humano 10 mEq/kg de grasa. Pearson (1981), señala que el índice de peróxido del orden 10 a 20 mEq/kg de grasa. Es recién sinónimo de enranciamiento.

Un incremento de índice de peróxido, es justificado por calentamiento de ácidos grasos a elevadas temperaturas dando lugar a la formación de oxidímeros o polímeros, los cuales van formando olores y sabores desagradables característicos, dando inicio a la rancidez.

El aumento de índice de peróxido en los 4 tratamientos es evidente, en la Tabla 20, se puede observar el contenido de grasa que contiene la harina de tarwi, por lo tanto el grado de oxidación de las muestras va en aumento a medida que el tiempo y la temperatura incrementa.

### 4.2.2. Determinación del pH en la harina de tarwi

El pH de la harina de tarwi tostada se presenta en la tabla 18. Estos valores después de procesamiento de tostado son similares para la harina de tarwi. Se observa un ligero incremento, este aumento se debe probablemente a una solubilización de aminoácidos básicos durante el proceso de tostado.

**Tabla 18**

#### **Valor de pH en la harina**

##### ***Tostada de tarwi***

<b>Tratamientos</b>	<b>pH</b>
<b>T1</b>	4.74
<b>T2</b>	4.75
<b>T3</b>	4.76
<b>T4</b>	4.75

### **4.2.3. Índice de acidez**

Los resultados en la tabla 19 muestra como la temperatura durante el tostado afecta en el incremento de acidez, principalmente a temperatura alta y tiempo largos (130°C x 20 min), sin embargo, los valores encontrados no superan a lo exigido por las Fichas Técnicas Qaliwarma (2014), que considera un porcentaje de acidez máximo de 0,4%. Por lo tanto, nuestra harina de tarwi cumple con los límites máximos de exigencia por las normas recomendadas.

Mientras que Gandarillas (2006), obtuvo 0.05% de acidez en harina instantánea de quinua, haba y cebada. En cambio, Cáceres (2012), encontró 0,0648% de acidez en análogo de carne lupino/cebada. Finalmente, Gonzales, (2003) encuentra 0.04% de acidez en harina instantánea de quinua, frijol y cebada.

Zeleny, (1978) citado por Yañez (2005) menciona que uno de los primeros cambios que sufre la harina durante su almacenamiento es el desesterificación de los lípidos por la acción de las lipasas liberando ácidos grasos libres. Los ácidos grasos libres se transforman en compuestos volátiles a través de la autooxidación de los ácidos grasos insaturados es más rápida que los carbohidratos o proteínas, generando el proceso de rancidez.

El índice de acidez es una medida ácidos grasos libres presentes en la harina instantánea de tarwi; estos requieren decir que la acidez será un indicador más a la susceptibilidad de oxidación de la grasa, y como se puede observar en la Tabla 20, el contenido de grasa de la harina se encuentra en un 25 %, la harina se va degradando a medida que tiempo va pasando, la descomposición seguirá si no lo envasamos herméticamente.

### **4.2.4. Determinación de alcaloides**

Después de la cocción, lavado, secado, tostado y molienda, las harinas presenta valores de alcaloides en un rango de 0.04 a 0.06%, como se puede ver en la Tabla 19.

Los valores encontrados no sobrepasan el límite permitido por las normas europeas que señalan como límite máximo 0.1% (ANZFA, 2001; ACFNP, 1996; Buuletin, 1998) citado por Castillo, (2013). Mostafa *et al* (2013) reporta un contenido de 0.03% de alcaloides totales después del desamargado del *L. albus* de Egipto. Villacreces (2011) reporto contenido de 0.2% después de desamargado *L. mutabilis* de Ecuador. Sosa (2000) reporto contenido de 0.1% de *L. mutabilis* desamargado.

Gross, (1982) citado por Quilca y Frias, (2008) menciona que el desamargado por procesos térmicos tuvo efecto positivo, facilita la eliminación de alcaloides como (lupanina, lupinina, asparteína, etc). Que son destruidas completamente en los procesos de cocción. Gross, (1982) citado por Castillo, (2013) indica que a medida que aumenta el grado de oxidación disminuye la toxicidad de los alcaloides de lupino, así mismo se reduce su grado de amargor.

Es decir que el proceso de cocción, lavado, tostado produjo una disminución de alcaloides en un promedio de 99% aproximadamente, favoreciendo la aceptabilidad de la harina, el ser humano puede llegar a consumir alcaloides menores a 0.1% sin sufrir daño alguno Fleetwood y Zand (1976), citado por Castillo, (2013).

Por lo tanto se demuestra que la harina instantánea de tarwi, si es apto para consumo humano, reportando valores inferiores al 0.1% de alcaloides presentes en la harina.

**Tabla 19**

**Valores de Peróxido, acidez total y alcaloides en la harina de tostada de tarwi**

<b>Muestra</b>	<b>Peróxido mEq/kg</b>	<b>SD*</b>	<b>Acidez %</b>	<b>SD*</b>	<b>Cont. Alcaloides %</b>	<b>SD*</b>
<b>1</b>	5.35	3.10	0.04	0.01	0.06	0.010
<b>2</b>	6.57	2.61	0.05	0.03	0.04	0.134
<b>3</b>	6.96	1.93	0.04	0.04	0.05	0.041
<b>4</b>	8.18	0.17	0.10	0.04	0.05	0.041
<b><i>P-val T °C</i></b>	<b><i>0.0012</i></b>		<b><i>0.09</i></b>		<b><i>1.00</i></b>	
<b><i>T min</i></b>	<b><i>0.0016</i></b>		<b><i>0.20</i></b>		<b><i>0.50</i></b>	

\*SD: Desviación Estándar

#### **4.3. Propiedades nutricionales**

La Tabla 20 muestra el contenido de humedad, proteína, grasa, ceniza, carbohidratos y fibra para las 4 muestras. A continuación se dará un detalle de lo que se encontró.

#### **4.3.1. Humedad**

El Codex Alimentarius (2006), indica que el contenido máximo de humedad para alimentos a base de harinas de granos, tubérculo, raíces, frutas que requieren cocción que debe ser como máximo 15%. Las especificaciones técnicas del programa de alimentación escolar Qaliwarma (2014), menciona que el contenido de humedad para las harinas instantáneas debe ser de 5% máximo.

El contenido de humedad de la harina tostada de tarwi disminuye en un 20% a 70%, como se puede observar en la Tabla 20. Este comportamiento diferente podría deberse a que la humedad depende del tiempo y temperatura de tostado, el efecto de la temperatura es notorio y cada vez más evidente, por tanto a menor tiempo y temperatura bajas (110°C x 10 min) se obtiene mayor contenido de humedad (8.017%), mientras que el tratamiento 4 donde la temperatura es mayor y más tiempo (130°C x 20 min.) disminuye la humedad (hasta 2.73%), se concluye que la harina elaborada en este proyecto cumple con las normas establecidas.

#### **4.3.2. Proteína**

Cabe resaltar que el aporte nutricional de las leguminosas es importante en la dieta, como se observa en la Tabla 20, los datos obtenidos del contenido de proteína (54.03 – 57.00), coinciden con los reportados por otros autores como FUI (2006) y Villacres (2006) quienes caracterizaron harina cruda de tarwi con fines de aplicación a repostería. Por otra parte la desnaturalización térmica de las proteínas está fuertemente influida por el contenido de humedad: las proteínas deshidratadas son más resistentes a los tratamientos térmicos. La aplicación de calor es uno de los agentes desnaturalizantes que se utilizan con mayor frecuencia en alimentos ya que facilita la digestión de las proteínas, y logra desnaturalizar los inhibidores de proteasas que frecuentemente se hallan en alimentos basados en proteínas de leguminosas.

Por otra parte, Kochhar y Col, (1988) citado por Aguilera, (2009) indica que una pequeña parte de las sustancias nitrogenadas presentes en los granos de leguminosa no son de naturaleza proteica (bases púricas y pirimídicas, creatinas y creatinina, urea, etc) y pueden incrementar el valor real de proteínas.

Los mecanismos involucrados en la desnaturalización son varios y complejos, e involucran principalmente a los enlaces no-covalentes, puentes de hidrogeno, las fuerzas de Van der Waals.

Los reportes señalan que el incremento proteico se da por disminución de materia seca, en productos extruidos como la quinua, trigo y frejol se observa (5, 4 y 1%) de incremento de proteína hasta un 10% como máximo en distintos tipos de legumbres.

**Tabla 20**

**Composición química experimental y Teórico de la harina de tarwi**

%	TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES					DATOS TEORICOS				
	1	2	3	4	p-val		FUI (2006)	Villacres (2006)	Aguatipi ano (2013)	
					T°C	Tmin				
<b>Humedad</b>	8.02	5.31	3.83	2.73	0.24	0.64	6,30	9.00	-	
<b>Proteína</b>	55.85	54.03	56.56	57.00	0.35	0.68	56,40	51,07	49,6	
<b>Grasa</b>	24.74	24.36	24.51	24.20	0.13	0.07	25,20	20,44	27,9	
<b>Ceniza</b>	1.65	1.38	1.79	1.92	0.33	0.78	-	2,38	2,6	
<b>Carbohid</b>	8.78	11.17	7.22	7.32	0.66	0.39	2,50	7,35	7,9	
<b>Fibra</b>	8.99	9.06	9.91	8.56	0.83	0.53	13,9	-	12,9	

**4.3.3. Carbohidratos**

El contenido de carbohidratos se encuentra en un rango de 7-11% esta cantidad coincide con otros autores, mucho menor al contenido de carbohidratos en cereales (50%) aproximadamente.

Los carbohidratos más complejos, como el almidón, la transglicosilación puede ser importante cuando se pirolizan a 200°C. A esta temperatura el número de enlaces  $\alpha$  (1-4) disminuye con el tiempo. Las reacciones térmicas que incluye la rotura de enlaces C-C dan lugar como productos primarios a ácidos, aldehídos, cetonas, dicetonas, furanos, alcoholes, grupos aromáticos, monóxido y dióxido de carbono, todos ellos volátiles. El calentamiento directo de los carbohidratos, da lugar a un complejo grupo de reacciones denominadas en conjunto caramelización (Baldeón, 2012). Por tanto la cantidad de carbohidratos contribuyó con el mejoramiento del sabor y color de la harina instantánea de tarwi.

Marlett y Vollendorf, (1993) citado por Aguilera (2013) menciona que los tratamientos con calor pueden ocasionar un aumento del contenido de fibra, como consecuencia de la

formación de algunos compuestos como almidón resistente y productos de la reacción de Maillard. Aunque se observa que la fibra se ve muy poco afectada por el proceso de calentamiento, por el tiempo y temperatura, no se considera un cambio significativo ( $\alpha=0.05$ ).

#### 4.3.4. Ceniza y grasa

Shafiur, (2003) menciona que los minerales, por lo general son estables en casi cualquier situación que se pueden encontrar como (calor, aire, oxígeno, acidez, o alcalinidad). En cambio para el contenido de grasa, el principal efecto de oxidación de las grasas se produce sobre los aromas de los alimentos, la oxidación también puede desembocar en la conversión de los ácidos grasos cis naturales en ácidos grasos trans. La digestión y absorción de ácidos grasos trans es similar a la de los ácidos grasos cis, y su valor nutricional tampoco se verá afectada. En general se puede considerar que los efectos de la conservación con calor sobre el valor nutricional de las grasas son desdeñables. Por otra parte en el ANOVA tampoco se considera que haya influido significativamente respecto al contenido de ceniza ni grasa.

#### 4.4. Análisis Sensorial

La tabla ANOVA (Tabla 21) descompone la variabilidad de ACEPTABILIDAD en contribuciones debidas a varios factores, la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores.

**Tabla 21**

#### **Análisis de Varianza para aceptabilidad**

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>GI</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
<b>Efectos principales</b>					
<b>A:juez</b>	0.0	9	0.0	0.00	1.0000
<b>B:muestra</b>	32.05	3	10.6833	22.27	<b>0.0001</b>
<b>Residuos</b>	12.95	27	0.47963		
<b>Total (corregido)</b>	45.0	39			

Siendo que existe evidencia estadística para afirmar que existen diferencias significativas en la aceptabilidad de las muestras, procedemos a realizar una comparación de medias LSD recomendado por Friedman, como se muestra en la Tabla 21 y 22.

**Tabla 22**

**Comparación múltiple LSD (Método: 95.0 porcentaje LSD)**

Muestras	Panelistas	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	10	1.5	0.219004	X
2	10	2.25	0.219004	X
4	10	2.3	0.219004	X
3	10	3.95	0.219004	X

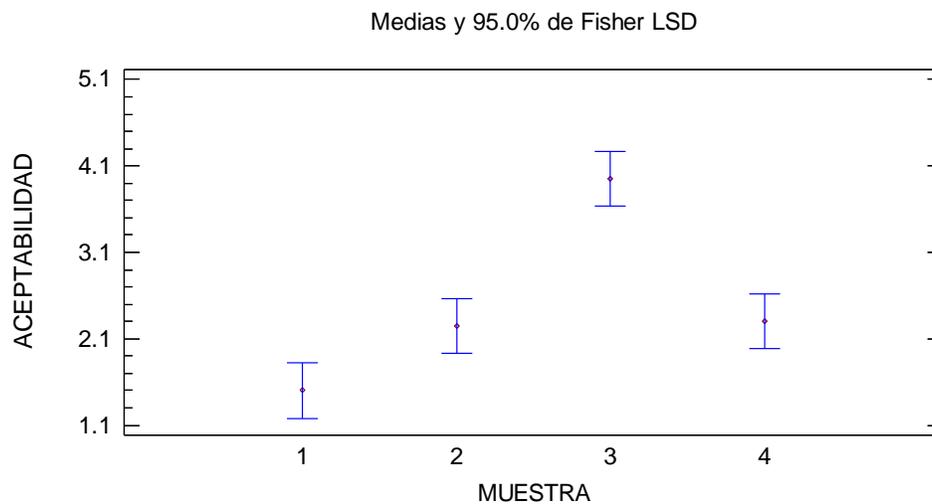
**Tabla 23 Contrastes de medias de las muestras**

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	-0.75	0.635492
1 - 3	*	-2.45	0.635492
1 - 4	*	-0.8	0.635492
2 - 3	*	-1.7	0.635492
2 - 4		-0.05	0.635492
3 - 4	*	1.65	0.635492

En la Tabla 23 se aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias.

El asterisco que se encuentra al lado de los 5 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza.

De acuerdo a las Tablas 23 y la Figura 7, la muestra 3 tuvo mejor aceptabilidad, esto podría explicarse con los resultados de las pruebas químicas, donde la muestra 4 reveló mayor índice de peróxido (8.18 mEqO<sub>2</sub>/Kg) es decir podría ser detectado por los panelistas cierta sensación de rancidez por la presencia de grasa. Por otra parte el tratamiento térmico (tostado) mejora el sabor de los cereales y legumbres, podría ser que las muestras 1 y 2 no agradaron a los panelistas en cuanto a sabor y color a comparación de la muestra 3 que fue sometida a mayor temperatura pero a menor tiempo. Rojas, (2002) citado por Gonzales, (2003) demuestra que el frijol de tipo panamito a temperatura de 150°C y 13% de humedad, es el tratamiento que presento buenas características visuales de expansión y color.



**Figura 7. Comparación de medias de las muestras 1-4**

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Los pesos húmedos de los granos se incrementan en un rango de 130% a 140% por un tiempo de 24h.
- Los chochos presentaron una disminución en base seca de 33% a 40%.
- Se llegó a obtener la harina instantánea de Tarwi en un horno parabólico con temperatura (110°C - 130°C) y tiempo (10 a 20 min.), molido en un molino de martillo N° 0.75mm de diámetro.
- La ISA y CAA de harina tostada de tarwi presenta un incremento a los tratamientos térmicos al que se le sometieron las muestras, alcanzando un promedio de (67.56% a 80.20%) para índice de solubilidad y (27.89% a 31.68%) para capacidad de absorción en agua.
- Para el análisis físico se halló una granulometría (1.31 a 1.46) para los 4 tratamientos, se puede determinar que al ser sometidas a variables de tiempo y temperatura no existe diferencia significativa, porque presentaron partículas finas inferior a 2.
- Contenido de peróxido (5.349 a 8.177 meq/kg de grasa) y la baja acidez (0.04 a 0.10%) indica que la mezcla instantánea es resistente a la oxidación lipídica y proteica.
- El contenido de alcaloide es de (0.04% a 0.06%), debido a que las sustancia antinutritivas disminuyen con el tratamiento de cocción, tostado, eliminando lupanina y asparteina.
- El contenido de humedad presenta disminución (21%, 53%, 64% y 76%) para cada muestra.
- Se observa que no hay diferencia significativa en la composición química grasa (24.21 a 24.74), fibra (8.53 a 9.91) y ceniza (1.383 a 1.92) al someterse a tratamientos térmicos de temperatura y tiempo.

- Mientras que el contenido de proteína incremento en un rango de (6 a 7 %) para T1, T3 y T4, para T2 presenta una disminución de (3%), estas alteraciones de los niveles de proteína se pueden explicar por una menor o mayor solubilización de sustancias proteicas durante el tostado.
- En la evaluación sensorial sobre los atributos (color, olor, sabor y textura) para cada muestra de harina instantánea se encontró que la muestra 3 presento mayor aceptabilidad por los panelistas.
- Se determinó que la harina instantánea de tarwi es influidas por el tiempo y la temperatura. Favoreciendo las características de solubilidad en agua, capacidad de absorción de agua, granulometría, composición química, para la temperatura y tiempo de (110°C x 20 min.) y (130°C x 10 min.), que fueron las más apropiadas y que cumplieron con las normas establecidas. Para el análisis sensorial la muestra 3 es la más aceptable por los panelistas.

## **5.2. Recomendaciones**

- Realizar un estudio para la extracción de desamargado en grandes cantidades (pobladores lo realizan en ollas con capacidad de 200 lt por un tiempo de 7 horas aproximadamente y cambio de agua 2 veces.
- Realizar una evaluación económica financiera que demuestre la factibilidad de la producción comercial de la harina instantánea de tarwi.
- Realizar estudios de almacenamiento para poder pronosticar la vida anaquel del producto con adecuados empaques y embalajes.
- Realizar mezclas con otros productos (quinua, kañihua, etc), pero con esta leguminosa, para complementar sus aminoácidos limitantes del tarwi.

## REFERENCIAS

- Agudelo, B.; Jaramillo, O. (1989). Pelado y optimización del proceso de deshidratación del coco (*Cocus Nucifera* L). Tesis (Ingeniería de Alimentos). Corporación Universitaria Lasallista. Facultad de Ingeniería de Alimentos. Medellín. 112 p.
- Aguilera, Y. (2011). Harinas de Leguminosas Deshidratadas: Caracterización Nutricional y Valoración de sus Propiedades Tecno-Funcionales. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid España. 273p.
- Aima, A. & Dueñas, J, *Recetas de la región con tarwi*. Cuzco, Comité Regional de Produccion y Utilizacion del tarwi. 1-2pp.
- Baldeón, S. (2012). Tesis. Procesamiento del chocho (*lupinus mutabilis sweet*) para la obtención de leche y yogurt como alimentos alternativos de consumo humano.
- Blanco, G. (1980). Investigaciones sobre el tarwi en la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco. I Congreso Internacional de Cultivos Andinos. 2o. Riobamba. Cerrate, A. & Camarena, F. (1981). *Cultivo del tarwi*. En: XI Congreso Internacional de Cultivos Andinos, *Libro de resúmenes*. Para ello se requiere un biodigestor que puede ser una manga de plástico o un cilindro.
- Brennan, J. (1980). Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. Segunda Edición. Zaragoza. p 318-347
- Braverman, J. (1980). Introducción a la Bioquímica de los alimentos. Nueva edición por Berk. Editorial El Manual Moderno., S.A. Mexico. (Esteban y col., 1998; Li y col., 2002, Martín-Cabrejas y col., 2004).
- Box, M. (1961). *Leguminosas de grano*. Barcelona, Salvat editores. 424-443pp.
- Caceres, E. 2012. Elaboración de análogos a la carne molida de res provenientes de las mezclas de lupino ((*Lupinus mutabilis*) – cebada (*Hordeum vulgare*) y soya (*Glycine max*).
- Camarena, F. (2012). Revalorización de un cultivo subutilizado: Chocho o Tarwi, (*Lupinus mutabilis Sweet*). UNALM, Lima, Perú.

- Camarena, F. (2000). El cultivo del tarwi. Programa de leguminosas de Grano. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Carrillo, E. (1956). Revisión del Género *Lupinus* en el Perú. Tesis Doctor en Biología. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Castillo, L. (2013). Elaboración de un panteón con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por puré de tarwi (*Lupinus mutabilis*). Tesis para Ingeniero de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú
- Cerrate, A. & Camarena, F. (1981). *El cultivo del tarwi (lupinusmutabilis S.)*. Lima, Universidad Nacional Agraria la Molina, 1981. 113 p. Junio 4-8, 1979. Riobamba, ESPOCH, 1980. PP. 167-173.
- Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo [PROMPERÚ]. (2013). *Exportación del producto tarwi según sus principales mercados en KG 2008-2013*. Recuperado de <http://www.siicex.gob.pe/siicex/apb/ReporteProducto.aspx?psector=1025&preporte=prodmercvolu&pvalor=1482840>
- Collazos, C. (1996). Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. Séptima Edición. Lima – Perú.
- Chancasanampa, M. (2011). *El Tarwi*. Recuperado de: <http://es.scribd.com/doc/73460964/Keke-Tarwi-Ultimate>
- FAO, (2005). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura.
- Franco, P. (1991). El Tarwi o Lupino: su efecto en sistemas de cultivos. Lima CIP. (INFORME FINAL DEL PROYECTO COOPERATIVOS GTZ – CIP)
- Flores, R. (2002). Tesis. Elaboración de un desayuno instantáneo a partir de las harinas de quinua, cañihua, soya y arroz para niños en edad escolar (6 a 12 años). UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN.
- Gonzales, H. (2003). Formulación y Evaluación Nutricional de una Mezcla Instantánea a Base de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), Frijol (*Psaseolus vulgaris* L.), Cebada (*Hordeum vulgare* L.) y Leche para Consumo Humano. Tesis de Post Grado. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA.
- Gross, R (1982). El cultivo y la utilización del tarwi: *Lupinusmutabilis*Sweet. Roma, Italia:

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO].
- Godoy, B (2016). Disponibilidad proteica de una bebida instantánea a partir de harina de plátano (*Musa paradisiaca* L.) y guandul (*Cajanus cajan* (L.) Millsp)
- Gunter, L, & Sonja, M. (1982). Nueva tecnología para la producción de harina de Lupino en combinación de cereales. Asociación Internacional del Lupino. Actas. Conferencia Internacional del Lupino. 2, Torremolinos (España), May 1982. P 70 – 72. (Es).
- GOODBAND, D.R., M.D. Tokach and J.L. Nelsen, 2001 The effect of diet particle size on animal performance. Department of grain science and industry, KSU, Agric, Exp. Stat and coop. ext. service.
- Jacobsen, S. E. & Mujica, A. (2006). *El tarwi (Lupinus mutabilis Sweet.) y sus parientes silvestres*. Botánica Económica de los Andes Centrales, 28, 458-482. Recuperado de: <http://beisa.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdf/Capitulo%2028.pdf>
- Jambrina, J. (1980). *Introducción al cultivo de Lupinus (altramuz)*. INIA. Serie: producción vegetal (España) comunicaciones. 26:18. 1980.
- León. J. (1964). *Plantas alimenticias Andinas*. San Jose, IICA. 93-95pp.
- Limones, K & García, M. (2011). *Elaboración de sopa instantánea de Tarwi*. (Tesis de Ingeniero Libre, W. E. (2008). Recuperado el 05 de diciembre de 2012, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Harina>
- Linden, G. & Lorient, D. (1996). Bioquímica AGROINDUSTRIAL. Revalorización Alimentaria de la Producción Agrícola. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza (España). Tubérculos andinos en Ecuador, Perú, Bolivia y Argentina. Informe Técnico. IICA/IBPGR. U. de Cusco, Puno y Huamanga.
- Lescano, J. (1994). *Genética y mejoramiento de cultivos altoandinos: quinua, kañihua, tarwi, kiwicha, papa amarga, olluco, mashua y oca*. La Paz, Bolivia: Piwa.
- Lozada, L. (2009). Diseño y construcción de un tostadora continua de cebada. Escuela Politécnica Nacional. (Quito- Ecuador).
- MADRID, A. & MADRID, J. (2001). Nuevo manual de industrias alimentarias. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. p 470.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2013). Producción agrícola. MINAGRI

- Muscares, 2001 pork production. Is particle size important for swine diets? Mississippi State University Extension mediante Resolución Ministerial N°451-2006/MINSA el 17 de Mayo de 2006 Service, Mississippi, Agricultural and Forestry Experiment, 6 pp. <http://msucares.com/livestock/swine/particle>.
- Norma Sanitaria Para La Fabricación De Alimentos A Base De Granos Y Otros, destinados A Programas Sociales De Alimentación Aprobada mediante Resolución Ministerial N°451.2006/MINSA (2006).
- Quilca y Frias, (2008). Determinación de las propiedades físicas, químicas y nutricionales de tarwi (*Lupinus mutabilis* Swet) mínimamente procesado. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO.
- Repo-Carrasco, R. (1992). *Cultivos andinos y la alimentación infantil*. Lima, Perú: Didi de Arteta.
- Repo, R. (1988). Cultivos andinos importancia nutricional y posibilidades de procesamiento. Centro de Estudios Rurales Andinos. Bartolomé de las Casas, Cusco, Perú.
- Reinoso, Z., Nella, S., & Gross, H. (1982). *La harina del lupino (lupinus mutabilis) como sustituto parcial del trigo en la elaboración de galletas dulces (tipo cookie)*. Asociación Internacional del Lupino. Actas. Conferencia In Torremolinos (España), May 1982. P 346 – 354. (Es).
- Servicio Alimentario del Programa Nacional de Alimentación Escolar Qaliwarma, 2014.
- Shafiur, R. (2002). Manual de Conservación de los Alimentos. Editorial ACRIBIA, S.A. ZARAGOZA (España).
- Sosa, C. (2000). Influencia de dos métodos de extracción de aislado proteico de Lupino en sus propiedades funcionales. Tesis MgSc. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima Perú.
- Tapia, M.E. (1997). *Cultivos Andinos Subexplotados y su aporte a la alimentación, Santiago de Chile* Oficina Regional de la FAO.
- Tapia N., (1982). *Proceso agroindustrial del Tarwi (Lupinus Mutabilis)*. Asociación Internacional del Lupino. Actas. Conferencia Internacional del Lupino. 2, Torremolinos (España).
- Tapia, M. (1982). Expediciones de recolección y adecuación de locales para los granos y de Alimentos). Escuela Superior Politecnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.

- Tapia, M. & Fries A. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. Lima, Perú: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] y Asociación Nacional de Productos Ecológicos del Perú [ANPE].
- Tatamues, A. & Zambrano, J. (2011). Tesis. Elaboración de un suplemento proteico en polvo, a base de harina de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), quinua (*Chenopodium quinoa L.*), amaranto (*Amaranthus*), y dos tipos de edulcorantes (Sacarosa y Glucosa)
- Torres, M. (2007). Tesis. Optimización De La Etapa De Hidrólisis Ácida En El Proceso De Fosfatación De Almidón Por Extrusión Para La Encapsulación De Aceite Esencial De Naranja.
- UNIFEM Fondo de las Naciones Unidas para el Desarrollo de la Mujer (1998). Procesamiento de cereales. Edición y producción: Lima-Perú.
- Villegas, C.R.; Vega, M.; Sifri, H. (1982) *Empleo de Harina de Lupino en la elaboración de galletas para programas de alimentación escolar en Chile*. Asociación Internacional del Lupino.
- Villacres, R. (2006). Disfrutando cocinando con chocho. Quito.
- Yañez, O. (2005). Tesis. Nixtamalización por extrusión de las fracciones del grano de maíz para la obtención de harinas instantáneas.
- Zacarias, I.; Ballester, D. Yanez, E. & García E. (1982). *Pan con harina de lupino dulce (L. albus var Multolupa)*. Evaluación biológica y aceptabilidad. Asociación Internacional del Lupino. Actas. Conferencia Internacional del Lupino. 2, Torremolinos (España), May 1982. P 67 – 69. (Es).

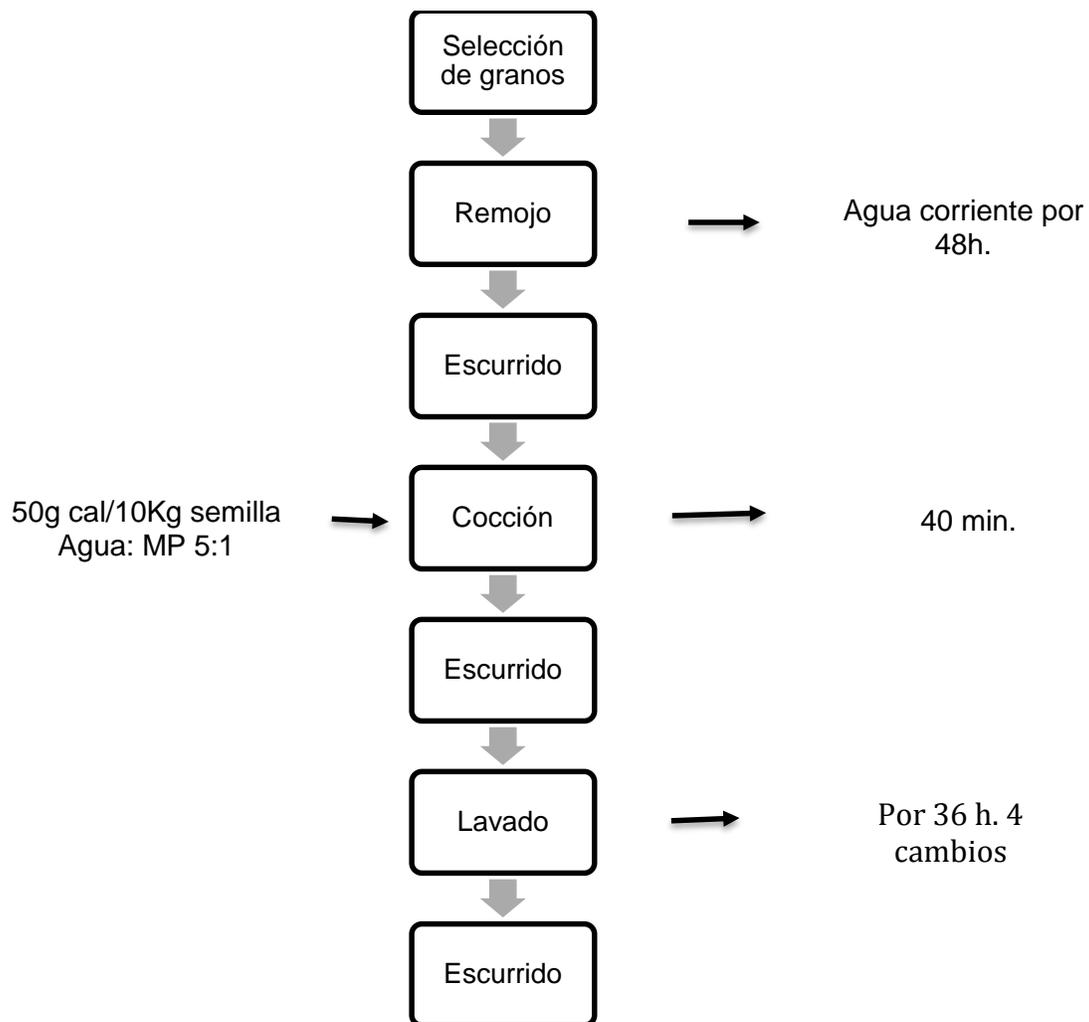
## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### Metodología del desamargado del tarwi convencionalmente.

El método "Cuzco" empleada por Tapia (1981) y Gross y Godomar (1982).

Consiste en remojar el lupino en una poza de agua circulante durante 18 horas y luego eliminar el agua. Se agrega agua a la semilla escurrida en una relación agua: materia prima de 5:1, se añade 50g de cal por cada 10kg de semilla se disuelve y se somete a cocción a presión durante 40 minutos (la presencia de las cenizas o cal permiten permeabilizar la cascara e incrementar la eliminación de alcaloides durante la cocción). Luego de eliminar el agua de cocción la semilla es lavada durante 36 horas con cuatro cambios de agua. Tapia (1997) indica que el uso de aditivos como sal, ceniza de horno y cal; se utiliza para acelerar el proceso de desamargado.

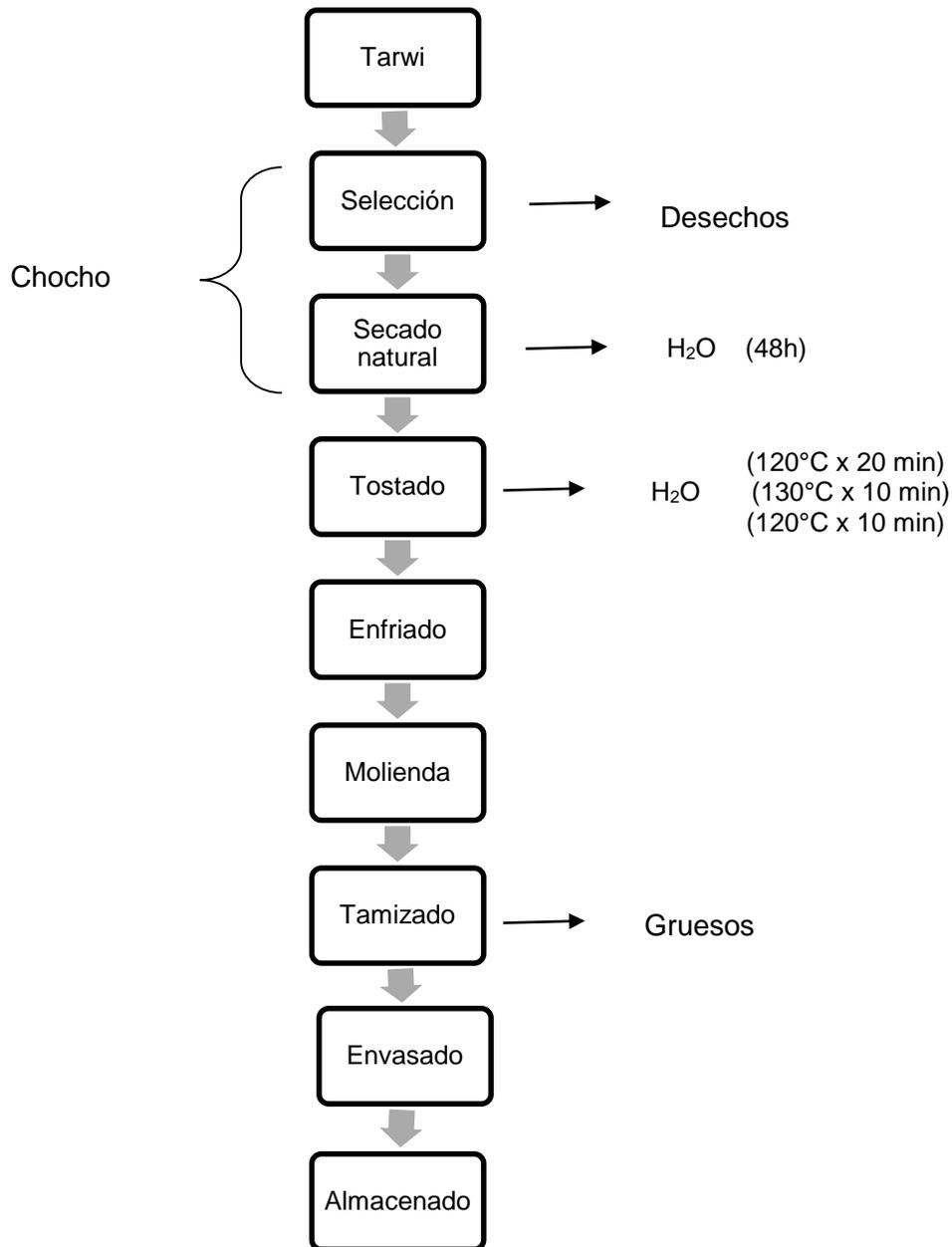


**Figura 8.** Flujo de operaciones para la elaboración del desamargado de tarwi.

Fuente: Tapia (1997).

## ANEXO 2

Para la obtención de harina instantánea se empleó el método de tostado de Tatamues y Sambrano (2011),



**Figura 9.** Flujo grama para la elaboración de harinas instantánea de tarwi.

Fuente: Tatamues y Sambrano (2011)

### ANEXO 3

#### Determinación de índice de solubilidad en agua (WSI), Salazar et al (1973) citado por Flores (2002)

##### Descripción del método

Se pesan 2,5 g de muestra del producto de estudio a la que se agrega 30 ml de agua a 30°C (se pesa en los tubos de centrifuga previamente tarados).

Se somete a agitación intermitente por 30 minutos, luego de los cuales se coloca en una centrifuga de 3000 rpm por 10 minutos, el sobrenadante se pasa a un vasito previamente tarado, se toma el peso del gel.

##### Cálculos

Del peso del sólido se calcula el porcentaje de solubles. El gel que queda dentro del tubo se pesa para determinar el índice de absorción que está dado por la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de Solubilidad} = \frac{\text{Peso del residuo de evaporación}}{\text{Peso seco de la muestra}}$$

Del peso de la muestra se descontó el peso de solubles que quedo en el sobrenadante.

## ANEXO 4

### Determinación de índice absorción de agua (WAI), Salazar et al (1973) citado por Flores (2002)

#### Descripción del método

Se pesan 2,5 g de muestra del producto de estudio, a la que se agrega 30 ml de agua a 30°C (se pesan en los tubos de centrifuga previamente tarados).

Se somete a agitación intermitente por 30 minutos, luego de los cuales se coloca en una centrifuga de 3000 rpm por 10 minutos, el sobrenadante se pasa a un vasito previamente tarado, se toma el peso del gel.

#### Cálculos

El índice de adsorción de agua (WAI), se expresa como una relación entre el peso del residuo (después del peso seco de la muestra), al se le resta el peso del residuo de evaporación del sobrenadante, como se observa en la ecuación siguiente:

$$\text{Índice de absorción} = \frac{\text{Peso del residuo de centrifuga}}{\text{Peso seco de la muestra} - \text{Peso del residuo de evaporación}}$$

Del peso de la muestra se descontó el peso de solubles que quedo en el sobrenadante Salazar et al (1973).

## ANEXO 5

### Granulometría (Cáceres, 2012).

Escoger los tamices que se indican en la norma específica para la harina correspondiente y colocar uno encima de otro, cuidando que queden en orden decreciente de arriba hacia abajo, con referencia al tamaño de la abertura de la malla de cada tamiz, de modo que el tamiz de mayor abertura sea colocado en la parte superior y el de menor abertura quede en el fondo y debajo de este colocar el plato recolector.

- Se pesó 100 g de harina instantánea de tarwi.
- Colocar en los tamices 40, 60 y 80 N° de mallas.
- Mover manualmente durante 15 min.
- Pesarse tamiz más las muestras.
- Aplicar la siguiente fórmula: Donde  
F= Número de malla de cada bandeja.  
R= % de retenidos de cada bandeja.

$$\text{Módulo de finura} = \frac{F * R}{100}$$

## ANEXO 6

### Determinación de peróxido (AOAC, 1990)

#### Materiales y métodos

Erlenmeyer de 250 mL, con tapa esmerilada

Bureta de 25 mL

Pipetas de 5 y 10 mL

#### Reactivos

Solución de ácido acético – cloroformo 3:2

Ioduro de potasio (solución saturada)

Solución de tiosulfato de sodio 0,1N

Almidón 1%

#### Procedimientos

Pesar al 0,1 mg de 4 a 5 g de muestra en un Erlenmeyer con tapa esmerilada

Añadir 30 mL, de la solución de ácido acético – cloroformo y 1 mL de solución saturada de IK.

Agitar el matraz durante aproximadamente 1 minuto y añadir 30 mL de agua destilada.

Titular con la solución de tiosulfato de sodio 0,1N, agitando vigorosamente la muestra, empleando almidón como indicador.

Hacer en forma paralela una prueba en blanco.

#### Cálculos

$$\text{Índice de peróxido} = \frac{(\text{muestra} - \text{blanco}) * N * 1000}{\text{Peso de muestra}}$$

## ANEXO 7

### Determinación de acidez (AOAC, 1990)

Se pesó 10 g de harina instantánea de tarwi y disolvió en 90 ml de agua destilada, agitar, completar a volumen de 100 ml con una pipeta y filtrar. Tomar una fracción exacta del filtrado (20 ml) y titular con una solución de NaOH 0,1 N usando fenolftaleína como indicador. El resultado se expresa como porcentaje de ácido sulfúrico, correspondiendo cada ml de NaOH N/10 a 0,0049 g de ácido sulfúrico. La acidez titulada se calcula aplicando la siguiente formula:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{V * N * E}{a} \times 100$$

Donde:

V : ml. De NaOH gastado en titulación

N : Normalidad del NaOH

E : Mili equivalente (factor)

a : Gramos o ml de la muestra

## ANEXO 8

### Determinación de alcaloides recomendado por Baer, (1978) citado por (Castillo, 2013)

Pesar 100mg de harina de lupino finamente pulverizado y mezclar con 0.1 ml de solución de potasio al 15%.

Añadir 300 mg de óxido de aluminio.

Trasladar a un matraz añadiendo 10 ml de cloroformo, agitar tapado por 30 min.

Filtrar la solución de cloroformo en una fiola de 25ml, extraer el residuo dos veces más con 5 ml de cloroformo, filtrar los extractos en el matraz y llenar 25 ml de cloroformo.

Tomar 1ml de solución en un tubo y añadir 9 ml de cloroformo.

Añadir 0.1 ml de BKP, agitar y dejar reposar por 10 min y medir en cubetas de 1 cm a 410 nm contra el blanco de 10 ml de cloroformo y 0.1 ml de solución BKP.

El contenido de alcaloides se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Alcaloides} = \frac{\text{DO} \times \text{F} \times \text{PM alcaloide} \times \text{V}_T}{\text{P} \times \text{V}_p} \times 0.1$$

Donde:

- DO: densidad óptica a 410 nm
- F : factor de calibración (para lupanina 0.422)
- $V_T$  : volumen total de extracto (ml)
- $V_p$  : volumen alícuota que se echa al tubo de 10 ml para la determinación fotométrica.
- PM : peso molecular (para lupanina es 248 mg)
- P : peso de la muestra (mg).

## ANEXO 9

### Determinación de Humedad (AOAC, 1990)

- **Materiales y equipo**

- Balanza analítica, sensibilidad 0.1 mg
- Cápsulas de vidrio, porcelana o metálica, con tapa
- Desecador con deshidratante adecuado
- Estufa regulada a  $103 \pm 2$  °C
- Material usual de laboratorio

- **Procedimiento**

- Colocar la cápsula destapada y la tapa durante al menos 1 hora en la estufa a la temperatura de secado del producto.
- Empleando pinzas, trasladar la cápsula tapada al desecador y dejar enfriar durante 30 a 45 min. Pesar la cápsula con tapa con una aproximación de 0.1 mg. Registrar ( $m_1$ ).
- Pesar 5 g de muestra previamente homogeneizada. Registrar ( $m_2$ ).
- Colocar la muestra con cápsula destapada y la tapa en la estufa a la temperatura y tiempo recomendado  $105$  °C x 5 horas.
- Tapar la cápsula con la muestra, sacarla de la estufa, enfriar en desecador durante 30 a 45 min.
- Repetir el procedimiento de secado por una hora adicional, hasta que las variaciones entre dos pesadas sucesivas no excedan de 5 mg ( $m_3$ ).

### Cálculo

La humedad del producto expresada en porcentaje, es igual a:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} * 100$$

Donde:

$m_1$ : masa de la cápsula vacía y de su tapa, en gramos

$m_2$ : masa de la cápsula tapada con la muestra antes del secado, en gramos

$m_3$ : masa de la cápsula con tapa más la muestra desecada, en gramos.

## ANEXO 10

### Determinación de Proteína Total (AOAC, 1990)

#### Material y equipo

- Balanza analítica, sensibilidad 0.1 mg.
- Equipo Kjeldahl
- Manto calefactor
- pHmetro
- Material usual de laboratorio.

#### Reactivos

- Ácido sulfúrico concentrado
- Sulfato de potasio o sulfato de sodio
- Sulfato cúprico
- Solución de hidróxido de sodio al 15 %. Disolver 150 g de NaOH y completar a 1000 ml
- Solución de ácido sulfúrico 0.1 N. Tomar 2.7 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>conc. y completar a 1000 ml, luego estandarizar con Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> anhidro
- Solución de hidróxido de sodio al 30 %. Disolver 300 g de NaOH y completar a 1000 ml.
- Solución indicadora de rojo de metilo al 1 % en etanol. Disolver 1 g de rojo de metilo en 100 ml de etanol (95 %).
- Solución de hidróxido de sodio 0.1 N. Tomar 4 g de NaOH y enrasar a 1000 ml con agua recientemente hervida y enfriada. Valorar con ácido succínico.
- Ácido bórico al 3 % . Disolver 30 g de ácido bórico y completar a 1000 ml.
- Indicador de Tashiro: rojo de metilo al 0.1 % y azul de metileno al 0.1 % en relación de 2:1, en alcohol etílico.
- Solución de ácido clorhídrico 0.1 N. Tomar 8.3 ml de HClconc. y enrasar a Valorar con Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> anhidro.

#### Procedimiento

- Se determinara la masa de 0.1 g de muestra molida, con precisión de 0.1 mg y se coloca en un balón de Kjeldahl.
- Agregar 3 perlas de vidrio, 10 g de sulfato de potasio o sulfato de sodio, 0.5 g de sulfato cúprico y 20 ml de ácido sulfúrico concentrado.
- Conectar el matraz a la trampa de absorción que contiene 250 ml de hidróxido de sodio al 15 %. El disco poroso produce la división de los humos en finas burbujas con el fin de facilitar la absorción y para que tenga una duración prolongada debe ser limpiado con regularidad antes del uso. Los

depósitos de sulfito sódico se eliminan con ácido clorhídrico. Cuando la solución de hidróxido de sodio al 15 % adicionada de fenolftaleína contenida en la trampa de absorción permanece incolora debe ser cambiada.

- Calentar en manta calefactora y una vez que la solución esté transparente, dejar en ebullición 15 a 20 min. más. Si la muestra tiende a formar espuma agregar ácido esteárico o gotas de silicona antiespumante y comenzar el calentamiento lentamente.
- Enfriar y agregar 200 ml de agua.
- Conectar el matraz al aparato de destilación, agregar lentamente 100 mL de NaOH al 30 % por el embudo, y cerrar la llave.
- Destilar no menos de 150 ml en un matraz que lleve sumergido el extremo del refrigerante o tubo colector en:
  - a) 50 ml de una solución de ácido sulfúrico 0.1 N, 4 a 5 gotas de rojo de metilo y 50 ml de agua destilada. Asegurar un exceso de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para que se pueda realizar la retrotitulación.
  - Titular el exceso de ácido con NaOH 0.1 N hasta color amarillo ob) 50 ml de ácido bórico al 3 %. Titular con ácido clorhídrico 0.1 N hasta pH 4.6 mediante un medidor de pH calibrado con soluciones tampón pH 4 y pH 7, o en presencia del indicador de Tashiro hasta pH 4.6 Cada cierto tiempo es necesario verificar la hermeticidad del equipo de destilación usando 10 ml de una solución de sulfato de amonio 0.1 N, 100 ml de agua destilada y 1 a 2 gotas de hidróxido de sodio al 30 % para liberar el amoníaco, así como también verificar la recuperación destruyendo la materia orgánica de 0.25 g de L(-)-Tirosina. El contenido teórico en nitrógeno de este producto es de 7.73 %. Debe recuperarse un 99.7 %.

### Cálculos

$$\% N = \frac{14 \times N \times V \times 100}{m \times 1000}$$

$$\% \text{ Proteína} = \frac{14 \times N \times V \times 100 \times \text{factor}}{m \times 1000}$$

Donde:

V: 50 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1 N - gasto NaOH 0.1 N o gasto de HCl 0.1 N

m : masa de la muestra, en gramos

## ANEXO 11

### Determinación de Grasa (AOAC, 1990)

#### Material y equipo

- Sistema extractor Soxhlet
- Balanza analítica
- Papel filtro o dedal de celulosa
- Baño termostático
- Estufa de aire 103 + 2°C
- Tamiz de malla de 1 mm
- Manto calefactor o rotavapor

#### Reactivos

- Éter etílico P.E. 40-60°C
- Éter de petróleo P.E. 40-60°C

#### Procedimiento

- Moler y pasar por tamiz de malla de 1 mm
- Pesar en duplicado 2 a 5 gramos de muestra preparada en el dedal de extracción o papel filtro previamente pesado y tapado con algodón desgrasado. Registrar “ m”
- Secar el matraz de extracción por 30 min a 103+ 2°C
- Pesar el matraz de extracción y registrar m1
- Poner el matraz de extracción en el sistema soxhlet el dedal en el tubo de extracción y adicionar el solvente al matraz.
- Extraer la muestra con el solvente por 6 a 8 horas a una velocidad de condensación de 3-6 gotas/seg.
- Una vez terminada la extracción eliminar el solvente por evaporación en rotavapor o baño maria bajo campana. Hasta que no se detecte olor a éter.
- Secar el matraz con la grasa en estufa a 103+ 2°C por 10 min, enfriar en desecados y pesar. Registrar m2.

**Cálculos**       $\% \text{grasa cruda} = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100$

Donde:

m: peso de la muestra

m<sub>1</sub>: tara del matraz solo

m<sub>2</sub>: peso matraz con grasa

$$\% \text{grasa cruda en base seca} = \% \text{grasa cruda} \times \frac{100}{100 - \% \text{humedad}}$$

## ANEXO 12

### Determinación de Cenizas (AOAC, 1990)

#### Material, insumos y equipo

- Balanza analítica, sensibilidad 0.1 mg
- Crisoles o cápsulas de porcelana, sílice o platino
- Desecador con deshidratante adecuado
- Mufla regulada a  $550 \pm 25$  °C

#### Procedimiento

- Pesar al 0.1 mg en una cápsula previamente calcinada y tarada ( $m_0$ ) 2 gramos de muestra homogeneizada ( $m_1$ ).
- Precalcinar previamente la muestra en placa calefactora, evitando que se inflame, luego colocar en la mufla e incinerar a 550 °C por 8 horas, hasta cenizas blancas o grisáceas. Preenfriar en la mufla apagada y si no se logran cenizas blancas o grisáceas, humedecerlas con agua destilada, secar en el baño de agua y someter nuevamente a incineración.
- Dejar enfriar en desecador y pesar ( $m_2$ )
- Mezclar cuidadosamente y completamente la muestra con la arena, mediante la varilla de vidrio.

#### Cálculo

$$\% \text{ Cenizas totales} = \frac{(m_2 - m_0)}{(m_1 - m_0)} \times 100$$

Donde:

$m_2$ : masa en gramos de la cápsula con las cenizas

$m_1$ : masa en gramos de la cápsula con la muestra

$m_0$ : masa en gramos de la cápsula vacía

## ANEXO 13

### Determinación de Fibra (AOAC, 1990)

#### Materiales y Equipos

- Aparato de calentamiento a reflujo.
- Balanza analítica, sensibilidad 0,1 mg.
- Cisoles de porcelana o de sílica.
- Desecador con deshidratante adecuado (silicagel con indicador u otro).
- Dispositivo de succión al vacío y Embudo Büchner de polipropileno
- Estufa a  $103 \pm 2$  °C. 6.1.8. Tamiz de malla 1 mm.
- Placa calefactora de 200 ml de agua a 25 °C. Hasta ebullición en 15+2 min.

#### Reactivos

- Solución de ácido sulfúrico 0.255 N
- Solución de hidróxido de sodio 0.313 N
- Etanol al 95%.
- Éter de petróleo

#### Preparación de la muestra

- Moler la muestra y pasar por un tamiz de malla de 1 mm..
- Extraer con éter de petróleo sí el contenido de grasa es superior al 1

#### Procedimiento

- Pesar a 0.1 mg alrededor de 2 g de muestra preparada y transferir en al matraz del aparato de calentamiento a reflujo. Registrar "s" "Agregar 1.5 a 2.0 g de fibra cerámica preparada. Agregar 200 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.255 N, hirviente, gotas de antiespumante y perlas de vidrio.
- Conectar el aparato de calentamiento a reflujo y hervir exactamente durante 30 minutos, rotando el matraz periódicamente. Desmontar el equipo y filtrar a través del embudo Büchner tipo California o sus alternativas.
- Lavar con 50 a 75 ml de agua hirviente, repetir el lavado con 3 porciones de 50 ml de agua o hasta que cese la reacción ácida. Retornar el residuo al aparato de calentamiento a reflujo y hervir exactamente durante 30 minutos, rotando el matraz periódicamente.
- Lavar con 25 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.255 N, hirviente, con 3 porciones de 50 ml de agua hirviente y con 25 ml de etanol al 95%.
- Remover el residuo y transferir al crisol. Secar en estufa a  $130 \pm 2$  °C por 2 horas, enfriar en desecador y pesar.Incinerar 30 minutos a  $600 \pm 15$  °C, enfriar en desecador y pesar.
- Determinar un blanco en las mismas condiciones que la muestra.

### **Cálculos**

% Fibra cruda en muestra molida = C= (pérdida de peso en la incineración – pérdida de peso del blanco de fibra cerámica) x 100/ peso de la muestra.

$$\% \text{ Fibra cruda (base húmeda)} = C \times \frac{100 - \% \text{ Humedad muestra original}}{100}$$

## ANEXO 14

### **Determinación de Carbohidratos (AOAC, 1990)**

Son casi en su totalidad extracto libre de nitrógeno y constituyen más del 75% del peso en las raciones diarias se determinan por diferencias en base a la siguiente formulación.

#### **Formula:**

$$\text{Carbohidratos} = 100 - (\% \text{ceniza} + \% \text{grasa} + \% \text{proteína} + \% \text{fibra})$$

## ANEXO 15

### Cartilla de evaluación sensorial

A continuación se le presentan \_\_\_\_ muestras, evalúe la aceptabilidad del producto según su criterio usando el puntaje de la siguiente Tabla

Calificación	Puntaje
Me gusta extremadamente	9
Me gusta muchísimo	8
Me gusta mucho	7
Me gusta ligeramente	6
No me gusta ni me disgusta	5
Me disgusta ligeramente	4
Me disgusta mucho	3
Me disgusta muchísimo	2
Me disgusta extremadamente	1

Muestra	Atributos				
	Color	Olor	Consistencia	Sabor	Aceptabilidad
Muestra 1					
Muestra 2					
Muestra 3					
Muestra 4					

**ANEXOS 16**

**Desamargado y secado de chocho**



Imagen 1: Tarwi fresco desamargado.

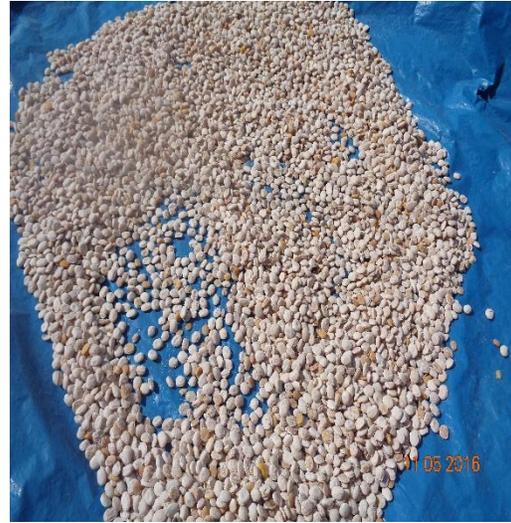


Imagen 2: Secado de tarwi.



Imagen 3: Seleccionado de tarwi.

**ANEXOS 17**  
**Tostado y molido del tarwi**



Imagen 4: Horneado de tarwi



Imagen 5: Molienda de tarwi



Imagen 6: Molienda del tarwi.

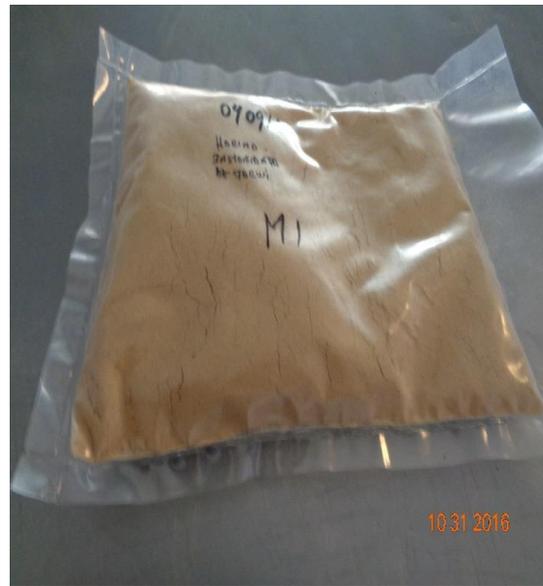


Imagen 7: Harina instantánea de tarwi.

## ANEXOS 18

### Tamizado de la harina de tarwi



Imagen 8: Determinación de humedad.



Imagen 9: Tamizado de la harina instantánea.



Imagen 10: Muestras de la harina.

## ANEXOS 19

### Escaneado de la harina de tarwi



Imagen 11: Fibras tamizadas.



Imagen 12: Tamaño de partícula N° 40 de tamiz.



Imagen 13: Tamaño de partícula N° 60 de tamiz.

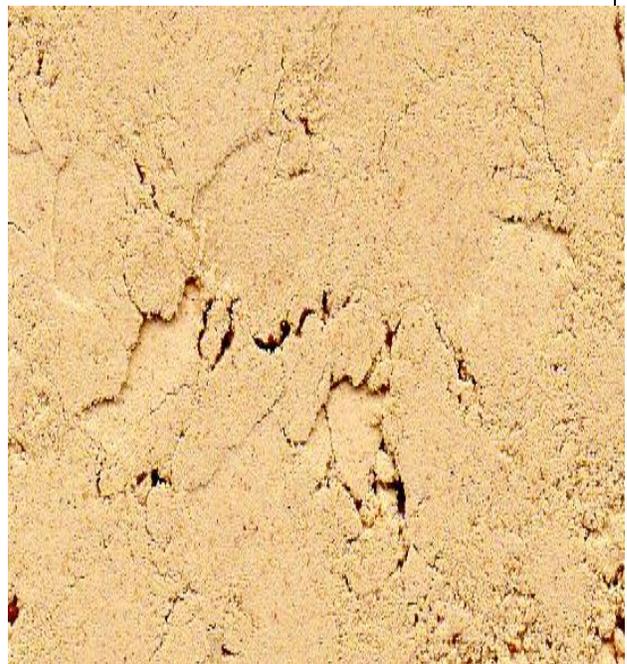


Imagen 14: Tamaño de partícula N° 80 de tamiz.