

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



“EXTRACCION Y CARACTERIZACION DEL ACEITE DE TARWI (*Lupinus mutabilis* Sweet)”

TESIS

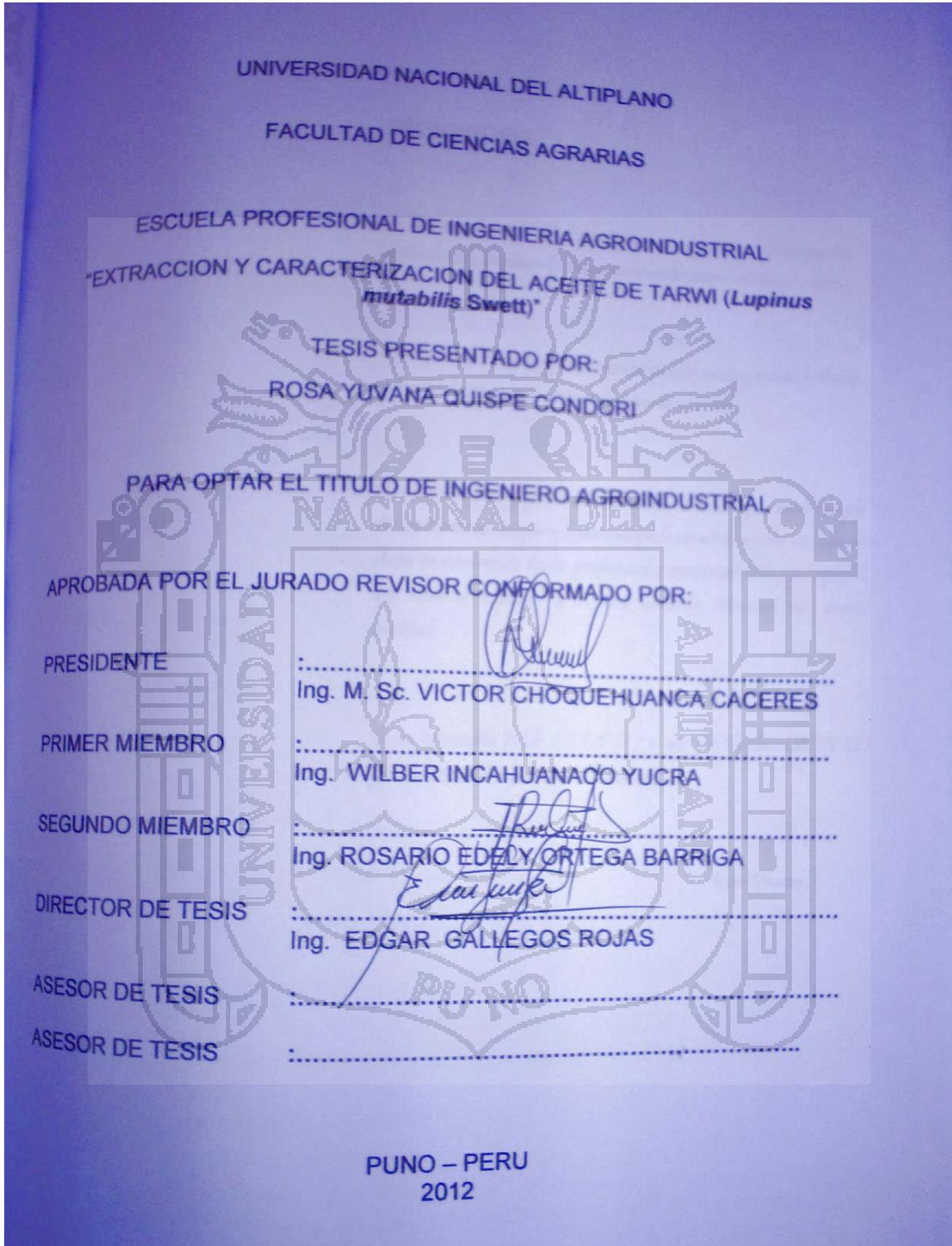
PRESENTADO POR

ROSA YUVANA QUISPE CONDORI

PARA OPTAR EL TITULO DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO - PERU

2012



Area: Ingeniería y tecnología

Tema: Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles y eficientes

DEDICATORIA

A Dios por darme la salud, por Estar con migo en cada paso que doy cuidándome y dándome fortaleza para continuar en este largo camino.

A mis padres Clemente y Victoria con mucho amor y cariño le dedico todo mi esfuerzo puesto en la realización de esta tesis.

A mi Única y muy queridísima hermana Maribel por ser el ejemplo de una hermana mayor y haber cumplido un rol de madre en toda mi etapa de crecimiento tanto profesional y emocional de la cual aprendí que nada es imposible y a seguir adelante. ¡Gracias! mi eterna gratitud.

A mi hermanita Hilda (Q.E.P.D.) y mi Tío Toribio (Q.E.P.D.) por haber cuidarnos siempre de nosotras.

Rosa
Yuvana

AGRADECIMIENTO

A la Municipalidad Provincial de Yunguyo a través de Agro rural- Puno. Por Financiar la Impresión y el Empastado de la Tesis.

A la Universidad Nacional del Altiplano Facultad de Ciencias Agrarias Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial, a su personal docente y administrativo por la Formación profesional.

Al Ing. Víctor Choquehuanca Cáceres por su constante apoyo incondicional, moral y orientación para el desarrollo de esta tesis.

Al Ing. Edgar Gallegos Rojas Por confiar en mi persona y aceptar la dirección de la Tesis.

Al Ing. Lenin Quille Quille por estar siempre pendiente en el desarrollo, conclusión y asesoramiento de esta Tesis.

Expresar de todo corazón mis más sinceros agradecimientos a todos aquellas personas que me brindaron su colaboración, sus conocimientos, su ayuda incondicional y por sobre todo su amistad durante la realización de esta investigación. ¡Gracias a cada uno de ellos!

Agradezco en forma especial a mis súper amigas siempre las recordare, gracias chicas por su apoyo y por su linda amistad.

“No se ponga triste ante una despedida. Una despedida es necesaria para volver a reencontrarse. Y un reencuentro, después de un momento o después de toda una vida, es algo inevitable si somos amigos de verdad” (George Elioty).

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL

INDICE DE CUADROS

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLA

RESUMEN

CAPITULO I	1
INTRODUCCION	1
CAPITULO II	3
MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL	3
2.1 ASPECTOS GENERALES DEL TARWI (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet)	3
2.1.1 Tarwi.....	3
2.1.2 Origen Genético del tarwi	3
2.1.3 Citogenética del Tarwi.....	4
2.1.4 Situación de Cultivo del Tarwi.....	4
2.1.5 Ubicación Taxonomía	7
2.1.6 Morfología de la Semilla de Tarwi	8
2.2 COMPOSICION QUIMICA DE LAS SEMILLAS DE TARWI	9
2.2.1 Proteína.....	13
2.2.2 Aceites	15
2.2.3 Carbohidratos.....	19
2.2.4 Minerales	19
2.2.5 Vitaminas.....	20
2.2.6 Sustancias Antinutritivas.....	20
2.3 ACEITES VEGETALES	21
2.3.1 Composición de Aceites Vegetales	21
2.3.2 Clasificación de Aceites	25
2.3.3 Extracción de Aceites Vegetales	26
2.4 FACTORES DE COMPOSICION FISICO QUIMICO Y CALIDAD DEL ACEITE	37
2.4.1 Características físico Químicos.....	37
2.4.2 Características de Calidad del Aceite	38

CAPITULO III	41
MATERIALES Y METODOS	41
3.1 LUGAR DE EJECUCION	41
3.2 MATERIA PRIMA E INSUMOS	41
3.2.1 Materia Prima.....	41
3.2.2 Insumos	42
3.2.3 Equipos y Materiales.....	42
3.2.4 Materiales y Equipos de Laboratorio	42
2.2.4.5 Reactivos	44
2.2.4.6 Otros.....	44
3.3 METODOLOGIA DE PROCESAMIENTO	45
3.3.1 Proceso de Extracción de Aceite de Tarwi	45
3.4 METODO DE ANALISIS.....	49
3.4.1 Materia Prima.....	49
3.4.2 Producto Final	52
3.4.3 Análisis Sensorial.....	61
3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	62
3.5.1 Diseño Central compuesto.....	62
3.5.2 Diseño Completamente al Azar	63
CAPITULO V	65
RESULTADOS Y DISCUCIONES.....	65
5.1 MATERIA PRIMA	65
5.1.1 Composición Físicoquímico del Tarwi Desamargado y Laminado	65
5.1.2 Composición Físicoquímica del Tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) Desgrasado.....	66
5.2 PARTE EXPERIMENTAL.....	68
5.2.1 Tipo de Solvente.....	68
5.2.2 Efecto de las Variables, Tiempo de Extracción y Cantidad de Muestra en el Rendimiento de Aceite de Tarwi (Lupinus mutabilis Sweet)	69
5.2.2 Determinación de las Características Físicoquímicos del Aceite de Tarwi..	73
5.2.3 Análisis Organoléptico del Aceite de Tarwi Crudo Obtenidos con el Solvente Orgánico Hexano	83

CAPITULO VI87
 CONCLUSIONES 87

CAPITULO VII88
 RECOMENDACIONES 88

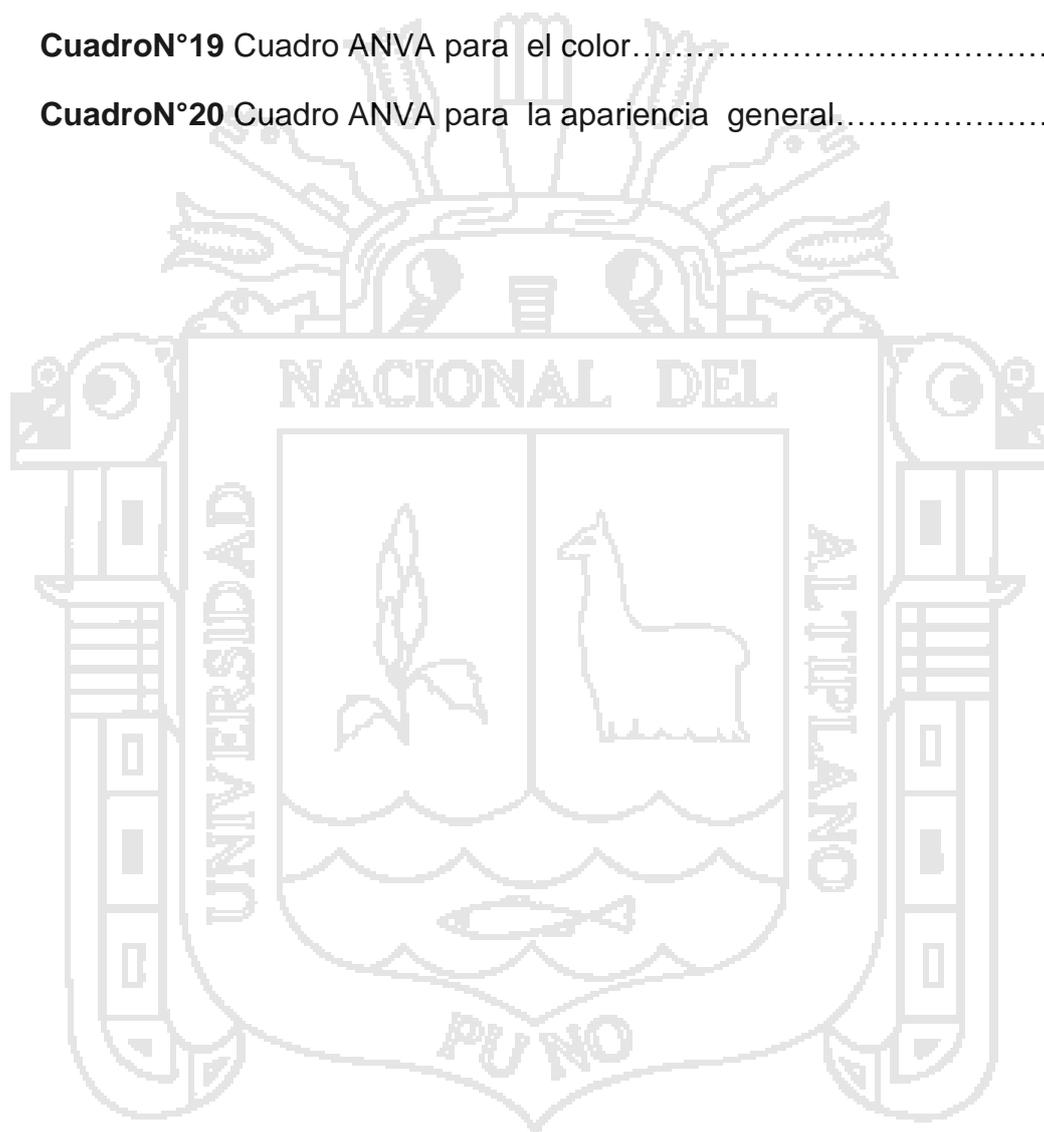
CAPITULO VIII89
 BIBLIOGRAFIA 89



INDICE DE CUADROS

CUADRO N°	Pag.
Cuadro N°1 Producción de Tarwi por Campaña en la Provincia de Yunguyo.....	7
CuadroN°2 Composición Química del Tarwi comparado con algunas semillas oleaginosas de Importancia.....	10
CuadroN°3 Análisis Proximal de los Constituyentes de los Granos del Tarwi.....	11
CuadroN°4 Características Físicoquímicas del Tarwi antes del Desamargado.....	12
CuadroN°5 Características físicoquímicas del Tarwi después del Desamargado.....	12
CuadroN°6 Composición química de la almendra y cascara de semilla de Tarwi.....	13
CuadroN°7 Composición química del Tarwi, Soya, y Frijol.....	14
CuadroN°8 Contenido de Aminoácidos en Chocho, Soya y Maní.....	16
CuadroN°9 Comparación de Composición de Ácidos Grasos del Aceite de Tarwi, Oliva y otros Aceites Vegetales.....	19
CuadroN°10 Propiedades físicas del Aceite de Tarwi.....	20
CuadroN°11 Clasificación de los Aceites según su Índice de Yodo.....	28
CuadroN°12 Niveles codificados y sus respectivos valores reales de los factores en estudio.....	66
CuadroN°13 Composición Proximal del Tarwi desamargado y laminado antes de la Extracción del aceite de Tarwi.....	68
CuadroN°14 Composición Proximal del Tarwi laminado después de la extracción Del Aceite de Tarwi.....	70

CuadroN°15 Análisis de Varianza (ANOVA) para el tiempo y cantidad de Muestra.....	76
CuadroN°16 Análisis Físico químico Obtenido de la muestra de Aceite de Tarwi crudo.....	77
CuadroN°17 Cuadro ANVA para el sabor.....	88
CuadroN°18 Cuadro ANVA para el olor.....	88
CuadroN°19 Cuadro ANVA para el color.....	89
CuadroN°20 Cuadro ANVA para la apariencia general.....	90



INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	Pag.
Figura N°1 Distribución del Cultivo de los Granos Andinos en el Perú	5
Figura N°2 Producción del Tarwi en el Departamento de Puno	6
Figura N°3 Composición de una Grasa o Aceite	24
Figura N°4 Molécula de Glicerol	24
Figura N°5 Cadena carbonada de un Acido Saturado	25
Figura N°6 Cadena carbonada de un Acido no saturado	26
Figura N°7 Desamargado Tradicional del Tarwi	31
Figura N°8 Desamargado de Tarwi proceso Cuzco	32
Figura N°9 Diagrama de Flujo para la Obtención de Aceite de Tarwi	36
Figura N°10 Flujo de proceso para la extracción de Aceite bruto de Tarwi	48
Figura N°11 Comparación de eficiencia en extracción del Hexano y éter de petróleo	72
Figura N°12 Superficie de respuesta que traduce el efecto del tiempo y cantidad de muestra para el rendimiento del aceite	73

INDICE DE TABLA

TABLA N°	Pag.
Tabla N° 1 Características físico químico de los aceites más comerciales	40
Tabla N° 2 Características de calidad para aceites especificados, no regulados y aceite de oliva según Normas CODEX y COI	42



RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado Extracción y caracterización del Aceite de Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) fue realizado en los laboratorios de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano y laboratorio de Análisis de suelos de la Estación Experimental Illpa-Puno, con el objetivo de determinar los parámetros de Extracción (Tiempo, Cantidad de muestra y Tipo de Solvente), determinar las características físico químicas (Acidez, Peróxidos, Colorimetría, Iodo, Saponificación, Insaponificación y Densidad) para el solvente con rendimiento óptimo y Caracterizar sensorialmente el Aceite de Tarwi Obtenido.

Se acopio la materia prima de la “Asociación de productores Agropecuarios Pampas verdes” de la Provincia de Yunguyo-Puno, de la campaña agrícola 2009-2010 cuyos granos fueron de coloración blanca. El flujo de trabajo para la extracción de aceite fue: Desamargado, hidratado, laminado, secado, enfriado y extracción del aceite con éter de petróleo y hexano. Se tuvo como variables independientes tiempo y cantidad de muestra con niveles máximo (8h,50g) y mínimo (4h,25g), los datos experimentales fueron analizados empleando metodología de superficie de respuesta del diseño central compuesto con 13 tratamientos, determinándose que el tiempo óptimo fue de 8 horas y 25 g de muestra dando como resultado 18.0974% de aceite.

Se determinó que el solvente con un rendimiento óptimo es el hexano a comparación del éter de petróleo. Los índices físico químico obtenidos del aceite son: 0.18 de ácido oleico, 5.12m.e.q.O₂/100 Índice de peróxidos, 184mg KOH/g de índice de Saponificación, 0.18 % de insaponificación, 0.919 g/ml de densidad y color (Amarillo: 77 y Rojo: 74.1); este aceite obtenido está dentro de los parámetros de las

normas establecidas para producción de aceites comerciales tales como las normas CODEX STAN, COI e ITINTEC. Para el análisis organoléptico se realizó la comparación del aceite extraído por el éter y hexano con el Diseño completamente al azar con 10 jueces, para cada atributo (color, olor, sabor y apariencia general), la apariencia general y el olor no son significativos pero el color y sabor son significativos para esto se aplicó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).



CAPITULO I

INTRODUCCION

El crecimiento poblacional de la humanidad se ha dado exponencialmente en los últimos años, lo cual ocasiona un aumento considerable en la demanda de aceites vegetales a nivel mundial y nacional. La producción nacional del aceite vegetal en el Perú ha estado en franco crecimiento a si en el 2005 creció 18% y en el 2006 16% llegando a las 200, 000 TN y el 2007 el crecimiento llego 205, 000 TN; en los países del primer mundo el consumo per cápita es de 24 y 9kg al año en el Perú. El mercado peruano de aceites vegetales es poco competitivo, motivo por el que el precio al consumidor de estos productos de cocina está en función de la importación y no en relación con el costo internacional de las materias primas.

El tarwi (*Lupinus mutabilis* Swet) se considera una planta oriunda del Perú, cuyo origen se remonta a las épocas pre incas, crece en alturas que fluctúan entre 1800 a 4900msnm., por lo que se puede limitar su producción como una planta no tradicional para otros lugares del mundo, por considerarse todavía una planta silvestre se puede mencionar que tiene un cultivo ecológico por qué no utilizan abonos artificiales para su cultivo. El contenido de Aceite, proteínas y carbohidratos en los granos de tarwi varía de acuerdo al lugar de siembra, altitud, latitud y a su coloración de la semilla, estas además pueden ser disminuidas por daños causados por heladas, variaciones de temperatura, sequias, etc. Por lo que podemos deducir que esta planta en el Perú no se

explota en forma de manejo de cultivos adecuados para su explotación industrial.

El hombre deriva la energía que precisa de tres principales elementos nutritivos: proteínas, grasas e hidratos de carbono; de estas tres, las grasas son las que tienen mayor valor energético, 9 Kcal, frente a 4 Kcal para proteínas e hidratos de carbono; por ello el consumo de grasa vegetal es la primera necesidad y muy importante componente de la dieta calórica y energética diaria para el ser humano. Además se destaca, también en su riqueza en vitaminas A y E.

Por las ya expuestas anteriormente en este trabajo investigación se tuvo como objetivo general la extracción y caracterización del aceite de tarwi (*Lupinus mutabilis* Swet).

Y sus objetivos específicos son:

- Determinar los parámetros de extracción (Tiempo, tipo de solvente y cantidad de muestra) para la obtención de aceite de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet).
- Determinar las características fisicoquímicas (acidez, Índice de peróxidos, colorimetría, Índice de Iodo, Índice saponificable, Índice insaponificable y densidad) del aceite obtenido de tarwi para el solvente con mayor rendimiento.
- Caracterizar sensorialmente el aceite de tarwi obtenido.

CAPITULO II

MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL

2.1 ASPECTOS GENERALES DEL TARWI (*Lupinus mutabilis* Sweet)

2.1.1 Tarwi

Colquehuanca, H. (1982), menciona que es una planta conocida en nuestro medio como Tauri, tarwi, chocho y ccequilla, ullush o lupinus que pertenece a la familia de leguminosas cuyo nombre científico es *Lupinus mutabilis* Sweet, tiene un tallo generalmente muy leñoso con una ramificación desde la base, de hojas digitales y flores de color azul, de frutos que son vainas o legumbres de alto contenido de saponinas, crece en forma estacionaria en nuestra región, considerada como una planta silvestre y es consumido por los pobladores lugareños y utilizado principalmente como alimento para animales. En las zonas alto andinas podemos notar que esta planta tiene un desarrollo en grandes cantidades muy resistente a las heladas y enfermedades.

2.1.2 Origen Genético del tarwi

Según Bruecher citado por Palacios, A., *et al* (2003), indica que al hacer un estudio descriptivo de la flora Peruana otorga una amplia distribución ecológica del género *Lupinus*, considerando alrededor de 20 especies que crece en condiciones ambientales diferentes existiendo una gran diversidad de biotipos que se encuentran mayormente en la vertiente Occidental del Perú (Matucana) ubicado a una altitud de 1800 a 2400 msnm. De este piso

ecológico hasta los 3900msnm. Se desarrollan la variedad *Lupinus mutabilis* y *Lupinus microphyllus*, este último caracterizado por ser una especie de tallos cortos con racimos capituliformes, constituidos por pocas flores y en estas estribaciones de la vertiente Oriental de los andes 4900 msnm. Se encuentran las especies *Lupinus penniculatus* y *Lupinus pulvinaris*.

2.1.3 Citogenética del Tarwi

Gustafsson citado por Darwin, A. (2008), se preocupó en analizar el número de cromosomas del *Lupinus mutabilis* y encontró que las especies americanas tiene seis cromosomas como valor y las especies mediterráneas tiene cinco cromosomas, posteriormente Darlington Analizo que las especies *Lupinus mutabilis* del tipo americano tiene doce cromosomas.

2.1.4 Situación de Cultivo del Tarwi

Espinoza, E. (2010), indica que el cultivo del tarwi en la sierra se localiza entre los 2800 a 3900msnm. Correspondiendo aproximadamente el 23% del área sembrada en la sierra norte entre los departamentos de Cajamarca, La libertad y Amazonas; el 42% en la sierra Central entre los Departamentos de Ancash, Huánuco y un mínimo porcentaje en Junín y el 35% en la Sierra del Sur, en los Departamentos de Cuzco, Puno y Apurímac. En la Figura 1, se observa la distribución del cultivo de Tarwi en el Perú.



Fig. 1. Distribución del cultivo de los granos andinos en el Perú.

FUENTE: Carrasco Citado por Edel, A. y Rosell, C. (2007).

MINAG (2011), indica que en el departamento de Puno existen cultivos de tarwi en la provincia de Carabaya, Chucuito, El Collao, Hunacane, Puno, Sandia y Yunguyo, tomando en cuenta que este último con 78.7% de producción en la campaña agrícola 2009 - 2010, tal como se observa en la Figura 2.

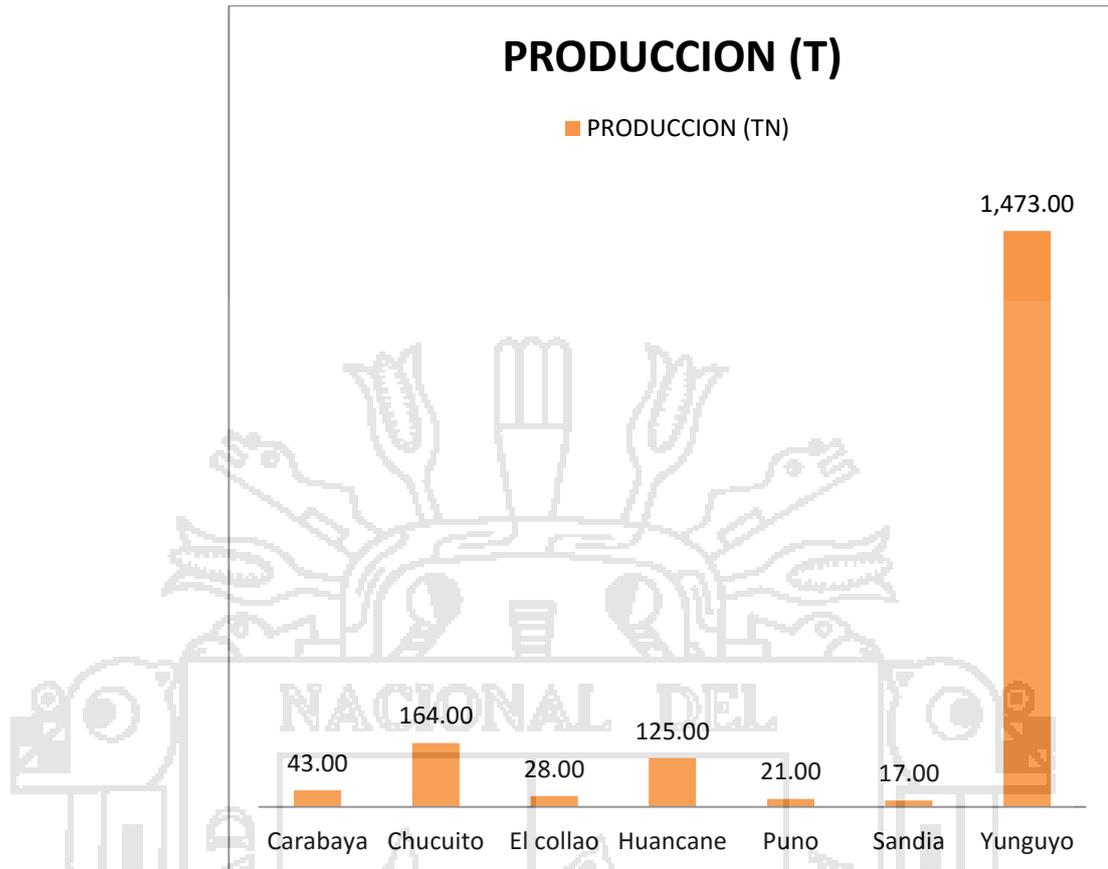


Fig. 2. Producción del Tarwi en el departamento de Puno

FUENTE: Ministerio de Agricultura (2011).

2.1.4.1 Producción del Tarwi

Según las series estadísticas del ministerio de agricultura (MINAG), en la Oficina de Información Agraria se dan a conocer a continuación en el Cuadro1, la producción del Tarwi de la campaña agrícola 2005 al 2010 en la provincia de Yunguyo.

En los últimos años este cultivo está adquiriendo importancia en la economía regional y revalorando su calidad nutricional.

Cuadro 1. Producción de tarwi por campaña en la provincia de Yunguyo

CAMPAÑA AGRICOLA	SUPERFICIE SEMBRADA (ha)	SUPERFICIE COSECHADA (ha)	PRODUCCION (t)	RENDIMIENTO (kg /ha)
2005-2006	1,126.00	1,126.00	1,426.00	8,892.20
2006-2007	1,133.00	1,133.00	1,462.00	9,081.56
2007-2008	1,150.00	1,150.00	1,399.00	8,589.05
2008-2009	1,136.00	1,136.00	1,394.00	8,656.63
2009-2010	1,149.00	1,149.00	1,463.00	8,971.42

FUENTE: MINAG (2011).

2.1.5 Ubicación Taxonomía

Según Engler; *et al* citado por Flores, (1998), indica que la clasificación sistemática del tarwi según la definición actual es como sigue.

- Orden : Rosales (Fabales)
- Sub-orden : Leguminosinae.
- Familia : Leguminosinae (Fabaceae)
- Sub-familia : Papilionaceae (Fabocidaeae)
- :Papilionatae, Lotoideae.
- Tribu : Genisteae.
- Sub-tribu : Genistinae (Crotalaninae).
- Género : Lupinus.
- Sub-genero : Eulupinus.
- Plantas anuales.
- Especie : *Lupinus mutabilis* SWEET.

2.1.6 Morfología de la Semilla de Tarwi

Palacios, *et al* (2003), En estudios realizados menciona que las semillas tiene la siguiente característica:

Semillas : 0.5 cm de diámetro

Peso : 0.2 – 0.3 g

Forma : Variada, redonda, ovalada y ligeramente Cuadrada.

Color : Colores diversos, blanco, amarillo, gris, ocre, pardo, castaño, marrón y combinados tipo marmoleado, media luna, cejas y salpicado

(LUPINUS. ORG.), Menciona que está recubierta por un tegumento endurecido principalmente de celulosa y hemicelulosa, su testa gruesa (cascara o testa) comprende alrededor del 12 %, es considerablemente alto para la mayoría de las especies domesticadas del grano.

Según Montes y Hurtado Citado por Flores, (1998), menciona que la estructura del grano de tarwi, está caracterizado en tres fracciones que constituye la semilla, obteniéndose los siguientes porcentajes promedio:

Cáscara : 10,20%

Cotiledón : 84,50%

Germen : 5,30%

Un kilogramo tiene 3500 a 5000 semillas. La variación en tamaño depende de las condiciones de crecimiento como del eco tipo o variedad.

2.2 COMPOSICION QUIMICA DE LAS SEMILLAS DE TARWI

Según GROSS, R., Citado por Flores, J. (1998), existe variaciones en cuanto a la composición química de las semillas de Tarwi, debido a la variabilidad genética y/o sus influencias ambientales, pero así también debido a los métodos y técnicas de análisis, las que pueden ser responsables de estas diferencias, recomendándose realizar estos análisis mediante técnicas duplicadas. En el Cuadro 3, se presenta los resultados de la composición química de cada una de las partes que constituye la semilla de tarwi, observándose, que en el cotiledón tiene un contenido de grasas superior al de la cascara y germen.

Cuadro 2. Composición química del tarwi comparado con algunas semillas oleaginosas de importancia (% de base seca)

SEMILLAS OLEAGINOSAS	PROTEINAS	ACEITE	FIBRA CRUDA	CENIZA
Soja	42,0	20,0	5,0	--
Semillas de Algodón	21,0	19,0	10,0	4,4
Semillas de Girasol	13,6	29,6	14,4	3,5
Semillas de Colza	20,0	51,0	5,5	3,5
Semillas de Tarwi	39,8	20,9	6,6	4,1

FUENTE: (ONUDI, 1974), Citado por FLORES, (1998).

Cuadro 3. Análisis proximal de los constituyentes de los granos del tarwi
(g por 100 g de muestra seca)

CONSTITUYENTE	HUMEDAD	PROTEINA	GRASA	CENIZA	FIBRA
Cascara	11,79	6,61	0,00	3,47	36,05
Germen	10,65	45,76	8,78	4,96	0,75
Cotiledón	9,56	48,82	20,05	3,83	0,45

FUENTE: MONTES, Citado por FLORES (1998).

En el Cuadro 2, se presenta la comparación en la composición química de la semilla de tarwi de procedencia Peruana con algunas semillas oleaginosas importantes como la soya, algodón, girasol y colza observándose que el contenido de proteína es mayor en la soya que solo el tarwi se aproxima y el contenido de aceite son similares, superado por la semilla de girasol. Destaca por otro lado el contenido de ceniza 4.1% siendo superada por la semilla de algodón.

Según Mayta, J. (2000), En un estudio realizado sobre desamargado del tarwi en un Reactor Air-lift, tomó como muestra semillas procedentes de la estación experimental Tahuaco. Los granos de tarwi se tomó sin clasificar y seleccionar con coloraciones diferentes en donde se realizó el estudio al cotiledón y germen por ser parte más importante se determinó que la proteína es a 39.87%, lo que indica que el grano de tarwi es una muy buena fuente de proteína y aceites que solamente puede ser comparado con la soya. A continuación se muestran comparaciones de composición química de la

semillas oleaginosas antes del proceso de desamargado y después, en los Cuadros 4 y 5.

Cuadro 4. Características fisicoquímicas del tarwi antes del desamargado

ANÁLISIS	RESULTADO
Humedad (b.s.)	8,245%
Humedad (b.h.)	0,0896
Materia Seca	91,76%
Proteínas (N*5,71) (b.s.)	39,87%
Aceites (b.s.)	16,91%
Alcaloides (b.s.)	3,46

FUENTE: MAYTA, (2000)

(b.s.): base seca
(b.h): base húmeda

Cuadro 5. Características fisicoquímicas del tarwi después del desamargado

ANÁLISIS	RESULTADO
Humedad ¹	7,36%
Proteínas (N*5,71) ¹	47,84%
Aceites ¹	21,37%
Alcaloides ²	0,57%
Alcaloides ³	0,03%

FUENTE: MAYTA, (2000)

¹ Datos correspondientes a una media de tres análisis.

² A las 12 horas de desamargado.

³ A las 18 horas de desamargado.

Flores, J. (1998), realiza análisis de composición química de la almendra y la cascara de la semilla de tarwi. En la almendra se aprecia alto porcentaje de proteínas (48,12% en base seca), de aceite (18,70% en base seca) y carbohidratos (20,63% en base seca), comparado con la composición de la cascara. Referente a la cascara, presenta un alto contenido de fibra (42,54% en base seca) y carbohidratos (47,08% en base seca), mientras que el contenido de aceite y proteína es bajo tal así como se observa en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Composición química de la almendra y cascara de la semilla de tarwi (en g por 100 g de producto)

COMPONENTES	ALMENDRA		CASCARA	
	BASE HUMEDA	BASE SECA	BASE HUMEDA	BASE SECA
Humedad	6,06		6,23	
Proteína (N * 6,25)	45,20	48,12	4,25	4,53
Grasa	17,56	18,70	0,74	0,79
Fibra	5,97	6,35	39,89	42,54
Cenizas	3,46	3,68	3,83	4,08
Alcaloides	2,37	2,52	0,92	0,98
Carbohidratos	19,38	20,63	44,14	47,08

FUENTE: FLORES, (1998)

Según Rodríguez, A. (2009), en los ensayos sobre los componentes químicos del grano de *Lupinus mutabilis* Sweet a veces se encuentran ambigüedades, incoherencias y hasta contradicciones, mismas que dificultan una evolución de los datos. Diferencias que pueden deberse a la variedad genética y a la influencia ambiental.

2.2.1 Proteína

Según Villagra, E. (1996) citado por Ríos, M. (2000), menciona que estudios señalan la importancia de esta leguminosa por su alto contenido de proteína en la planta principalmente en el grano. Mujica, *et al* (1998), indica que su contenido proteico es incluso superior al de la soya y su contenido en grasa es similar. En el Cuadro 7, se detalla el contenido de proteínas con otras semillas oleaginosas.

Cuadro 7. Composición química del tarwi, soya y frijol (g/100g)

COMPOSICION QUMICA	Tarwi	Soya	Frijol
Proteína	44,3	33,4	22,0
Grasa	16,5	16,4	1,6
Carbohidrato	28,2	35,5	60,8
Fibra	7,1	5,7	4,3
Ceniza	3,3	5,5	3,6
Humedad (%)	7,7	9,2	12,0

FUENTE: INCAP, Citado por MUJICA, et al. (1998)

wiki.sumaqperu.com (2010), en un artículo publica que las semillas son excepcionales nutritivas y el aceite constituye más de la mitad de su peso, un estudio hecho en 300 diferentes genotipos de semilla muestra que la proteína contenida varía de 41 a 51%. Quitándole la cáscara a la semilla y moliéndolo el grano se obtiene una harina constituida por 50% de proteína. En muestras desgrasadas y sin alcaloides el contenido de proteínas es muy elevado, 47 - 64%.

Según la FAO (1985), ha señalado que una proteína es biológicamente completa cuando contiene todo los aminoácidos esenciales en una cantidad igual o superior a la establecida para cada aminoácido de referencia o de patrón.

2.2.1.1 aminoácidos

La semilla de tarwi es particularmente valiosa, porque su proteína tiene una completa composición en aminoácidos que los otros cereales.

Según Díaz, E. Citado por Rodríguez, A. (2009), menciona que la distribución de los aminoácidos en el chocho es relativamente estable, presenta mayor contenido de triptófano y tirosina frente a la soja y el fréjol como se observa en el Cuadro 8, los aminoácidos como la metionina y la cisteína son los primeros limitantes, pero se puede equilibrar este déficit combinando el chocho especialmente con cereales ya que estos en cambio son deficientes en lisina.

Cuadro 8. Contenido de aminoácidos en chocho, soja, fréjol y maní

AMINOÁCIDO	CHOCHO	SOJA	FRÉJOL	MANI
Isoleucina	274	284	262	211
Leucina	449	486	476	400
Lisina	331	399	450	221
Metionina	47	79	66	72
Cisteina	87	83	53	78
Fenilalanina	231	309	326	311
Tirosina	221	196	158	244

Treonina	228	241	248	163
Trioptófano	110	80	-----	65
Valina	252	300	287	261
Argina	594	452	355	697
Histidina	163	158	177	148
Alanina	221	266	262	243
Acido Aspártico	685	731	748	712
Acido Glutámico	1372	1169	924	1141
Glicina	259	261	237	349
Prolina	257	343	223	272
Serina	317	320	347	299
Total de aminoácidos	6051	6157	5662	5887
Total aminoácidos Esenciales	2183	2457	2389	2026

FUENTE: VILLACRES, E., CAICEDO, C., PERALTA, E., Citado por RODRIGUEZ, A. (2009).

2.2.2 Aceites

Astiasarán, I., *et al* (2003), indica que Químicamente, las grasas y los aceites están formadas fundamentalmente por triglicéridos y por un pequeño porcentaje, en general menor del 3%, de otros lípidos saponificables complejos (como fosfogliceridos) y de lípidos no saponificables (terpenos y esterole).

Según Von Baer, (1993) Citado por Rosas, A. (1998), menciona que uno de los componentes valiosos presentes en la semilla de tarwi (*Lupinus mutabilis*), es el aceite, este aceite puede variar de acuerdo a la especie y estación del año.

Con respecto a la estación del año el contenido de aceite es superior en los *lupinus* invernales respecto a los primaverales.

Díaz, E., *et al* (1990), citado por Rodríguez, A. (2009), menciona que el contenido de aceite en tarwi es muy alto: 14 - 24 % tal como se observa en los Cuadros 3, 4 y 6, comparado con otras semillas oleaginosas la soya es la única que es casi igual en su contenido. Por su alto contenido en aceite entonces este oleaginosa hace factible para su extracción de aceite a nivel industrial. La calidad de aceite que se extrae del tarwi se sitúa entre el de maní y el de soja por su composición de ácidos grasos. (Edel, A. y Rosell, C., (2007))

Von Baer *et al* citado por Mayta, J. (2000), sostiene que el contenido de proteínas y el aceite está relacionado con la procedencia de las variedades, en donde los de madurez tardía que son del norte del Perú contiene menos aceite (18,24%) y son más ricas en proteínas (42,49%); mientras que los ecotipos del sur tienden a contener más aceite (19,19%) y menos proteína (41,00%); en el centro del Perú el contenido de aceite de las semillas de Tarwi fluctúa alrededor de 22,10 a 38,43% de proteínas.

2.2.2.1 Ácidos grasos

Cárdenas,(1977); Burbano y Col. (1982), Citado por Díaz, C. (1999), indica que en el aceite de tarwi, se ha comprobado que los ácidos grasos insaturados son los que se encuentran en mayor proporción y de estos principalmente el ácido oleico considerando que este ácido es importante desde el punto de vista fisiológico nutricional.

Castañeda, (1988) Citado por Rodríguez, A. (2009), menciona que la concentración del ácido linolénico en la semilla del *Lupinus mutabilis* es baja, característica que favorece a la conservación del aceite ya que este se oxida rápidamente y podría originar cambios indeseables en el sabor del aceite. La composición de ácidos grasos, a diferencia de los aminoácidos, depende fuertemente de las influencias ambientales, de manera que puede presentarse considerables variaciones según las localizaciones y los años.

En el Cuadro 9, se observa que el ácido oleico tiene una concentración mayor en el aceite de tarwi y oliva sabiendo que este ácido es famoso por sus efectos beneficiosos sobre la salud.

Cuadro 9. Comparación de composición de ácidos grasos del aceite de tarwi, oliva y otros aceites vegetales

ACIDOS GRASOS	FORMULA EMPIRICA	TARWI	OLIVA	SOYA	GIRASOL	ALGODÓN	COLZA	PALMA
Laurico	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	-	TR	TR	-	TR-0,1	-	ND-0,2
Mirístico	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	1,3	0,1	TR-0,2	TR-0,3	0,7-1,0	0,1	0,5-1,5
Palmítico	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	13,2	7,0 -17,0	9,9-12,2	5,6-7,4	21,4-26,4	2,8-5,1	43,1-46,3
Estearico	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	4,7	1,0 - 3,0	3,6-5,4	3,0-6,3	2,3-3,2	0,7-1,3	4,0-5,5
Aráquico	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	TR	0,1 - 0,7	0,2-0,6	0,3-0,8	0,2-0,4	0,2-1,0	0,1-0,4
Behénico	C ₂₂ H ₄₄ O ₂	TR	0,1 - 0,2	0,3-0,7	0,6-1,0	0,1-0,2	0,3-0,9	-
Lignocérico	C ₂₄ H ₄₈ O ₂	-	-	ND-0,4	0,2-0,3	0,1	0,1-0,3	-
Palmitoleico	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	1,4	0,3 - 3,0	TR-0,2	TR-0,1	0,3-1,1	0,2-0,5	0,3-0,4
Oleico	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	42,3	65,0-	17,7-25,5	14,0-34,0	14,7-21,4	9,8-49,8	36,7-40,8
Eicosenoico	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	-	85,0	0,2-0,3	0,1-0,2	0,1	2,6-9,4	ND-0,3
Erúsico	C ₂₂ H ₄₂ O ₂	-	0,1 - 0,2	ND-0,2	ND-0,2	-	5,0-51,6	-
	C ₂₄ H ₄₆ O ₂	-	-	-	-	-	0,3-1,1	-
Linoléico	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	34,1	-	50,5-56,8	55,5-73,9	46,7-57,7	13,0-22,9	9,4-11,9
Linolenico	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	3,1	4,0 -13,5 0,5 - 1,5	5,5-9,5	TR-1,3	0,1-0,2	7,0-10,3	0,1-0,4

FUENTE: FAO, Roma (1970); citado por GROSS, R., (1982) y FLORES, J., (1998).

TR =Trazas.

ND = No determinado.

2.2.2.2 Características físicas del Aceite de Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet)

El aceite de tarwi es de color claro lo cual hace aceptable para su uso doméstico; A continuación se muestra algunas características físicas donde Castillo, M. (1979), Citado por Flores, J. (1998), determina el color del aceite utilizando el colorímetro Lovibond Schofield Tintometer, obteniendo valores de:

Amarillo : 19,0

Rojo : 3,2

Brillantez : 40,5 %

Cuadro 10. Propiedades físicas del aceite de tarwi

PROPIEDAD	VALOR
Peso específico, a 25° C.	0,9201
Índice de refracción n_{25}^D	1,467
Viscosidad, a 25° C	50,0 cP
Punto de fusión	-3° C a -5° C
Calor específico	0,51 Kcal/Kg° C
Color (Lovibond)	3,2 R
	19,0 A

FUENTE: Castillo, M., 1979 Citado por FLORES, J., 1998.

2.2.3 Carbohidratos

Astiasarán, I., *et al* (2003), indica que los hidratos de carbono son los componentes más abundantes en los alimentos y los más ampliamente distribuidos. Se encuentran en muy pocos alimentos en forma libre, ya que lo normal es que se integre en estructuras complejas o estén combinadas en otras moléculas complejas

La semilla de lupino es de bajo contenido de carbohidrato; Flores, J. (1998), hace una comparación entre la almendra y la cascara de la semilla de tarwi, en la cascara se apreció un alto porcentaje de carbohidratos 47.08% en base seca y 44.14% en base húmeda con respecto a la almendra presenta un bajo contenido 20.63% en base seca y 19,38% en base húmeda de carbohidrato tal como se observa en el Cuadro 6; posteriormente hizo otra comparación con la harina desgrasada de tarwi luego de su extracción de aceite con hexano representando entonces 37,93 % en base seca y 33.68 % en base húmeda de carbohidrato .

2.2.4 Minerales

Orozco, J. (2009), indica que el grano de tarwi contiene 32 mg/100g de calcio, 2.5 mg/100g de hierro, 1g/100g de fibra bruta. El contenido de fibra de la semilla no es excesivo, pero se estima el grano representa una valiosa fuente de fosforo, magnesio y zinc. El calcio se encuentra principalmente en la cascara, mientras que el fósforo se encuentra en el núcleo. La relación calcio - fósforo tras el descascarado del grano.

2.2.5 Vitaminas

Las vitaminas son compuestos orgánicos de estructura muy variada, que desempeñan en el organismo humano funciones específicas, pero que son vitales para las células y tejidos corporales.

Para el *Lupinus*, las variedades dulces presentan un alto porcentaje de caroteno, que es responsable de darle el típico color amarillo a la harina (Villagra, 1996 Citado por Ríos, M., 2000) y por ser vitamina A que favorecen al depósito de pigmentos tanto en los pies y como en el color de la yema de los huevos en los pollos (Cárdenas, 1977 citado por Campillo, C. 1999).

2.2.6 Sustancias Antinutritivas

Rosas, A. (1998), menciona que un antecedente de importancia, en la presencia de las semillas del *lupino* de sustancias antinutricionales. Como toda las semillas leguminosas, también en el grano de chocho se halla algunas sustancias antinutritivas, que limitan el uso directo de grano crudo en alimentación humana y animal; (Rodríguez, A. 2009), en el caso del *lupinus*, además de los alcaloides, se han detectado otras sustancias antinutritivas como son los Inhibidores de proteasas, Hemaglutininas y Glucósidos cianogénicos, los cuales están en cantidades mínimas y no producen problemas en las aves, Cassienello y Martinez, (1982); Carrillo, 1995 citado por Rios, M.(2000).

2.2.6.1 Alcaloides

Constituye su principal obstáculo para la utilización directa, ya que su alto contenido determina que los granos sean tóxicos y amargos.

2.2.6.2 Inhibidores de proteasas

Tiene la propiedad de inhibir la actividad proteolítica de ciertas enzimas.

2.2.6.3 Hemaglutinas

Que son proteínas que coagulan o aglutinan los glóbulos rojos y reaccionan como una especie de anticuerpo.

2.2.6.4 Glucósidos Cianogénéticos

Que liberan ácido cianhídrico por acción enzimática, sin embargo su concentración en el chocho no tiene importancia desde el punto de vista.

2.3 ACEITES VEGETALES

2.3.1 Composición de Aceites Vegetales

Químicamente son ésteres de glicerol y tres ácidos grasos.

La mayor fuente de aceites está constituido actualmente por las semillas de las plantas anuales, tales como lino, soja, algodón, cacahuete, etc. y la segunda fuente de aceites vegetales son ciertos árboles productores de frutos oleaginosos, entre los del cocotero, palmera, olivo, etc.

Bailey, E. (1984), menciona que los aceites, por ser constituyentes esenciales de toda las plantas y animales, están ampliamente distribuidas en la naturaleza. Todas las especies de plantas y animales producen alguna clase

de aceite, durante su ciclo vital. Sin embargo, las plantas y animales que producen aceite en cantidad suficiente y en forma tal, como para constituir un artículo comercial, son relativamente pocas en número. El término grasa y aceite se han utilizado como sinónimo, puesto que ambas sustancias poseen la misma estructura química básica. Se forman por la unión de tres ácidos grasos con una molécula de glicerina, tal como se muestra en la Figura 3. Por ello también son llamados triglicéridos. Todas las grasas son insolubles en agua teniendo una densidad significativamente inferior (Flota en el agua).

A demás la mayoría de las grasas de semillas vegetales, liquidas a temperatura ambiente, son aceites. (Robinson, D. 1991).

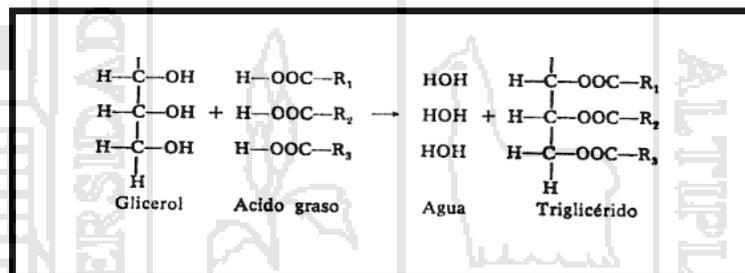


Fig. 3. Composición de una grasa o aceite

FUENTE: LAWSON, H. (1999)

2.3.1.1 Glicerol

Fisher, H. (1991), indica que también conocido como propanotriol, glicerol o glicerina ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$), es un alcohol con tres grupos hidroxilos (-OH), por lo que podemos representar la molécula tal como se presenta en la Figura 4.

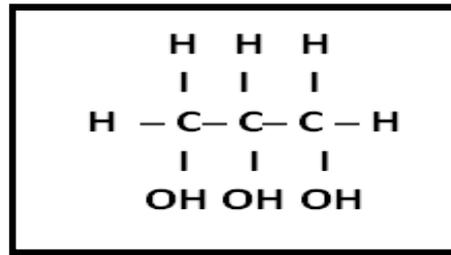


Fig. 4. Molécula de glicerol.

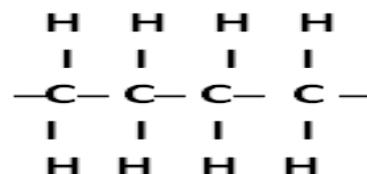
FUENTE: LAWSON, H. (1999)

2.3.1.2 Ácidos grasos

Fisher, H. (1991), menciona que un ácido graso es una biomolécula de naturaleza lipídica formada por una larga cadena hidrocarbonada lineal, de número par de átomos de carbono, en cuyo extremo hay un grupo carboxilo (-COOH).

a.- Ácidos grasos saturados

Hernández, M. y Sastre, A. (1999), menciona que son los que están formados por cadenas de átomos de carbono unidos entre sí por enlaces sencillo, carecen de doble y triple enlace, lo que les permite cristalizar fácilmente y ser sólidos a temperatura ordinaria. Todas las grasas animales, con excepción de la procedente de los pescados, son saturadas y en el reino vegetal, solo los aceites de palma, coco y palmiste. Velásquez, G. (2006), los ácidos grasos saturados tienen los carbonos completamente saturados con hidrógeno, tal como se observa en la Figura 5.



FUENTE: LAWSON, H. (1999)

b.- Ácidos grasos insaturados.

Estos ácidos se clasifican según el número de dobles enlaces y de hidrógeno en la cadena de carbonos, es decir a menor número de hidrógeno menos saturación, tal como se observa en la Figura 6. A causa de la presencia de los dobles enlaces estos ácidos son más reactivos químicamente que los que los ácidos grasos saturados.

Velásquez, G. (2006), menciona que si un alimento contiene mayor proporción de ácidos grasos insaturados, se requiere menor temperatura para alcanzar el punto de fusión. Tienen origen preferentemente en aceites vegetales (aceite de oliva, aceite de las semillas de girasol o maíz, así como en los frutos secos grasos y aguacates), dentro de estos ácidos grasos insaturados existen los llamados “ácidos grasos esenciales” caracterizados por ser necesario en la dieta diaria, ya que el hombre no puede sintetizarlos, que es necesario para el normal funcionamiento del organismo su deficiencia puede acarrear graves trastornos, (Baeza, M., *et al*, 2009).

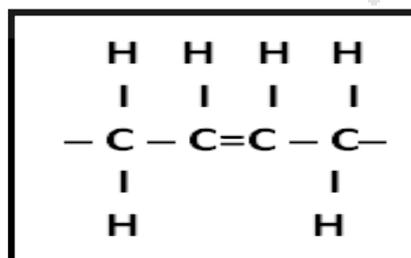


Fig. 6. Cadena carbonada de un ácido no saturado.

2.3.2 Clasificación de Aceites

Anderson, F. y Yepes, P. (2009), mencionan que las sustancias grasas del reino vegetal pueden dividirse en tres grupos:

2.3.2.1 Aceites Secantes:

Todos los aceites de esta serie en capa delgada, tienen la propiedad de absorber el oxígeno del aire, por eso se secan fácilmente en forma de una película elástica, antes de descomponerse. Sus ácidos característicos son el ácido linólico y ácido linolenico, los cuales se encuentran en gran cantidad, también tiene el elevado número de Iodo. En este grupo se considera los aceites de Lino, cáñamo, adormidera, nueces y otros.

2.3.2.2 Aceites semi secantes:

Estos aceites forman por la acción del oxígeno una masa espesa algo viscosa; muchas veces se secan, pero antes de hacerlo se descomponen, contienen cantidades considerables de ácido linólico. Se incluyen en este grupo los provenientes de crucíferas como la colza, rábano, mostaza; también está el de algodón, maíz, sésamo, cucurbitáceas (calabaza, pepitas de melón y sandía), el de palma, girasol y soya.

2.3.2.3 Aceites no secantes:

Son aquellos que la temperatura ordinaria son muy poco o nada secantes; antes de secarse por acción del aire se descomponen. Su descomposición es principalmente de glicéridos de los ácidos oleicos, esteáricos y palmíticos. Los

aceites que se encuentran en este grupo son el de Oliva, ricino, almendra, cacahuete y de avellanas.

Cuadro 11. Clasificación de los aceites según su índice de yodo

Índice de Yodo	Tipos de grasa o aceite	Ejemplo (Valor)
<100	No secante	Aceite de Oliva (84)
100 a 140	Semi secantes	Aceite de Girasol
>140	Secante	(132) Aceite de Linaza

FUENTE: ANDERSON, F. y YEPES, P., (2009).

2.3.3 Extracción de Aceites Vegetales

La extracción de aceites vegetales presenta mayores dificultades, ya que las plantas y sobre todo las semillas oleaginosas, contienen considerables cantidades de productos sólidos asociados con los aceites. Para separar eficazmente el aceite de los sólidos es necesario pulverizar cuidadosamente el material, seguido de un tratamiento térmico de este y aplicación de elevadas presiones. (Bailey, E., 1984)

Según Brennan, *et al* (1970), para la obtención de aceites de semilla o frutos secos, se utiliza la extracción con disolventes. Con este método se obtiene una extracción más completa que la lograda por prensado, quedando la materia prima con un porcentaje de aceite no extraído del orden de 0.5 a 1%. El tiempo mínimo de extracción de aceite es 4 horas que es un tiempo necesario para extraer la grasa, (Flórez, E. 1988).

2.3.3.1 Pre - procesamiento de las Semillas de Tarwi

Gross, R. *et al* (1974), menciona que por miles de años el *lupinus* ha sido utilizado por agricultores andinos, desamargando los granos con agua. El desamargado es un proceso para eliminar componentes tóxicos (alcaloide) de la semilla de tarwi.

Según Tapia, M. (1990), los métodos para eliminar los alcaloides pueden dividirse en tres grupos que a continuación mencionamos:

- **Desamargado con agua:** el método tradicional
- **Desamargado con alcohol:** a la torta del tarwi a la que se le ha extraído la grasa se le extraen luego los alcaloides con etanol.
- **Gasificación con etilenoóxido:** este método es muy costoso y ha sido utilizado solo en forma experimental en el laboratorio.

Edel, A. y Rosell, C. (2007), mencionan que actualmente solo se utiliza el método tradicional que puede mejorarse en algunos aspectos. El método “Cuzco” ha introducido algunas modificaciones en el método tradicional, realizando el desamargado más velozmente y con menor pérdida de los nutrientes.

a.- Desamargado tradicional con agua

Comienza con la limpieza y selección de los granos tal como se observa en la Figura 6. En este proceso el grano es sumergido en agua durante 24 horas hasta que todo el grano se haya hidratado o bien se realiza el proceso de cocción directamente entre 45 a 60 minutos. El proceso térmico es

indispensable para destruir la capacidad germinativa del grano, para interrumpir las descomposiciones enzimáticas y bacterianas, así como para reducir la pérdida de proteínas mediante la coagulación de las mismas y facilitar el lavado físico de los alcaloides. A veces se añade también cal al agua de cocción. Esto facilita el desamargamiento, puesto que la cáscara de células del grano se disuelve con la cal, lo que permite que los alcaloides sean extraídos más fácilmente. Finalmente se coloca los granos de tarwi en agua corriente, a fin de lavar completamente los alcaloides restantes. Este proceso dura entre 3 – 5 días hay que tener cuidado de no sobre pasar este tiempo puesto que la pérdida de masa seca podrían ser demasiado grandes. Con este método los alcaloides son eliminados hasta un 99% pero este proceso trae como consecuencia la eliminación de otras sustancias tales como hidratos de carbono (azúcares) y algunas proteínas, llegándose a tener una merma de 40% del peso en grano seco.

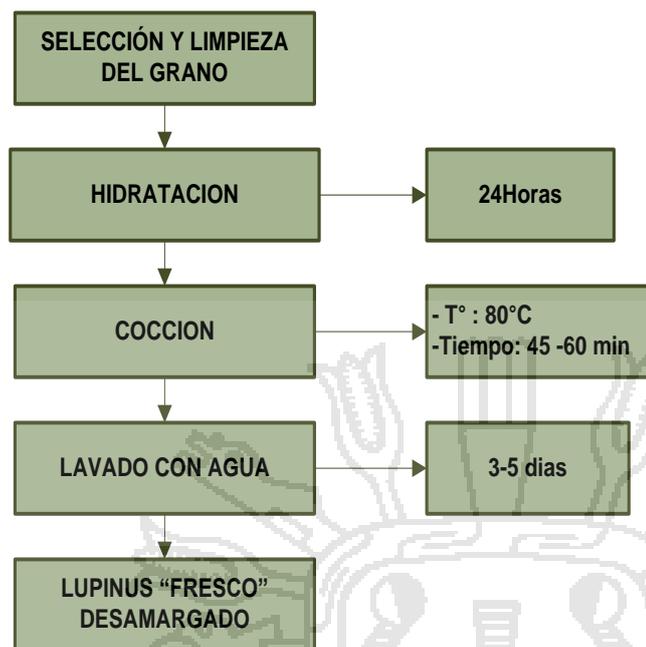


Fig. 7. Desamargado tradicional del tarwi.

FUENTE: TAPIA, M. (1990)

b.- Desamargado según el procedimiento Cuzco

Según procedimientos desarrollado por Tapia, M. (1990), indica que se remoja el grano de *lupinus* en una poza de agua circulante durante 18 a 24 horas. La semilla remojada se somete a un proceso de cocción en olla de presión por 40 minutos y dos veces con cambio de agua en cada caso. La incorporación de 50g de legía (ceniza de quinua) acelera el proceso de desamargado. Posteriormente los granos de tarwi se someten a un lavado mecánico, donde las semillas se agitan en canastilla cada 10 minutos por cada hora para garantizar una buena turbulencia, acelerando de esta manera el lavado en un tiempo de 12 a 48 horas. Finalmente en grano desamargado se seca expuesta al sol de 1 a 2 días; tal así como se observa en la siguiente Figura 7.

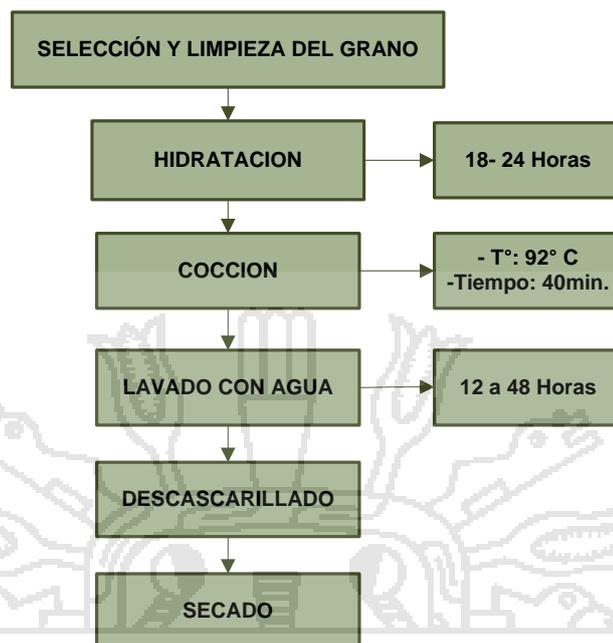


Fig. 8. Desamargado del Tarwi según el procedimiento cuzco.

FUENTE: COLQUEHUANCA, H. (1982)

2.3.3.2 Extracción del Aceite de Tarwi por Solvente

Bailey, E. (1984), menciona que en los prensados más eficaces, la torta retiene, por absorción, cantidades apreciables de aceite, que pueden llegar a ser de 4 al 7% de su peso. Cuando se parte de semillas o frutos que contienen grandes cantidades de aceite y pequeña de sólidos, el aceite que queda sin extraer, en el residuo, es solo una mínima fracción del total, sin embargo cuando se trata de semillas oleaginosas como la soya, con bajo contenido de aceite, el que queda en el residuo puede llegar a ser del 20 al 25% del total. En estos casos conviene extraer con disolventes, este aceite retenido, consiguiéndose, por este procedimiento, disminuir el porcentaje a menos de 1%.

Valderrama, J., *et al* (1994), refiere que la extracción por solventes es una típica operación de transferencia de masa, donde el solvente penetra en el sólido y el aceite contenido en él se hace miscible con el solvente. Este proceso es tanto más rápido cuando menos aceite contiene el disolvente y la cantidad extraída será mayor cuanto más grande es la diferencia de concentraciones. Por esto, es ventajoso no dejar el disolvente en contacto con el material hasta la completa extracción, si no reemplazarlo por disolventes frescos.

Cuando la extracción de aceites se realiza mediante la técnica de solventes, el contenido de aceite en la torta es menor y por lo tanto la calidad, en términos de concentración proteica como alimento balanceado será menor (Martínez, H. 2006).

a.- Disolventes

Son sustancias que es capaz de distribuir la agregación de las moléculas de un cuerpo soluble o también se le puede decir que es un componente que se halla en mayor proporción en una mezcla homogénea.

Según Mehlenbacher, V. (1979), el procedimiento de estimación de la grasa por la extracción de la materia de origen con un disolvente, evaporación de este y determinación gravimétrica del residuo es uno de los más antiguos del análisis de grasas. El disolvente ideal para una extracción cuantitativa de grasa debe poseer las siguientes características:

- a. Tener un alto poder disolvente para las grasas.

- b. Tener un bajo o nulo poder disolvente para sustancias como grasas, tales como proteínas, aminoácidos, esteroides, hidratos de carbono y fosfolípidos.
- c. Evaporarse rápidamente y no dejar residuos.
- d. Tener relativamente un bajo punto de ebullición.
- e. No ser inflamable.
- f. No ser tóxico, tanto en estado líquido como en vapor.
- g. Penetrar fácilmente en las partículas de la muestra.
- h. Estar compuestos de un solo componente o ser una mezcla isotrópica para evitar la posibilidad de fraccionamiento.

Es evidente que es difícil satisfacer los requisitos para una disolución ideal, por tanto elegir las disoluciones que tengan características de la mayor importancia.

- **Éter de petróleo ((CH₃)₃COCH₃)**

El éter de petróleo también conocida como bencina, nafta es una mezcla líquida de diversos compuestos volátiles, muy inflamables, de la serie homóloga de los hidrocarburos saturados o alcanos; se emplea principalmente como disolvente no polar. Tiene una densidad relativa comprendida entre 0.6 y 0.8, en función de su composición. Este solvente se encuentra en estado líquido, incoloro, leve olor a hidrocarburo con una temperatura de ebullición de 35 a 60°C. (Corpoica.ORG, 2012)

Valderrama, J. (1994), realizó una serie de pruebas con distintos tipos de solvente a fin de determinar el más adecuado, se usó cloroformo, éter de

petróleo, diclorometano y éter etílico, las pruebas se realizaron con y sin calentamiento del solvente tanto como para semillas molida y como para enteras. De los solventes utilizados se determinó que el más adecuado era el éter de petróleo tanto eficiencia como su selectividad para extraer el aceite puro. Su temperatura de ebullición es de 35 a 38 °C (Mehlenbacher, V. (1979)).

- **Hexano (C₆H₁₄)**

El hexano es un derivado del petróleo y se obtiene de ellos mediante destilación fraccionada. Este solvente se caracteriza por ser un líquido incoloro, volátil, inflamable, con olor característico que recuerda ligeramente a la gasolina. Es insoluble en agua y más ligero que ella. Soluble en gran parte de los disolventes orgánicos tales como éter y cloroformo. Actúa como disolvente de cera, grasas, resina, etc. Su temperatura de ebullición es de 68.7°C. (Siafa.com 2012).

Según Conti, P., *et al* (2006), el solvente utilizado para la extracción de aceite de soya es el hexano por ser un excelente disolvente para aceites y presentar bajo punto de ebullición, entre 63 y 69 °C, a pesar de ser extremadamente toxico e inflamable, Ravgnani, R., *et al* (2001).

2.3.3.2.1 Operaciones de Procesamiento para la Extracción de Aceite de Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) con solvente

Flores, J. (1998), realizo un trabajo de investigación en donde extrae el aceite por el método tradicional, este método se emplea en las semillas oleaginosas tradicionales como la soya, girasol, etc. tal como se observa en la Figura 9.

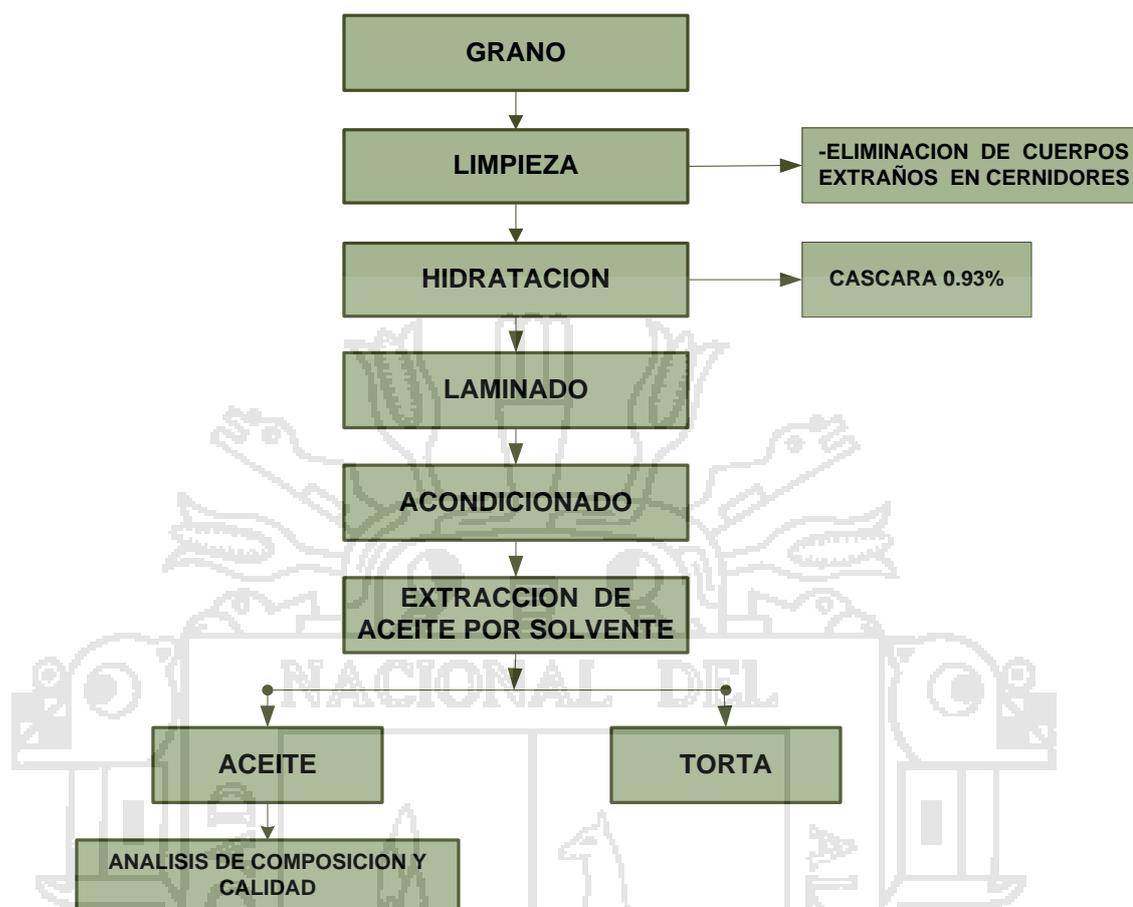


Fig. 9. Diagrama de flujo para la obtención de aceite de tarwi.

FUENTE: Gross, R. (1982) Citado Por Flores, J. (1998)

- a) **Limpieza:** El primer paso en la manipulación de las semillas oleaginosas es su limpieza, para separar los productos extraños. Por medio de cribas planas o tambores rotatorios, se separan estacas, tallos, hojas y demás desechos al igual que la tierra y suciedad. Las partículas de hierro se eliminan por imanes electromagnéticos, instalados en cintas transportadoras (Bailey, E. 1984). Estas sustancias extrañas pueden comunicar color, olor, sabor al aceite disminuyendo así su calidad, (Gross, R., Citado por Flores, J. 1998).

b) Descascarillado: Bailey, E. (1984), indica que antes de la extracción del aceite, las semillas deben descascarillarse, si es posible. La cascarilla no suele contener aceite; corrientemente no más del 1% y solo la linaza contienen un 22%. Si la cascarilla no se separa de las semillas, antes de la extracción, el rendimiento en aceite disminuye, por absorción en la torta, aparte de restar capacidad a la instalación. Se descascarilla con la finalidad de exponer el germen más cotiledón al solvente, facilitando de esta manera la extracción del aceite, (Gross, R., Citado por Flores, J. 1998).

c) Acondicionamiento: Consiste en calentar la semilla y humedecer para facilitar la formación de láminas y la extracción del aceite por solvente. Según Castillo, M. 1979 citado por Flores, J. (1998), manifiesta que dentro de las semillas oleaginosas existen muchas sustancias con carácter tenso activo como, fosfatidos y ácidos grasos libres y el grado en que lleguen a activarse durante el acondicionamiento, influyen en la tendencia de la semilla a absorber y retener aceite, haciéndose el acondicionamiento además de dar propiedades plásticas a la semilla para el laminado. Con un tratamiento térmico de 20 minutos a una temperatura de 108 °C, se logra a obtener una hojuela de tarwi con propiedades plásticas. Según Bailey, E. (1984), el tratamiento térmico tiene la finalidad de coagular las proteínas de las paredes de las células oleaginosas y hacerlas permeables al paso del aceite.

d) Laminado: La transformación de las semillas oleaginosas en partículas pequeñas facilita la extracción del aceite ya sea por prensado mecánico y por la acción de disolventes. Existen diversas opiniones sobre si la molturación o trituración de las semillas oleaginosas rompe en realidad grandes cantidades de células oleaginosas es decir que la semilla triturada rinde mayores fracciones de aceite “fácil extracción”, por tratamiento con disolventes y menos porción de un aceite que se extrae con mayor dificultad (corrientemente del 100 al 30%), Bailey, E. (1984).

e) Extracción de aceite por solventes: Ravgnani, R. *et al* (2001), menciona que una vez acondicionada las semillas oleaginosas, se procede a extraer el aceite. La extracción del aceite ocurre en el aparato extractor Soxhlet en donde el solvente puro pasa por dentro del lecho de la semilla oleaginosa laminada y extrae el aceite contenido en su interior. Como resultado se obtiene una mezcla líquida, conocida como micela, compuesta de aceite, solvente y otra sólida, compuesta por solvente y una cantidad residual de aceite y farelo. En seguida el proceso se divide en dos frentes: La recuperación del solvente contenido en el farelo y la separación y purificación del aceite contenido en la micela.

Extracción mediante aparato de Soxhlet

Lamarque, A., *et al* (2008), indica que es un método de extracción continuo que se utiliza para materiales sólidos. Consiste en colocar el material a extraer,

previamente molido y pesado, en un cartucho de celulosa que se introduce en la cámara de extracción, conectadas por una parte a un balón de destilación y por otra a un refrigerante, cayendo sobre el material. Cuando alcanza el nivel conveniente sifona por el tubo regresando al balón. El proceso se repite hasta conseguir el agotamiento deseado del material.

Frías, L., *et al* (1991), menciona que el sistema de extracción SoLxlhet consta de tres elementos de vidrio que a continuación se detalla:

A. Un matraz de fondo plano, donde se ha de recoger la grasa que se extrae de la muestra que se va a analizar.

B. Un cuerpo central o extractor, donde se introduce la muestra deseada con su filtro.

C. Un refrigerante de reflujo, adaptado al anterior por medio de un cierre esmerilado y con la correspondiente entrada y salida de agua.

2.4 FACTORES DE COMPOSICION FISICO QUIMICO Y CALIDAD DEL ACEITE

2.4.1 Características físico Químicos

CODEX STAN 210 (1999), indica que la identidad del aceite es un conjunto de rasgos propios que los caracterizan frente a los demás, donde deben estar comprendidos dentro de los márgenes de las normas establecidas. Existe una gran serie de propiedades e índices que en su conjunto revelan el grado de identidad y conservación del aceite ellos son:

- Densidad

- Índice de saponificación
- Índice de lodo
- Índice Insaponificable
- Colorimetría

Las características físico químico de algunos aceites figura en la Tabla 1.

Tabla 1. Características Físico químico de los aceites más comerciales

Físico químico	Aceite de maní	Aceite de palma	Aceite de colza	Aceite de soya	Aceite de girasol	Aceite de oliva
Densidad relativa (x°C/agua a 20° C)	0.912 – 0.920 X=20°C	0.891-0.899 X=50°C	0.910 – 0.920 X=20°C	0.919 – 0.925 X=20°C	0.909 – 0.915 X=20°C	0.910 – 0.916 X=20°C
Índice de saponificación (mg KOH/g de Aceite)	187 - 196	190 - 209	168 - 181	189 - 195	188 - 194	184 - 196
Índice de lodo	86 -107	50.0 – 55.0	94 - 120	124 - 139	118 - 141	75 - 94
Índice insaponificable (g/Kg)	≤10	≤12	≤20	≤15	≤15	≤15

FUENTE: CODEX STAN 210 (1999) y CODEX STAN 33 (1981)

2.4.2 Características de Calidad del Aceite

COI (2003), la Calidad es un conjunto de atributos que hacen referencia de una parte a la presentación, composición y pureza, tratamiento tecnológico y conservación que hacen del alimento algo más o menos aceptable al consumidor y por otra parte el aspecto sanitario y el valor nutritivo del alimento.

Son determinantes de la calidad:

2.4.2.1 Características Organoléptica: Según el CODEX STAN N° 19 (1981), el color debe ser característico del producto designado, en cuanto al olor y

sabor deben ser característicos del producto que deben de estar exento de olores y sabores extraños o rancios.

2.4.2.2 Acidez Libre: Determina la cantidad de ácidos grasos libres, expresado en ácido oleico. El valor máximo admitido por la reglamentación de las INTINTEC es de 0.20% de ácido oleico. La acidez es una anomalía que tiene su origen principalmente en el mal estado de los frutos, mal tratamiento o mala conservación. El grado de acidez o índice de acidez es un cálculo de los ácidos grasos libres presentes en el aceite expresado en tanto por ciento de ácido oleico.

2.4.2.3 Índice de Peróxido: Su valor determina el estado de oxidación e indica el deterioro que pueden haber sufrido ciertos componente de interés nutricional, como es la vitamina E. Se mide en meq de oxígeno activo por kg y el valor limitante para el consumo es de 20. Es un índice usado en química de aceite que indica el estado primario de oxidación de los ácidos grasos, es decir cantidad de oxígeno activo (peróxido) que tiene una sustancia con capacidad oxidativa.

Según Bailey, E. (1984), al avanzar el estado de oxidación de un aceite desaparece los peróxidos dando lugar a otros productos, es posible que un aceite muy alterado tenga un bajo índice de peróxidos.

En el siguiente cuadro ilustramos los índices de calidad de los aceites según normas CODEX para aceites especificados, no regulados y las normas COI para aceite de oliva:

Tabla 2. Características de calidad para aceites especificados, no regulados y aceite de oliva según normas CODEX y COI

INDICE DE CALIDAD	CODEX STAN 210 PARA ACEITES ESPEFIFICADOS	CODEX STAN 19 PARA ACEITES NO REGULADOS	NORMAS COI (Aceite de oliva virgen extra)
Índice de Acidez			
-Aceite refinado	-0.6mg de KOH/g de Aceite	-0.6mg de KOH/g de Aceite	≤0.8% mm expresada en ácido oleico
-Aceite prensado en frío y virgen	-4.0 mg de KOH/g de Aceite	-4.0 mg de KOH/g de Aceite	
-Aceite de Palma vírgenes	-10.0mg KOH/g de Aceite		
Índice de Peróxidos			
-Aceites refinados	-Hasta 10meq de O ₂ /Kg de aceite		≤20 m.e.q. de O ₂ /Kg de aceite
-Aceite prensado en frío y vírgenes	-Hasta 15meq de O ₂ /Kg de aceite	-Hasta 15meq de O ₂ /Kg de aceite	
-Otras grasas y aceites		-Hasta 10meq de O ₂ /Kg de aceite	

FUENTE: CODEX STAN 210(1999), CODEX STAN 19(1981) y COI(2003)

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCION

El presente trabajo de investigación se realizó en los siguientes lugares:

- a. Laboratorio evaluación nutricional de la carrera profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA), (Extracción de aceite de tarwi y análisis fisicoquímico)
- b. Laboratorio de pastas y harinas de la carrera profesional de ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA), (Análisis Organoléptico).
- c. Laboratorio de pastos y forrajes del Instituto Nacional de Investigación Agraria Salcedo (INIA), (Determinación del color del aceite de tarwi y análisis proximal de la torta desgrasada).

3.2 MATERIA PRIMA E INSUMOS

3.2.1 *Materia Prima*

El grano de Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), utilizado en el estudio procedente de la Estación experimental Yunguyo de la “Asociación de productores agropecuarios Pampas Verdes” de la Provincia de Yunguyo – Puno, cosechado en la campaña agrícola 2009 – 2010, cuyos granos presentan una coloración blanca y con una uniformidad en el tamaño de las semillas.

3.2.2 Insumos

Los insumos que se utilizaron fueron los siguientes:

- Almidón

3.2.3 Equipos y Materiales

3.2.3.1 Equipos y materiales

- Balanza Analítica (marca METLER TOLEDO, de capacidad min. 0,01g y max. 210gm.)
- Estufa (Marca FANEM 315-SE)
- Hornilla de Digestión (Marca CREDIT UNGARO)
- Termómetro digital (Marca HANNA c/SEM. 1MT, -50 a +150°C)
- Lunas de reloj
- Mortero de porcelana
- Crisoles de porcelana
- Olla a presión (Marca CLOCK Cap. 7litros)
- Pinza (marca INOX)
- Espátula (marca INOX)
- Refrigeradora (Marca COLDEX)
- Campana de Desección (marca PIREX)

3.2.4 Materiales y Equipos de Laboratorio

3.2.4.1 Para Análisis Proximal

- Aparato de Destilación Kjeldahl (marca PIREX)

- Aparato de Digestión (marca PIREX)
- Balones de Digestión (marca PIREX de 100ml.)
- Aparato de Extracción Soxhlet (compuesto por: matraz de fondo plano, cuerpo central o extractor y refrigerante)
- Buretas (marca PIREX de 25-50ml.)
- Erlenmeyer (marca PIREX de 250ml.)
- Pipetas Volumétricas (marca PIREX de 0.5-10ml)
- Vasos de Precipitación (marca PIREX de 30-250ml)

3.2.4.2 Para Extracción de Aceite de Tarwi

- Aparato de Extracción Soxhlet
 - Matraz de fondo plano (marca PIREX de 500ml).
 - Un cuerpo central o extractor (marca PIREX de 250 ml.)
 - Refrigerante de reflujo (marca PIREX)
- Matraces (marca PIREX de 250 ml.)

3.2.4.3 Para Análisis físico químico

- Espectrofotómetro (marca SHIMANDZU UV-VIS 1203, Japan)

3.2.4.4 Para Análisis Organoléptico

- Vasos de vidrio
- Luna de reloj
- Cámara de cata

2.2.4.5 Reactivos

- Solvente Orgánico (Éter de Petróleo ((CH₃)₃COCH₃)) Concent. 64.5%
- Solvente Orgánico (n-hexano C₆H₁₄) Concent. 98.5%
- Fenolftaleína concent. 95%
- Etanol – éter etílico 1%
- Isopropanol 0.1N
- Ioduro Potásico (KI) 0.5N
- Tiosulfato sódico 0.01N, 0.1N
- Cloroformo 0.1N
- Ácido acético 0.1N
- Ácido clorhídrico (HCL) 0.5N, 0,1N
- Ácido Sulfúrico (H₂SO₄) 0.1N
- Hidróxido potásico (KOH) 0.1N, 0.5N, 2N
- Hidróxido de Sodio (NaOH) 0.1N
- Agua Destilada

2.2.4.6 Otros

- Guantes Quirúrgicos
- Bateas de plástico
- Baldes plástico
- Papel Filtro Whatman

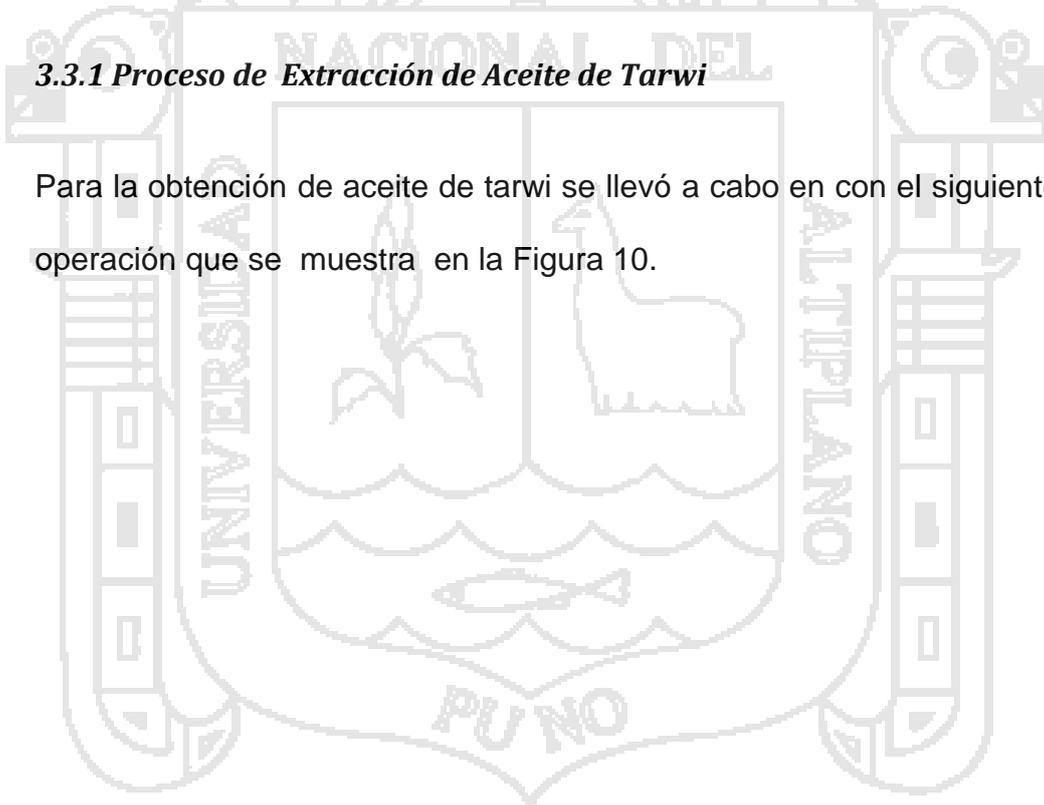
3.3 METODOLOGIA DE PROCESAMIENTO

El trabajo de investigación se efectuó de acuerdo a los siguientes pasos:

- 1) Se procede a extraer el aceite del tarwi (previamente laminado) con diferentes solventes orgánicos (Éter de petróleo y n- hexano).
- 2) Se evaluó el mejor rendimiento de los solventes y paso a evaluar las propiedades físico químico del aceite obtenido.
- 3) Finalmente el aceite obtenido se llevó a un panel de degustación para la evaluación sensorial.

3.3.1 Proceso de Extracción de Aceite de Tarwi

Para la obtención de aceite de tarwi se llevó a cabo en con el siguiente flujo de operación que se muestra en la Figura 10.



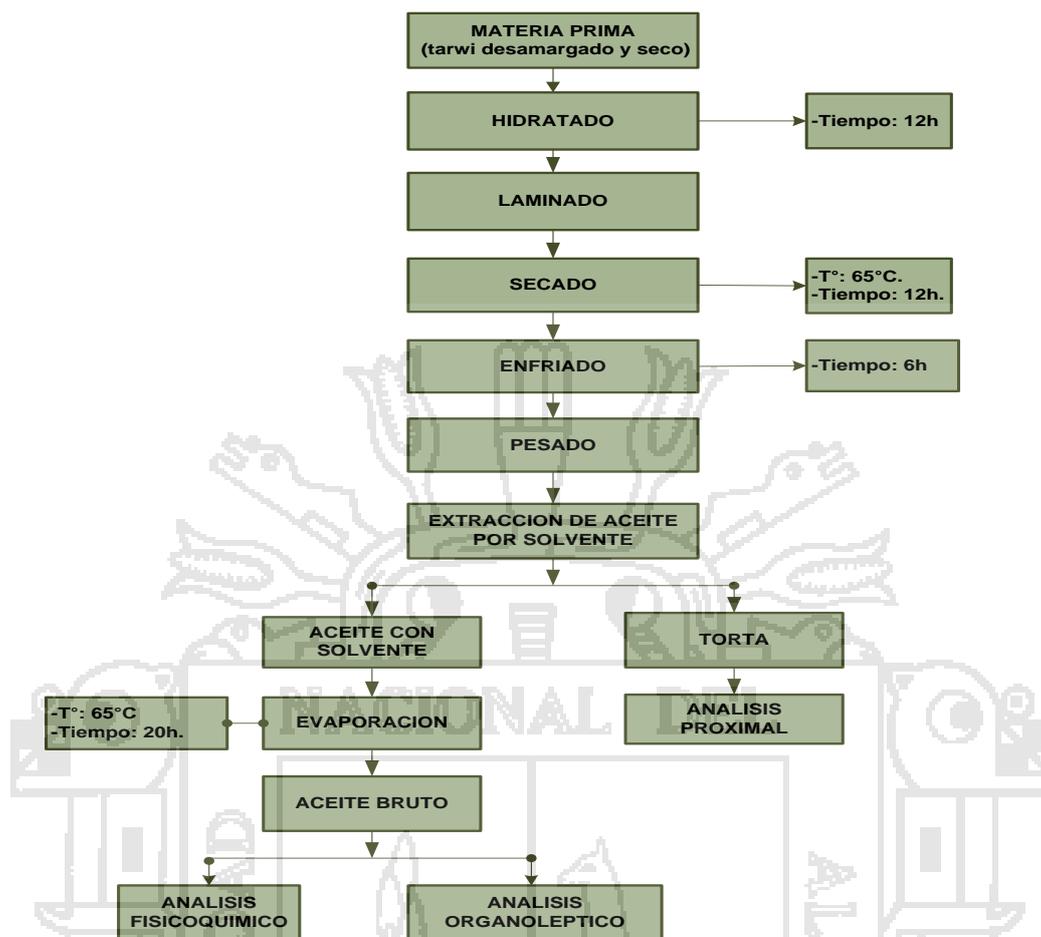


Fig. 10. Flujo de proceso para la extracción de aceite bruto de tarwi.

3.3.1.1 Materia Prima

Para realizar el presente trabajo se utilizó como materia prima tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), proveniente de la estación experimental Yunguyo que fueron adquiridas de la “Asociación de productores agropecuarios Pampas Verdes” - Yunguyo. La materia prima, adquirida fue previamente seleccionada por el proveedor. Este producto es utilizado para la extracción de aceite previo desamargado.

3.3.1.2 Hidratado

El grano previamente descascarillado es remojado en recipientes adecuados. El tiempo de hidratación fue de 12 horas, este tiempo fue suficiente para que el tarwi adquiriera su máxima absorción de agua. El hidratado le da propiedades plásticas a la semilla para el laminado y aumenta su volumen en 2.26 veces en relación al tamaño original.

3.3.1.3 Laminado

El laminado se realiza en un mortero de porcelana, se lamina lo más delgado posible. Esto hace pensar que para obtener una extracción completa es conveniente llevar la semilla a láminas delgadas de 0,51mm de espesor. De esta manera se produce la rotura de las células que contiene el aceite, facilitando su posterior extracción.

3.3.1.4 Secado

El secado se realizó en una estufa a una temperatura de 65° C por un tiempo de 12 horas que es tiempo suficiente para la evaporación del agua y llegar a una humedad de 10% aprox.

3.3.1.5 Enfriado

En este proceso se puso a enfriar en una campana que tenga una sustancia deshidratante por un tiempo de 6 horas. Tuvo la finalidad de estabilizar el peso de la muestra.

3.3.1.6 Pesado

La muestra laminada y secada se pesó en lunas de reloj previamente tarada. Este proceso se realizó con la finalidad de calcular el rendimiento del producto final.

3.3.1.7 Extracción de Aceite por Solvente

Antes de extraer el aceite la muestra seca se envuelve en sobres de papel filtro plegado, numerado y pesado formando un cartucho y se introduce en el cuerpo central del extractor, cuidando que el envoltorio quede más bajo que el nivel del sifón. Una vez colocado el cartucho en el extractor, por la parte superior del extractor se va echando el disolvente a utilizar (Hexano o éter de petróleo), hasta que sifone cuando haya terminado de sifonar, se le añade más disolvente, con el fin de que al evaporarse no quede el balón completamente seca. En la parte superior del extractor se le acopla un refrigerante, el conjunto se sujeta al soporte del aparato, de tal manera que el matraz descansa sobre el foco de calefacción.

A continuación, se abre el paso para la alimentación de los refrigerantes, regulando el caudal, para que la refrigeración sea adecuada, después se le enciende el foco de calor, con lo que se activa la evaporación del disolvente que escapa por un tubo hasta pasar al refrigerante de flujos donde al condensarse, cae sobre la muestra, almacenándose en forma líquida en el extractor, hasta que alcanza el nivel superior del sifón, cayendo al matraz y procediéndose así un arrastre del disolvente con grasa extraída disuelta.

El disolvente, una vez en el matraz vuelve a volatilizarse y a condensarse, repitiéndose las operaciones de sifonado y arrastre tantas veces como sea necesario hasta completar el tiempo que se tomó como parámetro.

3.3.1.7.1.1 Aceite con solvente

Una vez extraído el aceite de tarwi con los parámetros determinados se separó cuidadosamente el balón con la micela (aceite más solvente) del cuerpo central del equipo, enseguida los matraces con el aceite obtenido fueron puestos en la estufa durante un tiempo de 20 horas a una temperatura de 65°C. El aceite ya evaporado libre de solvente (Aceite bruto) se llevó a una campana por un tiempo de 12 horas esto con la finalidad de enfriar y estabilizar el peso del aceite; luego se realizó el cálculo por diferencia de pesos. Posteriormente el análisis respectivo (Físico químico y Organoléptico).

3.3.1.7.1.2 Torta o materia desgrasada

La torta o materia desgrasada se extrajo con sumo cuidado del cuerpo central del extractor y se realizó el análisis proximal, esto con la finalidad de determinar el porcentaje de grasa restante en la torta.

3.4 METODO DE ANALISIS

Se realizó el análisis en dos etapas:

- De la materia prima (*Lupinus mutabilis* Sweet)
- Del aceite obtenido del Tarwi

3.4.1 Materia Prima

Se realizó las siguientes pruebas que a continuación se detalla

3.4.1.1 Determinación de la Humedad

Método A.O.A.C. 1993

Se realizó por el método de desecación a estufa a 65°C con una muestra de 5g hasta lograr peso constante durante 72 horas, la determinación de humedad se realizó por diferencia de peso entre el peso inicial y el peso final, obteniéndose en forma directa el peso final.

Calculo

$$\%Humedad = \frac{PesoInicial - PesoFinal}{g.deMuestra} \times 100$$

Dónde:

Peso total = peso del vaso + peso de la muestra húmeda.

Peso final = peso del vaso + peso de la muestra seca.

3.4.1.2 Determinación de Proteínas

Método A.O.A.C. 1990

Se determinó por el método semimicro Kjeldahl, usando el factor 6.25 (para carnes, pescado, huevo, leguminosas y proteínas en general) para llevar el nitrógeno a proteína total. El procedimiento comprende tres fases: digestión, destilación y titulación.

Se pesó 0.1 gramos de muestra, se envolvió en papel filtro, se ha introducido en el balón Kjeldahl, se agrega 25 mililitros de H₂SO₄ concentrado y se colocó en la cocina para la digestión completa.

A la muestra se agregó NaOH inmediatamente se conectó el vapor para que se produzca la destilación. Se conecta el refrigerante y se recibe el destilado en un vaso erlenmeyer con contenido de ácido bórico más indicador de pH; la destilación termina cuando hay un viraje de color. Luego se procedió a la titulación y se anotó el gasto de ácido clorhídrico.

Calculo

$$\% \text{Nitrógeno} = \frac{\text{ml de HCL} \times \text{Normalidad} \times \text{meq}}{\text{ramos de Muestra}} \times 100$$

Dónde:

$$\% \text{proteína} = 6.25 \times \% \text{Nitrógeno}$$

3.4.1.3 Determinación de Grasas

Método A.O.A.C. 1990

Se procedió mediante el método Söxhlet, para lo cual se pesó 2g de la muestra, se empaquetó en papel filtro Whatman N° 2, se colocó el paquete en el cuerpo del aparato Söxhlet, previamente tarado libre de humedad y luego se agregó el Hexano. Seguidamente se conecta a una fuente de calor, al calentarse se evapora y asciende a la parte superior del cuerpo del Söxhlet, allí se condensa por refrigeración y el Hexano cae nuevamente sobre la muestra,

regresando al balón por sifón. Se evapora el Hexano remanente en el balón en una estufa a 60 °C y se enfría en una campana.

Calculo

$$\%Grasa = \frac{(Peso\ de\ balón +\ grasa) - Peso\ de\ balón\ vacío}{Peso\ de\ la\ muestra} \times 100$$

3.4.2 Producto Final

3.4.2.1 Acidez Total

Método Oficial AOAC, 1984.

Definición: Este método determina los ácidos grasos libres existentes en la muestra.

Procedimiento

Se pesó un aproximado de 5 a 10g de grasa o aceite en un erlenmeyer de 250 ml. Se disolvió en 50 ml de la mezcla etanol – éter etílico. Se valoró agitando continuamente con KOH 0,5 N (o con 0,1N para acideces inferiores a 2), hasta el viraje del indicador.

Calculo

$$Indice\ de\ acidez = \frac{V \times M \times N}{10 \times P} \% \text{ de ácido oleico}$$

Dónde:

V = Volumen de ml de solución etanólica de KOH utilizada.

N = normalidad exacta de la solución de KOH utilizada.

M = peso molecular de ácido en que se expresa la acidez.

P = peso en gramos de la muestra utilizada.

3.4.2.2 Índice de Iodo

Método Oficial AOAC, 1984.

Definición: El índice de iodo es una medida de la insaturación de ácidos grasos y se expresa en términos del número de centigramos de yodo absorbido por gramos de muestra (% yodo absorbido).

Procedimiento

Se filtró la muestra de grasa fundida o la de aceite a través de papel filtro, para eliminar las impurezas. Se pesó, con exactitud entre 0,1 y 0,5 g de muestra (la cantidad a emplear depende del índice de iodo esperado) en sendos matraces secos, de 500 ml, provistos de tapón de vidrio. Se adiciono 10 ml de cloroformo para disolver el aceite.

Se preparó dos blancos, por adición de solo 10 ml de cloroformo a sendos matraces de 500 ml, provisto de tapones de vidrio.

Se transfirió, con una pipeta, 25 ml de la disolución de yodo de Wijs a los matraces. (La cantidad de yodo debe estar en un exceso del 50 – 60% respecto absorbida por la grasa).

Se dejó reposar los matraces en la oscuridad, se adiciono 20 ml de la disolución de yoduro de potasio a cada matraz. Agite a conciencia. Se añadió

100 ml de agua recién hervida y enfriada, arrastrando cualquier cantidad de yodo libre depositado en el tapón.

Se determinó volumétricamente el yodo de los matraces con tiosulfato de sodio valorado, añadiéndolo gradualmente, con agitación constante y enérgica, hasta que el color amarillo desaparezca. A continuación se añadió 1-2 ml de indicador de almidón y continúe la valoración hasta la desaparición completa del color azul. Finalizando la valoración, se tapó el matraz y se agito enérgicamente.

Calculo

$$\text{Índice de Iodo} = \frac{(B - S) \times N \times 126.9}{W}$$

Dónde:

Índice de iodo = g de iodo absorbido por cada 100 g de
Muestra.

B = volumen valorante para el blanco (ml).

S = Volumen de valorante para la muestra (ml).

N = normalidad de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (mol/1.000 ml).

126.9 = Peso Molecular del Iodo (g/mol).

W = Masa de la muestra (g).

3.4.2.3 Índice de Colorimetría Método Oficial AOAC, 1984.

Las muestras de aceite se homogenizaron a temperatura ambiente y las grasas en estado fundido. Si la grasa esta turbia se filtra a unos 60° C. El color se puede determinar visual o espectroscópicamente:

- a) Se midió la longitud de onda de máxima absorbancia frente al tetracloruro de carbonato en un espectrofotómetro utilizando una célula de 0'5-5 cm. En muestras subsiguientes se midió la densidad óptica en las mismas condiciones y con el mismo instrumento y se comparan los resultados con los obtenidos al principio.

3.4.2.4 Índice de Peróxidos Método Oficial AOAC, 1984.

Generalidades

Definición: Este método determina todas las sustancias, en términos de mili equivalentes de peróxido por 100g de muestra, que oxidan el ioduro de potasio bajo las condiciones de la prueba.

Generalmente se asume que las sustancias son peróxidos u otras sustancias similares que oxidan la grasa.

Procedimiento

Se pesó (con una precisión de 0,001g) aproximadamente 5g de grasa, en sendos matraces de Erlenmeyer, de 250 ml, provistos de tapón de vidrio.

Se Adiciono 30 ml de la disolución de ácido acético cloroformo y se agito hasta disolver.

Se añadió 0,5 ml de la disolución de KI saturada. Se dejó reposar, agitando de vez en cuando, durante 1minuto. Se añadió 30 ml de agua dd.

Se valoró lentamente las muestras con la disolución de tiosulfato de sodio 0,1N, con agitación enérgica, hasta que el color amarillo se haya desvanecido.

Se añadió aproximadamente 0,5 ml de la disolución de almidón al 0,1% y continuó la valoración, agitando enérgicamente para liberar todo el yodo de la fase del cloroformo, hasta que justo desaparezca el color azul.

Calculo

$$\text{Indice de Peroxidos} = \frac{(S - B) \times N}{W} \times 1000$$

Dónde:

Índice de peróxidos = meq de peróxido por Kg de muestra

S = Volumen de agente valorante para la Muestra
(ml).

B = Volumen de agente valorante para el Blanco
(ml).

N = Normalidad de la disolución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}$ (meq
/ml).

1000 = Factor de conversión de unidades (g/kg).

W= masa de la muestra (g).

3.4.2.5 Índice de Saponificación Método Oficial AOAC, 1984

Definición: El índice de saponificación es la cantidad de álcali para saponificar una cantidad definida de muestra. Se expresa como el número de miligramos de hidróxido de potasio (KOH) requerido para saponificar un gramo de muestra.

Procedimiento

Se pesó, aproximadamente 5 g de grasa en cada uno de dos matraces de 250 – 300 ml, que se puedan conectar un condensador. Se anotó el peso de la muestra. Se preparó la muestra por duplicado.

Se adiciono exactamente (desde una bureta) 50 ml de KOH alcohólico al matraz.

Se preparó por duplicado muestras en blanco, exactamente con 50ml de KOH alcohólico, en un matraz de 250 – 300 ml.

Se añadió varias perlas de vidrio para la ebullición a los matraces con la muestra de grasa o de aceite.

Se conectó a un condensador los matraces con la muestra. Se hizo hervir, suave pero regularmente, sobre una placa calefactora (o baño de agua) hasta que la muestra quedo transparente y homogénea, lo cual indica una saponificación completa (30- 60 min. Aprox.).

Se dejó que las muestras se enfríen un poco. Se enjuago el interior del refrigerante, arrastrando con un poco de agua desionizada destilada (dd). Se desconectó el matraz del condensador. Se dejó enfriar la muestra hasta temperatura ambiente.

Añada 1ml de fenolftaleína a la muestra y valore con HCL 0,5 N hasta que desaparezca el color rosa.

Calculo

$$\text{Indice de saponificacion} = \frac{(B - S) \times N \times 56.1}{W}$$

Dónde:

Índice de saponificación = mg de KOH por cada g de muestra.

B = volumen de valorante para el blanco (ml).

S = volumen de valorante para la muestra (ml).

N = normalidad del HCL (mmol/ml).

56.1 = peso molecular (PM) del KOH (mg/mmol).

W = masa de la muestra (g).

3.4.2.6 Índice de Insaponificación Método Oficial AOAC, 1984

Definición: La materia insaponificable es la parte de una grasa que no puede usarse para la elaboración de jabones.

Procedimiento

Después de determinar el índice de saponificación se alcalinizo el líquido valorado en el frasco añadiendo 1 ml de KOH alcohólico, se pasó la disolución a un embudo de decantación y se lavó con agua (50 ml menos el volumen de HCL 0,5 añadido). Se extrajo la disolución, mientras está caliente, tres veces con 50 ml de dietil éter (la primera porción se utilizó para lavar el matraz original). Los extractos etéreos se pasaron a otro embudo de decantación conteniendo 20 ml de agua. Después de reunir los tres extractos se agitan cuidadosamente con los primeros 20 ml de agua y después vigorosamente por dos veces con otro 20 ml de agua cada vez. El extracto etéreo se lavó por dos veces con 20 ml de KOH acuosa 0,2 N y después otras dos veces o más con proporciones de 20 ml de agua hasta que las aguas de lavado no den reacción alcalina con la fenolftaleína. Se pasó el extracto etéreo en un matraz tarado, se evapora el disolvente, se secó a no más de 80° C y se pesó hasta peso constante. Se disuelve la materia insaponificable en alcohol neutro y se valoró con álcali 0,1N (no debe necesitar más de 0,1 ml para neutralizar los ácidos grasos libres presentes).

Calculo

$$\text{Indice insaponificable} = \frac{100(P' - 0.32 \times N \times V)}{P}$$

Dónde:

P' = peso en g del residuo.

P = peso en g de la muestra.

N = normalidad exacta de la solución acuosa de
KOH 0,1 N utilizados.

3.4.2.7 Densidad Método Oficial AOAC, 1984

Procedimiento

Para determinar la densidad el picnómetro ha de estar a la temperatura constante del medio ambiente. Se llenó el picnómetro hasta el borde superior del tubo capilar, se introdujo el termómetro se pesó y anoto la temperatura de la determinación.

Calculo

$$\text{Densidad} = \frac{P'' - P}{P' - P} \times D \text{ g/cm}^3$$

Dónde:

P = Peso en g del picnómetro vacío

P' = peso en g del picnómetro lleno con agua a la

Temperatura de referencia.

P''= Peso en g de picnómetro lleno con aceite a la

Temperatura de referencia

D = Densidad del agua a la temperatura de Determinación.

3.4.3 Análisis Sensorial

Las características sensoriales del producto fueron sometidos a opinión de un panel conformado por 10 panelistas semientrenados, en donde recibieron un cartilla de instrucción (Anexo 3) con la finalidad de evaluar la aceptación de las características del producto (Aceite de tarwi) en base a los formatos recomendados en lo cual se utilizó una escala adónica de 1 al 5.

Los atributos evaluados son: Sabor, Color, Olor y Apariencia general (Escala Hedónica citada por Ureña, P. y Arrigo, H. (1999). Que es como a continuación se observa.

PUNTAJE	CALIFICACION	SABOR	OLOR	COLOR	APARIENCIA GENERAL
1	Muy desagradable				
2	Desagradable				
3	Ni agradable ni desagradable				
4	Agradable				
5	Muy agradable				

FUENTE: Ureña, P. y Arrigo, H. (1999).

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

En este trabajo de investigación se usó dos modelos estadísticos de los cuales tenemos:

Para la extracción de aceite de tarwi

3.5.1 Diseño Central compuesto

Este modelo estadístico se utilizó para la extracción de aceite, en donde se desarrolló un diseño central compuesto (DCC) o diseño compuesto central Rotable (DCCR) considerando como variable dependiente la cantidad de muestra y el tiempo de extracción. Los datos experimentales fueron analizados empleando la metodología de superficie de respuesta. Se diseñaron 13 tratamientos 4 de ellos corresponde al planeamiento factorial completo 2^n ($n=2$), 4 tratamientos de los puntos axiales y 5 repeticiones del punto central con un $+\alpha = +1.414$ y $-\alpha = -1.414$ para los niveles codificados. Los niveles para cada uno de los factores se presentan en el cuadro 15. Para el cálculo de los puntos axiales se utilizó la ecuación:

$$\alpha = (2^n)^{1/4}$$

Dónde:

n= Numero de variables en estudio

Cuadro 12. Niveles codificados y sus respectivos valores reales de los factores en estudio.

Factores en estudio		
X_i	Tiempo (h)	Cantidad de muestra (g)
$-\alpha$	3.2	19.8
-1	4	25
0	6	37.5
+1	8	50
$+\alpha$	8.8	55.2

FUENTE: Ibáñez (2006)

El modelo matemático para dos variables en estudio es:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_{11} + \beta_{22} X_{22} + \beta_{12} X_1 X_2$$

Dónde:

Y = Variable de respuesta (% ACEITE) en función de los niveles tiempo y cantidad de muestra.

B = Coeficiente de regresión lineal

X_1 = Variable de estudio (TIEMPO)

X_2 = Variable de estudio (CANTIDAD DE MUESTRA)

Para el análisis Organoléptico del aceite de tarwi

3.5.2 Diseño Completamente al Azar

Para la evaluación de las características organolépticas del aceite de tarwi con el solvente orgánico hexano y éter de petróleo se empleó el diseño completamente al azar (DCA) donde los tratamientos son los tipos de solvente (éter de petróleo y hexano) con 10 repeticiones (número de panelistas), con un nivel de confianza de 0.05 y para la

comparación tratamientos o prueba estadística se recurrió a la prueba de Tukey.

El modelo Diseño Completamente al Azar es:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

y_{ij} = Variable de respuesta en el i -ésimo tratamiento y el j -ésimo bloque

μ = Media general

τ_i = El efecto del i -ésimo tratamiento ($i= 1, 2,3, \dots t$)

ε_{ij} = Error Experimental

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 MATERIA PRIMA

5.1.1 Composición Físicoquímico del Tarwi Desamargado y Laminado

Los Resultados de algunos componentes físicoquímico proximal del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) desamargado y laminado se muestra a continuación en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Composición Proximal del tarwi desamargado y laminado antes de la extracción del aceite de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet)

COMPONENETES	ANTES DE LA EXTRACCION DEL ACEITE (%)
Proteína (N*6,25)	28.60
Grasa	20.27
Humedad	7.55

En el Cuadro 13, se presenta los resultados de análisis proximal del grano de tarwi desamargado y laminado donde se compara a continuación con los valores reportados por Mayta, J. (2000) y Flores, J. (1998).

Con respecto al valor de la proteína es menor con los valores indicados por Mayta, J. (2000) que es de 47.84% y de la misma manera con los valores reportados por la FAO (1985), que menciona que la proteína puede variar de 41 a 51%. El contenido de proteína es menor a comparación con los datos determinados por los autores mencionados se puede deber a las influencias climáticas, variabilidad genética y a los métodos de análisis, (Gross, R., Citado por Flores, 1998)

El contenido de grasa es ligeramente menor con lo mencionado por Mayta (2000), que indica la grasa tarwi es de 21.37%, pero mayor o igual reportado por Flores, J. (1998), al hacer una comparación de composición química de algunas semillas oleaginosas determino que la concentración de grasa del tarwi es de 20.9% y Díaz, E., *et al* citado por Rodríguez, A. (2009), reporta que el contenido de aceite del tarwi es muy alto de 14 a 24%. Con lo mencionado por estos autores la concentración de aceite de tarwi está dentro de los rangos indicados.

A su vez el contenido de humedad registrada es igual o similar a lo reportado por Mayta (2000), que es de 7.36% e INCAP citado por Mujica, *et al* (1998), que fue de 7.7%, por lo tanto la variación de la humedad es mínima o casi nada con respecto a los autores mencionados.

5.1.2 Composición Fisicoquímica del Tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) Desgrasado

En el Cuadro 14, se observa el resultado de análisis proximal de la hojuela desgrasa de tarwi.

Cuadro 14. Composición Proximal del tarwi laminado después de la extracción del aceite de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet).

COMPONENTES	DESPÚES DE LA EXTRACCION DEL ACEITE (%)
Proteína (N*6,25)	39.20
Grasa	0.89
Humedad	3.57

Como se observa el contenido de proteína de la hojuela de tarwi después de la extracción de aceite es 39.20%. En comparación al estudio de proteína de la harina desgrasada de tarwi reportado por Flores, J. (1998), obtuvo como resultado 44.80 en base húmeda y 50.45 en base seca, en donde este resultado se observa un ligero incremento de proteína a comparación de la materia prima para la extracción del aceite de tarwi tal como se observa en el Cuadro 14, a su vez en los datos reportados por Flores también se observa un ligero incremento de la proteína de la harina desgrasada de tarwi en comparación con la materia prima que utilizó.

El resultado obtenido en la hojuela desgrasada de tarwi es de 0.89% de grasa este valor está por debajo mencionado por Bailey, A. (1944), donde menciona que aun en los prensados más eficaces la torta retiene por absorción cantidades apreciables de aceite, que pueden llegar a ser de 4 al 7% de aceite de su peso. Cuando se parte de semillas u otros materiales que contiene

grandes cantidades de aceite y pequeñas de sólidos, el aceite que queda sin extraer en el residuo es solo una mínima fracción del total, sin embargo cuando se trata de semillas como la soya, con bajo contenido en aceite, el que queda en el residuo puede llegar a ser del 20 al 25% del total. En estos casos conviene extraer con disolvente este aceite retenido, consiguiéndose por este procedimiento disminuir el porcentaje a menos de 1% de aceite en la torta. De la misma manera Valderrama, J. (1994), dice que la extracción con solvente es un procedimiento muy eficaz para la extracción de aceites vegetales y puede reducir el contenido de aceite en las semillas oleaginosas hasta menos de 1%. Con este método se obtiene una extracción más completa que la lograda por prensado, quedando la materia prima con un porcentaje de aceite no extraído del orden de 0.5 a 1% (Brennan, *et al* 1970).

5.2 PARTE EXPERIMENTAL

5.2.1 Tipo de Solvente

Se realizó el experimento con dos solventes con el fin de determinar su efectividad o el más adecuado para la extracción de aceite a nivel de laboratorio. Se usó éter de petróleo y hexano, de los dos solventes utilizados es evidente en la Figura 11, que el más alto rendimiento para la extracción por el método Soxhlet se obtiene usando hexano ya que su rendimiento es de 18.0974%, lo cual evidencia la alta eficiencia de este solvente con respecto al éter de petróleo. Tal como se muestra en la Figura 11.

Este resultado coincide con lo mencionado por Conti, P. (2006) donde define que el solvente usado para la extracción de aceite de soya es el hexano por ser

un excelente disolvente para aceites. A su vez Zúñiga, R. (2007), menciona que el hexano además de poseer características físicas favorables permite obtener aceites de buena calidad.

Los datos obtenidos para ambos solventes se ilustra en el Anexo 2.

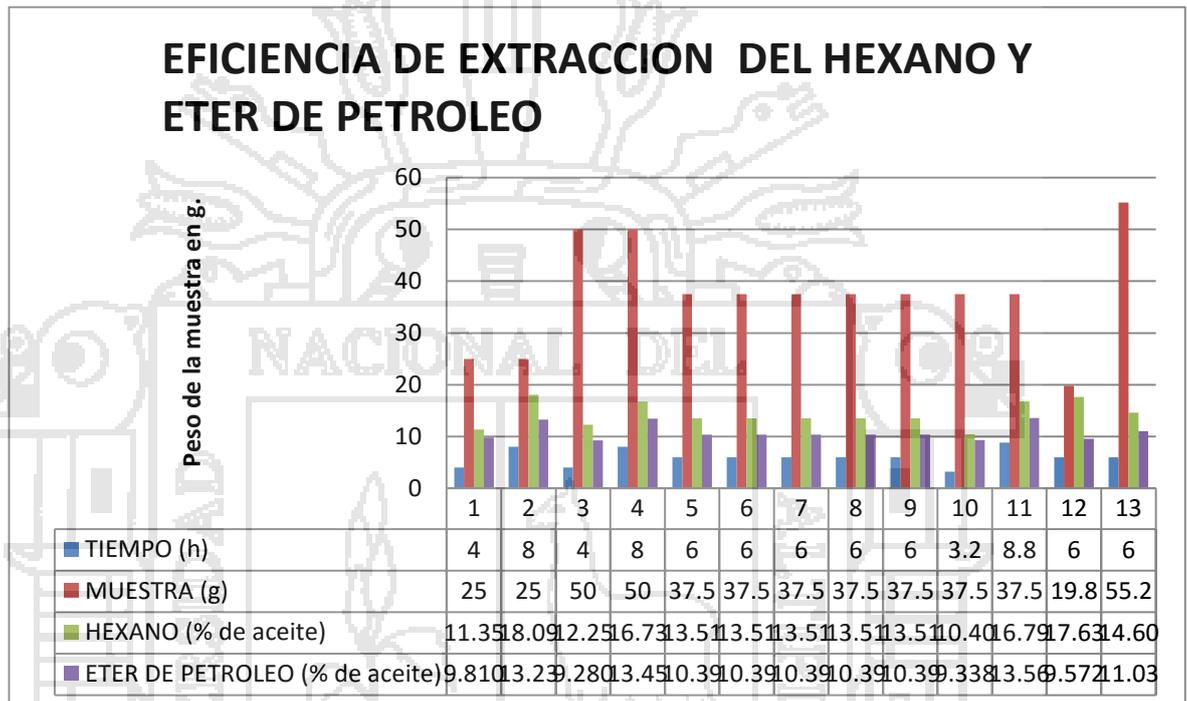


Fig. 11. Comparación de eficiencia en extracción del hexano y éter de Petróleo.

5.2.2 Efecto de las Variables, Tiempo de Extracción y Cantidad de Muestra en el Rendimiento de Aceite de Tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*)

Para la determinación del tiempo y cantidad de muestra se realizó 3 repeticiones con 13, tratamientos tal así como se ilustra en el Anexo 2, Cuadro A; Con estos datos se llevó a un diseño central compuesto y se obtiene una superficie de respuesta tal como se muestra en la Figura 12.

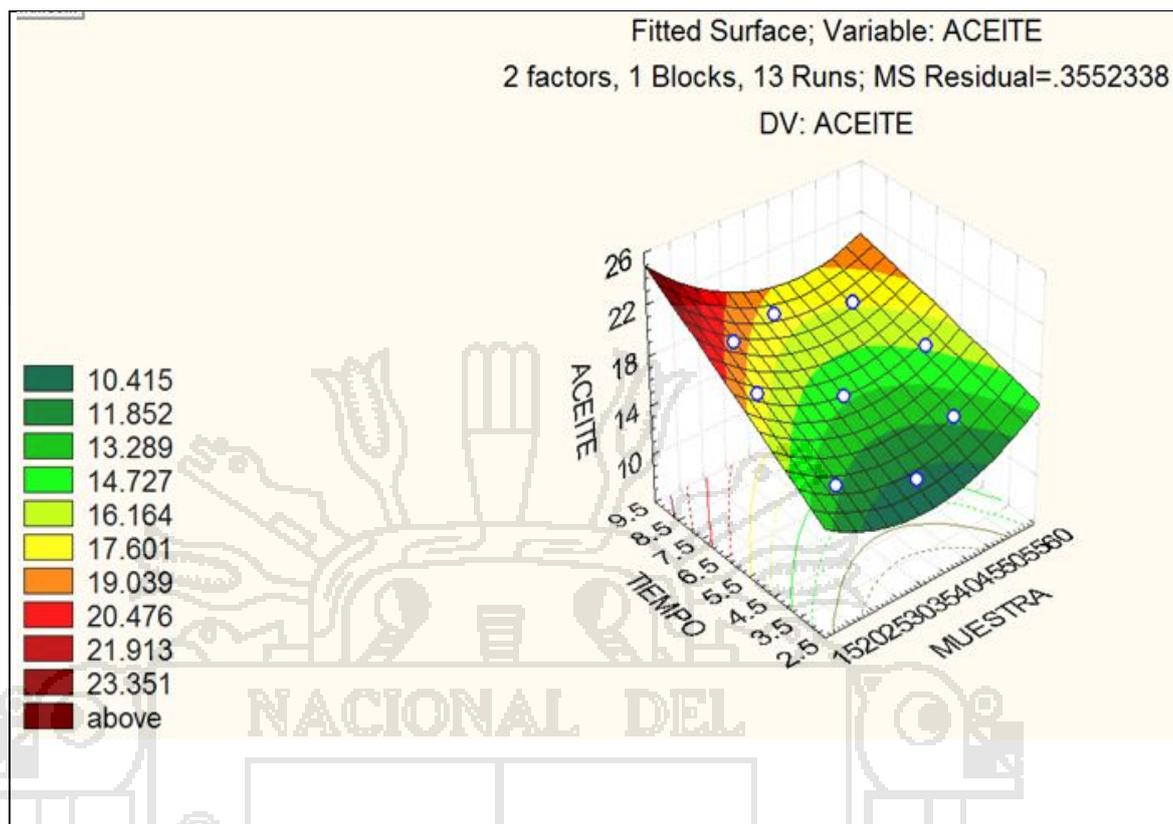


Fig. 12. Superficie de Respuesta que traduce el efecto del tiempo y cantidad de muestra para el rendimiento del Aceite.

En la Figura 12, se puede observar a mayor tiempo de extracción de 8 horas con una muestra adecuada de 25g se obtiene el mayor rendimiento en aceite de tarwi. En un estudio hecho por COX citado por Mehlenbaher, V. (1979), comprobó que podía obtenerse resultados máximos mediante un periodo continuo de extracción de 8 horas. De la misma manera Álvarez, A., *et al* (2001), en un estudio realizado de Coeficiente de infusibilidad aparente durante la extracción de aceite de almendra de zapote, extrajo el aceite de almendra a diferentes tiempos en donde obtuvo un rendimiento óptimo en 8 horas. La mayor parte de los aceites se extrae los primeros 30 minutos y la relación soluto solvente es de 1/1.

En la Figura 12, se muestra claramente el alto grado de relación entre el tiempo y la cantidad de muestra ya que se observa a cantidades adecuadas de muestra y tiempo hay una extracción óptima de aceite de tarwi entonces se puede decir que el tiempo influye en la extracción de aceite y la cantidad de muestra además pueden influir otros factores tales como la cantidad del soluto, el solvente y el espesor de las láminas tal así como lo menciona Mehlenbacher, V. (1979), con frecuencia surgen dificultades en el análisis de semillas de soya no se cuenta que estas deben ser molidas a un grado extremadamente de finura si se quiere que la extracción del aceite sea completa y la Humedad en la muestra molida influye en el rendimiento de Aceite. Pero teniendo como dificultad la separación de las partículas finas en la micela y a su vez impiden también la circulación uniforme del disolvente.

Trejejo, E. y Maury, M. (2002), indica que la molienda además aumenta la superficie de contacto dando con ello mayor facilidad para que el disolvente pueda actuar en la materia seca molida. El tiempo de extracción del aceite de semillas oleaginosas por solvente se da en 6 horas, pero esto dependerá del diámetro de las láminas de la semilla.

Guevara, F. (1972), en su ensayo de extracción y rendimiento de aceite en cuatro variedades de colza trabajo con 4g de muestra pues dicha cantidad se acomodaba mejor al extractor empleado por un tiempo de 4 horas cada uno y obteniendo un rendimiento de aceite de 46,82% de la variedad Echo.

Con los datos Obtenidos del cuadro del Anexo 2 cuadro A, se procedió a efectuar el análisis de Varianza (ANVA) para el Diseño Central Compuesto, tal así como se observa en el Cuadro 15.

En el Cuadro 15, presenta el resumen de análisis de varianza para la extracción de aceite de tarwi, el cual indica que la cantidad de muestra y el tiempo influyen significativamente sobre la extracción de aceite con un 95% de nivel de confianza y en las interacciones tiempo y cantidad de muestra (1L y 2L) es no significativo lo que indica que los factores involucrados actúan independientemente para la extracción de aceite.

Cuadro 15. Análisis de Varianza para el Tiempo y cantidad de Muestra
Variable dependiente: Aceite

Factor	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F calculado	Probabilidad de significancia	Significancia
(1)TIEMPO (L)	51.3829743	1	51.3829743	144.645498	0.00000600	**
TIEMPO (Q)	0.00217895	1	0.00217895	0.00613385	0.93976613	NS
(2)MUESTRA (L)	2.82235473	1	2.82235473	7.94506180	0.02582145	**
MUESTRA (Q)	10.7990149	1	10.7990149	30.3997368	0.00089359	**
1L by 2L	1.2792741	1	1.27927410	3.60121699	0.09954397	NS
Error	2.48663681	7	0.35523383			
Total SS	68.986171	12				

C.V. = 1.37%

Los resultados del Cuadro 15, demuestra independencia del tiempo y la cantidad de muestra para la extracción del aceite, resultado que fue de

esperarse por que en los datos obtenidos en el Anexo 2, se observa que a un tiempo y cantidad de muestra adecuada se obtiene mayor rendimiento en la extracción de aceite de tarwi está independencia se puede deber al solvente es decir que para la extracción de aceite de tarwi tiene que realizarse con una cantidad de solvente adecuado.

5.2.2 Determinación de las Características Fisicoquímicas del Aceite de Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet)

Los resultados obtenidos están en función de muchas variedades climatológicas y condiciones del suelo tales como altitud, latitud, longitud, clima precipitación pluvia, humedad y tipo de suelo así como la campaña cosechada, todos estos factores contribuyen a que la planta crezca y se desarrolle de forma diversa y por ende el rendimiento en la extracción y las propiedades físicas de los extractos pueden ser diferentes a algunos datos ya obtenidos en anteriores estudios.

Al realizar estudios analíticos del aceite de tarwi, se efectuó una serie de determinaciones, para ello, se aplicaron métodos de análisis químico y físico para posteriormente hacer comparaciones con parámetros nacionales e internacionales establecidos para aceite de uso alimentario.

Los resultados de composición fisicoquímico del aceite de tarwi crudo se muestran en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Análisis físico químico obtenido de la muestra de aceite de tarwi

crudo

COMPONENTES	CANTIDAD
Acidez Total	0.18 %
Índice de Iodo	78 mg de I ₂ /g
Índice de Peróxidos	5.12 meq/100
Índice de Saponificación	184mg.KOH/gr
Índice de Insaponificación	0.18 %
Densidad	0.919 g/ml
Determinación del color por espectrofotometría	- Amarillo : 77 - Rojo :74.1

5.2.2.1 Índice de Acidez

Este valor reportado como porcentaje de ácido oleico ($C_{18}H_{34}O_2$) que obtuvo un valor de 0.18%. de aceite, como se observa en el Cuadro 16, este resultado está dentro de los parámetros de los aceites más comerciales tales como el COI (Consejo Oleícola Internacional) el aceite de oliva extra virgen cuya acidez expresada en ácido oleico es como máximo 0.8mg/g, CODEX STAN 210-1999 menciona debe tener una acidez de 4.0mg de KOH/g aceites o grasas o para aceites prensado en frío vírgenes y CODEX STAN 019-1981 los aceites vegetales tiene que tener un valor de 4.0 mg. de KOH/g de grasa o aceite, para grasas o aceites Vírgenes; CODEX STAN 33-1981 para aceites oliva vírgenes indica que la acidez máxima debe ser de 3.3% de ácido oleico y la ITINTEC que dentro de sus requisitos es no tener una acidez libre expresada como ácido oleico, mayor de 0.20%. El Índice de Acidez del aceite

de tarwi obtenido está por debajo de las normas mencionadas como el CODEX, COI y la ITINTEC.

Bailey, E. (1884), indica que sabiendo que el índice de Acidez mide el grado de descomposición del aceite por acción de las lipasas o por alguna otra causa en donde la descomposición se acelera por la acción de la luz y las temperaturas elevadas. (INCOTEC, 1999), menciona que todo los aceites tiene ácidos grasos libres pero si el porcentaje obtenido es mínimo es porque el aceite es un aceite fresco. De la misma manera COI (2003), menciona que los ácidos grasos se liberan cuando la aceituna es defectuosa por causa de plagas y enfermedades o bien sea maltratado durante la recolección y/o transporte por lo tanto un mayor grado de acidez significa mayor deterioro de las aceitunas.

Por lo tanto los parámetros obtenidos y autores mencionados permite inferir que el aceite es de buena calidad, la materia prima y las condiciones de extracción fueron adecuados al no permitir el desarrollo de reacciones que perjudiquen el deterioro oxidativo del aceite.

5.2.2.2 Índice de Iodo

El índice de Iodo es un parámetro de calidad de los aceites que mide el grado de insaturación de los ácidos grasos y permite estimar la calidad de los mismos, es una característica muy importante que está relacionada con el punto de fusión del mismo, de tal manera que a mayor cantidad de insaturación el punto de fusión del aceite será menor. En el Cuadro 16, el valor obtenido en promedio del aceite extraído por soxhlet es de 78mg. de I₂/g respectivamente los mismos que tomamos como aceptable, estos valores se

encuentran dentro del rango establecido en las normas CODEX STAN 33-1981 Normas para aceites de oliva virgen y aceite de oliva refinado dan valores de 75- 94mg. de I₂/g para aceites vírgenes, en el CODEXSTAN 210-1999 Norma para aceites vegetales especificados dan un valor de 124 -139mg. de I₂/g para aceite de soya, 118 – 141mg.de I₂/g para aceite de girasol y 86 – 107mg. de I₂/g para el aceite de maní se puede decir que el aceite de tarwi se asemeja al aceite de maní y es mucho menor con respecto al aceite de soya. Bailey, E, (1984), menciona que este índice depende de la naturaleza y composición del aceite, básicamente aunque también influye otros factores que determina los aceites. Mientras mayor es el grado de insaturación (menor índice de iodo) y menor es la propensión del aceite a enranciarse por oxidación. El índice de iodo también sirve para identificar un aceite o al menos colocarlo dentro de un grupo en particular. De acuerdo al índice de yodo los aceites en general se pueden clasificar en: Secantes, semi secantes y no secantes tal así como lo menciona Anderson, F. y Yepes, P. (2009); dependiendo de esta clasificación el aceite puede tener diferentes usos en la industria, el índice de yodo presentado por el aceite de Tarwi se encuentra en el rango de los no secantes y también se puede decir que está dentro del rango del aceite de oliva razón por la cual se puede utilizar para elaboración de cremas y jabones líquidos.

5.2.2.3 Índice de peróxidos

En Cuadro 16, el índice de peróxidos nos reporta 5.12 meq/Kg de aceite o grasa para la muestra estudiada lo que nos indica un bajo porcentaje en cuanto

a las normas de los aceites más comerciales tales como el COI (Concejo Oleícola Internacional) menciona que el índice de peróxidos para aceite de oliva extra virgen no debe ser mayor o igual a 20 meq de O_2 /Kg de aceite, el CODEX STAN 33 – 1981 Norma de Codex para aceites de Oliva Virgen y refinado y los aceites refinados de orujo de aceituna que el índice de peróxido para aceite de oliva virgen debe ser menor o igual a 20 meq de O_2 / Kg de Aceite y para Aceite de oliva refinado menor o igual a 10 meq de O_2 / Kg de Aceite y la ITINTEC 209-001 menciona que no debe presentar un índice de peróxido mayor a 5 meq de O_2 /Kg de muestra, el peróxido del aceite de tarwi accede ligeramente los límites de ITINTEC y a su vez es mucho menor al CODEX STAN 33 – 1981. El aceite de oliva virgen o los alimentos fritos son claros ejemplos típicos de productos donde las cantidades mínimas de oxidación son deseables y cantidades elevadas altamente rechazables.

El índice de peróxidos indica el nivel de cambio químico de un material. Este es un buen indicador de la frescura de un aceite o el grado de rancidez en el momento de la prueba, se considera que un índice de peróxidos de hasta 5 corresponde a un aceite fresco dentro de un periodo de inducción indicándose la rancidez organoléptica (olor, sabor y color) y afecta el valor nutritivo; con un índice de peróxido de 10 y 15 meq de O_2 / Kg de Aceite. Bernardini, E. (1961), indica que los índices de peróxido de una grasa en el punto de enranciamiento tienden a aumentar, cuando aumenta la insaturación de la grasa y su contenido en antioxidantes. La grasa expuesta a la luz del sol o a radiaciones de corta longitud de onda o almacenadas con un limitado acceso de oxígeno, puede llegar a enranciarse con un índice de peróxidos más bajos que los indicados,

Bailey E. (1984). Como consecuencia de los factores de oxidación a mayor índice de peróxidos menor será la capacidad antioxidante de un aceite es decir la oxidación del aceite destruye vitaminas liposolubles tales como A, D, E, K, carotenos y parte de sus ácidos grasos esenciales y paraliza la biosíntesis de la Vitamina K, (COI 2003).

5.2.2.4 Índice de Saponificación

En el Cuadro 16, el índice de saponificación para el aceite extraído por soxhlet es de 184mg. KOH/g de aceite en comparación con las normas de CODEX STAN 210-999 Normas del Codex para aceites Vegetales especificados como es el aceite de soya establece un rango de 189 a 195mg.KOH/g de aceite y para aceite de girasol de 188 a 194mg.KOH./g comparado con las normas mencionadas el índice saponificación del aceite de tarwi se enmarca dentro de los límites establecidos en las normas CODEX, es así que la densidad del Tarwi está de por debajo del aceite de soya y girasol es decir que indica mayor presencia de ácidos grasos de bajo peso molecular, porque los esteres de estos ácidos grasos requieren mayor cantidad de álcali para saponificar haciéndolos mucho más olorosos. Herrera C, *et al* (2003), el índice de saponificación es un parámetro usado para verificar adulteraciones, específicamente si se realiza mezclas de aceites vegetales y animales. Permite determinar si predominan los ácidos grasos de cadena corta o de cadena larga; está relacionado en forma inversa con el peso molecular medio del aceite o grasa. Así cuando menor sea el peso molecular medio de los ácidos presentes mayor será el número de moléculas de triglicéridos (y por lo tanto de

ácidos) contenidos en 1g de grasa. No obstante, dentro de cada tipo de grasa los porcentajes de los diferentes ácidos grasos se mantienen aproximadamente constante. Por lo tanto el índice es un buen referente para establecer la identidad de la muestra.

En Norma CODEX STAN 33- 1981, Norma para Aceites de Oliva a Aceite de Orujo de Oliva, el índice de saponificación para aceites vírgenes y refinados es de 184 a 196mg./g de aceite, el valor obtenido del índice de saponificación del aceite de tarwi está dentro de los rangos de esta norma mencionada.

El índice de saponificación representa la cantidad de miligramos de hidróxido necesario para neutralizar los ácidos grasos tanto libres como ligados en forma de glicéridos, Bailey, E. (1984).

5.2.2.5 Índice de Insaponificación

En el cuadro 16, la materia insaponificable del aceite de tarwi fue 0.18% I. Ins. de Índice de Insaponificación valor relativamente bajo que otros aceites comerciales como el de soya, girasol y coco que su índice de insaponificación es de 1.5% según CODEX STAN 210-1999 y CODEX STAN 33-1981. El índice de insaponificación incluye los más altos alcoholes alifáticos, esteroides, pigmentos, vitaminas liposolubles e hidrocarburos; es un indicativo de la calidad del aceite que mide los componentes residuales después de la extracción con solvente orgánico y la saponificación con álcali en la etapa de neutralizado en la refinación (Mehlembacher, V., 1979).

Normalmente, todas las grasas contienen materia insaponificable, que se encuentra en la grasa y aceites comunes, tanto animales como vegetales, en cantidades del 1 al 2% o menos (Mehlembacher, V., 1979). De acuerdo a este último autor mencionado y las normas Codex para aceite de coco, girasol y soya el parámetro obtenido está dentro de los rangos establecidos por los ya mencionados.

5.2.2.6 Densidad

De acuerdo con los resultados mostrados el Cuadro 16, la densidad del aceite de tarwi es de 0.919 gr/ml, este valor comparando con la Norma CODEX STAN 33-1981 Norma de Codex para los Aceites de Oliva Vírgenes y los Aceites refinados de Orujo de Aceituna es de 0.910 – 0.916g/ml, a una temperatura de 20°C y CODEX STAN 210 -1999 Norma del Codex para Aceites Vegetales Especificados da como valor para el aceite de soya 0.919 – 0.925g/ml, girasol 0.918 – 0.923g/ml y Palma 0.891 – 0.899 g/ml, todo estos valores están a una temperatura de 20°C. Con las normas mencionadas la densidad del aceite de tarwi es ligeramente mayor al aceite de oliva virgen, aceite refinado de orujo y está dentro de los parámetros del aceite de soya, girasol pero superior al aceite de palma. La densidad de aceites vegetales es una constante que no varía mucho para un aceite determinado cuando esta puro y fresco, pero es afectada por la edad, rancidez y cualquier tratamiento especial que se le haga al aceite INCOTECN. 432. (1999).

No hay grandes diferencias en las densidades de las distintas grasas y aceites, aunque tanto el grado de instauración (medido por el índice de yodo), como el

peso molecular medio (medido por el índice de saponificación), influye sobre esta propiedad (Bailey, E., 1984). Es decir la densidad de los ácidos grasos y glicéridos aumentan al disminuir su peso molecular y al aumentar su grado de insaturación.

La Densidad es una propiedad general de todas las sustancias. No obstante su valor es específico para cada sustancia, lo cual permite identificarla o diferenciarla de otras. La densidad es una propiedad intensiva y su valor depende de la temperatura y de la presión.

5.2.2.7 Colorimetría

El color es un parámetro muy importante de calidad de aceite comestible, tanto en el ambiente de procesamiento y mercado por lo tanto el color se utiliza como el principal referente para su refinación. Al analizar el aceite de *Lupinus mutabilis* se realizó con el Espectrofotómetro y se obtuvo los siguientes resultados:

Rojo : 74.1R

Amarillo : 77 A

Según Bailey, E. (1984), Las Normas N.C.P.A. Establece para el aceite de algodón 7,6 R, Aceite de cacahuate 5.0 R y aceite de Soya 3.5 R. estos son medidos con un tinto metro adecuado con el color rojo o amarillo lovibond; los cristales rojos están estandarizados por las normas "National Bureau of Standards" mas no los vidrios amarillos, puesto que el ojo humano no aprecia una variación relativamente grande del color amarillo pues al comparar solo es

necesario aproximar el color. El método lovibon no es adecuado para aceites extremadamente coloreados debido a que presenta algunas dificultades como obtener vidrios adecuados los técnicos americanos han inclinado en grado más creciente en la valoración espectrofotométrica. Con lo mencionado con este autor el aceite obtenido en cuanto a la coloración es muy superior a los parámetros mencionados.

En relación al rojo y amarillo presente en el aceite de tarwi se atribuye a la presencia de pigmentos carotenoides cuya estructura básica es un tetrapetreno de 40 átomos de carbono simétrico y lineal, que presenta inestabilidad química asociada a su estructura insaturada que le hace susceptible a reacciones de oxidación y degradación acelerada por los radicales libres que se forman en la oxidación lipídica (Belén, *et al* 2004).

La presencia de colores en el aceite crudo se debe principalmente a los pigmentos naturales como son los polifenoles, gossipol, clorofila, carotenoides, etc. Cada aceite tiene su propio color característico antes, durante y después de la refinación normal de proceso (Bailey, A. 1984). El *Lupinus mutabilis* las variedades dulces tienen un alto porcentaje de caroteno, que es el responsable de darle el típico color amarillo a la harina (Villagra, 1996 Citado por Ríos, M., 2000) y por ser vitamina A, que favorecen al depósito de pigmentos tanto en la piel y como en el color de la yema de los huevos en los pollos (Cárdenas, 1977 citado por Campillo, C. 1999).

5.2.3 Análisis Organoléptico del Aceite de Tarwi Crudo Obtenidos con el Solvente Orgánico Hexano

Las muestras del aceite obtenido con dos tipos de solvente (hexano y éter de petróleo), fueron evaluados gustativamente por diez (10) jueces semi entrenados, mediante una ficha de evaluación sensorial. En los diferentes ensayos se utilizó la prueba hedónica con calificación de escalas de intervalo a 5 puntos. En esta, cada panelista dentro de la ficha de cata anoto en una escala ordinaria desde 1 (muy desagradable) hasta 5 (muy agradable).

5.2.3.1 Análisis de varianza para el Sabor

En el Cuadro 17, se muestra la sumatoria de los rangos de la formulación para el sabor a las cuales se realizó la prueba de Diseño Completamente al Azar entre el aceite obtenido por el hexano y éter de petróleo de los resultados del ANVA se determinó que: El valor $F_{\text{tabulado}} (0.05) < F_{\text{calculado}}$, y el ensayo nos muestra que hay diferencia significativa, reales entre las medias de los tratamientos, pero no indica cuales diferencias se puede considerar estadísticamente significantes, debido a esto se aplicó la prueba de comparación Tukey, dicha prueba se detalla a continuación en el Anexo N° 4, cuadro A.

De la prueba Tukey se determinó que el tratamiento uno (hexano) es mayor que el tratamiento dos (éter de petróleo) para un $p < 0.05$. Es decir que el aceite obtenido con el hexano presento un buen sabor a diferencia del obtenido con el Éter de Petróleo en la escala hedónica.

Cuadro17. Cuadro ANVA para el sabor

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Ftab	Significancia
Tratamiento	1	1.25	1.25	5	4.41	*
Error Experimental	18	4.50	0.25			
Total	19	5.75				

C.V. =19.612%

5.2.3.2 Análisis de varianza para el Olor

En el Cuadro 18, se muestra la sumatoria de los rangos de la formulación para el Olor a las cuales se realizó la prueba de Diseño Completamente al Azar entre el aceite obtenido por el hexano y éter de petróleo de los resultados del ANVA se determinó que: El valor $F_{\text{tabulado}} (0.05) > F_{\text{calculado}}$, en el ensayo nos muestra que no hay diferencia significativa entre los tratamientos con un 5% de significancia. Es decir que los dos tratamientos presentaron olores similares de acuerdo a la escala hedónica.

Cuadro 18. Cuadro ANVA para el Olor.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Ftab	Significancia
Tratamiento	1	0.8	0.8000	3.64	4.41	NS
Error Experimental	18	4.0	0.2222			
Total	19	4.8				

C.V.= 17.567%

5.2.3.3 Análisis de varianza para el Color

En el Cuadro 19, se muestra la sumatoria de los rangos de la formulación para el Color a las cuales se realizó la prueba de Diseño Completamente al

Azar entre el aceite obtenido por el hexano y éter de petróleo de los resultados del ANVA se determinó que: El valor $F_{\text{tabulado}} (0.05) < F_{\text{calculado}}$, el ensayo nos muestra que hay una diferencia significativa reales entre las medias de los tratamientos, pero no indica cuales diferencias se puede considerar estadísticamente significantes, debido a esto se aplicó la prueba de comparación Tukey, dicha prueba se detalla a continuación en el Anexo N°4, cuadro B .

De la prueba Tukey se determinó que el tratamiento uno (hexano) es mayor que el tratamiento dos (éter de petróleo) para un $p < 0.05$. Es decir que el aceite obtenido con el hexano presentó un buen color a diferencia del obtenido con el Éter de Petróleo en la escala hedónica.

Cuadro19. Cuadro ANVA para el color

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Ftab	Significancia
Tratamiento	1	5	5.0000	17.99	4.41	*
Error Experimental	18	5	0.27778			
Total	19	10				

C.V.=26.3534%

5.2.3.4 Análisis de varianza para la Apariencia General

En el Cuadro 20, se muestra la sumatoria de los rangos de la formulación para la Apariencia General a las cuales se realizó la prueba de Diseño Completamente al Azar entre el aceite obtenido por el hexano y éter de petróleo de los resultados del ANVA se determinó que: El valor F_{tabulado}

$(0.05) > F_{calculado}$, en el ensayo nos muestra que no hay diferencia significativa entre los tratamientos (Hexano y éter de petróleo), con un 5% de significancia. Es decir que los tratamientos son similares en cuanto a la apariencia general.

Cuadro20. Cuadro ANVA para la Apariencia General.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Fta b	Significancia
Tratamiento	1	0.05	0.05000	0.158	4.41	N.S
Error Experimental	18	5.70	0.31667			
Total	19	5.75				

C.V.= 23.99%



CAPITULO VI

CONCLUSIONES

1. El solvente orgánico que tuvo mayor rendimiento y eficiencia fue el hexano a comparación del éter de petróleo con un porcentaje de extracción de 18.4845% de aceite y para el éter de petróleo con un rendimiento de 13.3506% de aceite para ambos solventes con un tiempo de 8 horas y cantidad de muestra de 25g se obtuvo los mejores rendimientos.
2. En las características físico químicos del aceite de tarwi tales como: El índice de acidez expresado en ácido oleico fue de 0.18%, índice de Yodo 78g de I₂/100 Wijs, índice de peróxido 5.12 meq de O₂/kg, índice de saponificación 184mgKOH/g, Índice de Insaponificación 0.18% de I. Ins., densidad 0.919 g/ml., todo estos parámetros mencionados está dentro de las normas de los aceites más comerciales; El color del aceite se determinó por espectrofotómetro fue Rojo: 74.1 y Amarillo: 77; es evidente que estos colores son debido a algunas vitaminas como A y B.
3. Las características sensoriales para el aceite a partir del tarwi al hacer la comparación se determinó que el olor, la apariencia general son iguales y el sabor, color son diferentes para ambas muestras. El aceite extraído con hexano es el aceite con mejores características sensoriales.

CAPITULO VII

RECOMENDACIONES

1. Realizar los análisis faltantes como Ácidos grasos, índice de refracción, punto de fusión y cantidad de carotenoides presentes en el aceite y la Absorbancia Ultravioleta (K_{270}).
2. Determinar la vida útil del aceite de tarwi bruto.
3. Determinar el color con el aparato lovibond para ver la diferencia entre ambos equipos
4. Refinar o mejorar algunos aspectos del aceite de Tarwi para su introducción al mercado
5. Realizar un estudio de factibilidad económica de la industrialización de la semilla de tarwi.

CAPITULO VIII

BIBLIOGRAFIA

1. ACOSTA, J.; DIAZ, K. y HERRERA, P. (2000). "Instalación de una Planta de Tarwi en Salmuera". Elaboración y Evaluación de Proyecto. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ingeniería Química. Escuela Profesional de Ingeniería Química. Lima – Perú.
2. ÁLVAREZ, A., DURAN, C. y SOLIS, J. (2001). "Coeficiente de Infusibilidad aparente durante la extracción de Aceite de Almendra de Zapote Mamey (Pouteriasapota)". Instituto de Ciencia Básica. Universidad Veracruzana.
3. ANDERSON, F. y YEPES, P., (2009). "Experimentos de Química Orgánica". Editorial Elizcom S. A. S. Armenia, Quindío, Colombia.
4. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS.1993. "Official Methods of Analysis of the AOAC". 14th ed. Washington, D.C. The Association.
5. ASTIASARÁN, I.; LASHERAS, B., ARIÑO, A. y MARTINEZ, J. (2003). "Alimentos y Nutrición en la Practica Sanitaria". Ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid – España.
6. BAEZA, M., BENITO, M. y SIMÓN, M., (2009). "Alimentación y Nutrición Familiar". Editorial Edixes, S. A. Madrid - España.
7. BAILEY, E. (1984). "Aceites y Grasas Industriales". Editorial - Reverté, S. A. Barcelona – España.

8. BERNARDINI, E. (1961). "Tecnología de Aceites y Grasas Industriales". 2da Edición Reverte S.A. Zaragoza – España.
9. BRENNAN, J. BATTER, J. COWELL, N. y LILLY, A. (1970). "Las operaciones de la Ingeniería de los alimentos". 2da- Edición Editorial Acribia. Zaragoza – España.
10. CAMPILLO, C. (1999). "Determinación del Efecto de Esparteína Administrada por Vía Oral sobre el Comportamiento de Pollitas de Líneas de Postura Blanca y de Color". Tesis Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias. Valdivia – Chile.
11. COCEX STAN, (199). "Normas del Codex N°210 para Aceites Vegetales Especificados".
12. CODEX STAN, (1981). "Normas Del Codex N°19, para Grasas y Aceites Comestibles No Regulados Por Normas Individuales".
13. CODEX STAN, (1989). "Normas Del Codex N° 33, Para Los Aceites de Oliva vírgenes y Refinados y Los Aceites Refinados de Orujo De Aceituna".
14. COI/T. 15. (2003). "Normas Comerciales Aplicables a los Aceites de Oliva y los Aceites de Orujo de Oliva".
15. COLQUEHUANCA, H. (1982). "Desamargado de Tarwi en la Planta Piloto de La Universidad de Cusco". Trabajo presentado en el III Congreso Internacional de Cultivos Andinos – La Paz – Bolivia.
16. CONTI, P., SIMONETTI, R., LOZANO, E. y FIGUEROA, L. (2006). "El Libro de La Soya". 1era ed. Ediciones de Goldfinger S.A. Buenos Aires – Argentina.

17. DARWIN, A. (2008). "Diseño y Construcción de una Máquina Peladora de Chochos Hidratados". Tesis de Ing. Mecánica. Escuela politécnica Nacional. Quito - Ecuador.
18. DÍAZ, C. (1999). "Determinación del Efecto de Lupanina o Esparteína, Administrada por Vía Oral, Sobre el Comportamiento de Pollos Broiler, en el Laberinto en Cruz Elevado". Tesis de Medicina Veterinaria. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias.
19. EDEL, A. y ROSELL, C. (2007). "De Tales Harinas Tales Panes" 1era Edición. Córdoba –Argentina. Pág. 269.
20. F.A.O./OMS. (1985) "Necesidad de Energía y Proteínas" y "Organización Mundial de la Salud". Ginebra.
21. FISHER, H. (1991). "Análisis Moderno de los Alimentos" Edición Acribia S.A. Zaragoza, España.
22. FLORES, J. (1998). "Obtención de Aislado Proteico de la Torta Desgrasada de Tarwi Mediante Proceso de Extracción Química". Tesis Ing. Química. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ing. Química, E.P. Química. Puno-Perú.
23. FLÓREZ, E. (1988). "Determinación de Proteínas y Aceites en Líneas Cultivadas y Silvestres del Genero Lupinus". Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias. E.P. Ing. Agronómico. Puno, Perú.

24. FRIAS, L., ORTIZ, A., HERMOSO, M., JIMENEZ, A., MORALES, J. y UCEDA, M. (1991). "Análisis de Laboratorio de Almazara". Editorial-textos y formas. S.L. Sevilla - España.
25. GUEVARA, F. (1974). "Ensayo de Extracción y Rendimiento de Aceite en Cuatro Variedades de Colza". Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Técnica del Altiplano, Programa Académico de Ingeniería Agronómica.
26. GROSS, R. (1974). "Proyecto de Lupino". Instituto Nacional de la Salud. Informe N° 2. Lima- Perú.
27. HERNÁNDEZ, M. y SASTRE, A. (1999). "Tratado de Nutrición". Editorial Díaz Santos, S. A. Madrid - España.
28. HERRERA, C., BOLAÑOS, V. y LUTTZ, C. (2003). "Química de Alimentos: Manual de Laboratorio" (2003). Editorial Rodrigo Facio, San José - Costa Rica.
29. IBÁÑEZ, V. (2006). "Estadística no paramétrica aplicada a la ganadería". Editorial Universitaria. Puno – Perú.
30. INCOTEC, (1999). "Normas Técnicas Colombianas". Grasas y Aceites Comestibles. Método de determinación de Densidad. Instituto Colombiano de Normas Técnicas, Santa fe de Bogotá.
31. ITINTEC, (1983). "Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas".
32. KIRCHEMBAUER, F. (1954) "Grasas y aceites". Química y Tecnología. Editorial Continental S.A. México.

33. LAMARQUE, A., ZYGADLO, J., LABUCKAS, D., LÓPEZ, L., TORRES, M. y MAESTRI, D., (2008). "Fundamento Teórico de Química Orgánica". 1era ed. Editorial Brujas. Córdoba – Argentina.
34. LAWSON, H. (1999). "Aceites y Grasas Alimentarios". Tecnología Utilización e Industrialización. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza – España.
35. MARTINEZ, H., (2006). "Agroindustria y Competitividad". Editorial Mundo 3D. Bogotá – Colombia.
36. MAYTA, J. (2000). "Desamargado de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en un Reactor Air lift". Tesis Ing. Agroindustrial. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, E. P. Ing. Agroindustrial. Puno, Perú.
37. MEHLENBAHER, V. (1979). "Análisis de Grasa y Aceites". Ediciones Urmo. Bilbao.
38. MINAG (2011). "Misterio de agricultura". Estadística Agraria. Puno – Perú.
39. MUJICA, A., IZQUIERDO, J., MARATHEE, J., MORON, C., y JACOBSEN, E. (1998). "Reunión Técnica y Taller de Formulación de Proyecto Regional Sobre Producción y Nutrición Humana en Base a Cultivos Andinos". Edit. Memorias. Lima- Perú.
40. OROZCO, J. (2009). "Alternativas Alimentarias en Base a Productos Tradicionales para Escolares del Área de Influencia del proyecto Runa Kawsay Chimborazo 2009". Tesis de la Escuela de Nutrición y Dietética. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Salud Pública. Riobamba – Ecuador.

41. PALACIOS, A., SALAZAR, M., ESPINOZA, L., HERRERA, M. y HUAMANCAJA, C., (2003). "Obtención de Alcohol a partir de la Malta de *Lupinus mutabilis* (Tarwi)". Tesis de Ing. Química. Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ing. Química. Huancayo – Perú.
42. PEARSON, D. (1993). "Técnicas de Laboratorio para el Análisis de Alimentos". 2da Impresión. Acribia S.A. Zaragoza-España.
43. RAVGNANI, R., CARDOSO, A. y DA SILVA, P. (2001). "Información Tecnológica". Universidad Estatal de Maringá. Depto. de Ingeniería Química. Vol. 12. Maringa – Brasil.
44. RIOS, M., (2000). "Estudio de Aspectos Tóxicos al Incorporar 1/10 DL50 Perclorato de Lupanina en Raciones de Pollos Broilers". Tesis de la Universidad Austral de Chile. Facultad Ciencias Veterinarias. Valdivia. Chile.
45. RODRÍGUEZ, A. (2009). "Evaluación IN VITRO de la Actividad Antimicrobiana de los Alcaloides del Agua de cocción del Proceso del Desamargado del Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet)" Tesis de la Escuela de Bioquímica y Farmacia. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba – Ecuador.
46. ROBINSON, D. (1991) "Bioquímica y Valor Nutritivo de los Alimentos" Acribia S. A. Zaragoza - España.
47. ROSAS, A. (1998). "Aspectos Tóxicos y Productivos al Incorporar Diferentes porcentajes de Esparteína en Raciones de Pollos Broilers". Tesis de la Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Austral de Chile. Valdivia – Chile.

48. TAPIA, M. (1990). "Cultivos Andinos Subexplotados y su Aporte a la Alimentación". 1era Edición. Lima –Perú.
49. TREVEJO, E., y MAURY, L., (2002). "Extracción y Caracterización del aceite de Umari". Facultad de Industrias Alimentarias de la UNAP. Iquitos – Perú.
50. UREÑA, P. MILBERT, O. y ARRIGO, H. (1999). "Evaluación Sensorial de los Alimentos" Editorial UNMA. Lima-Perú.
51. VALDERRAMA, J., MERY, A. y ARAVENA, F. (1994). "Información Tecnológica". Vol. 5. Facultad de Ingeniería, Universidad La Serena. La Serena – Chile.
52. VELÁSQUEZ, G. (2006). "Fundamentos de Alimentación Saludable". Primera Edición. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín – Colombia.
53. ZUÑIGA, R. (2007). "Análisis Físicoquímico y Evaluación del Rendimiento de Extracción del Aceite de Semilla de Morro". Tesis de la Facultad de Ingeniería. Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala.

WEBGRAFIA

- 1) BELEN, CAMACHO, DR., MORENO, MJ., ALEMAN, R. y ALVAREZ, FJ. (2004). "Efectos de Temperatura de Secado Sobre la Degradación de Carotenoides en Frutos de Coroba". Ciencia y Tecnología de Alimentos.

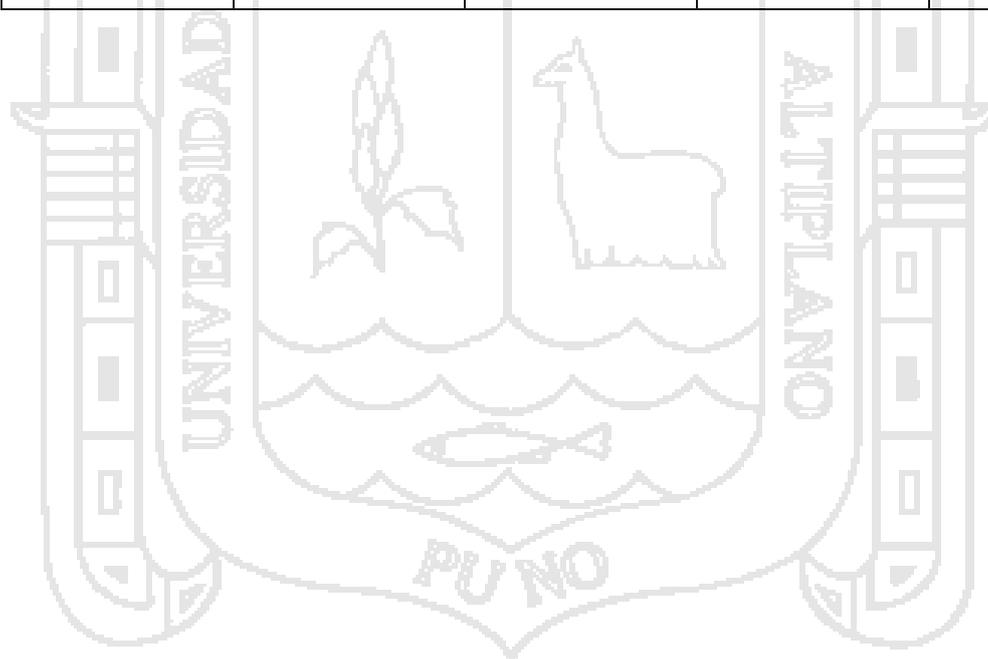
- 2) ESPINOZA, E. (2010). "Cultivos Andinos". Obtenida el 2 de Abril del 2010 de <http://edgarespinozamontesinos.blogspot.com/2010/11/blog-post.html>.
- 3) <http://wiki.sumaqperu.com/es/Tarwi>. Revisado el 3 de agosto de 2010.
- 4) <http://www.noubisac.com/Products.pdf>. revisado el 3 de agosto de 2010.
- 5) LUPINS.org. (2010), "INFORMATION RESOURCE PORTAL FOR LUPINS". (<http://www.lupins.org/feed>). Revisión el 2 de agosto 2010.
- 6) http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Intranet/Download/Hojas_Seguridad/Espanol/8032-32-4sp.pdf . Sintornag Reactivos Analíticos. Revisado el 13 de junio del 2012.
- 7) <http://www.siafa.com.ar/notisiafa/fichas/hexano.pdf>. Hexano SIAFA S.R.L. Revisado el 13 de junio de 2012.



ANEXO 1

CODIFICACION DE DATOS PARA UN DCC DE VARIABLES EN ESTUDIO TIEMPO Y MUETRA

Tratamiento	Factores Naturales		Factores Codificables	
	X ₁	X ₂	Tiempo (h)	Muestra (g)
1	-1	-1	4	25
2	+1	-1	8	25
3	-1	+1	4	50
4	+1	+1	8	50
5	0	0	6	73.5
6	0	0	6	37.5
7	0	0	6	37.5
8	0	0	6	37.5
9	0	0	6	37.5
10	-1.414	0	3.17	37.5
11	1.414	0	8.83	37.5
12	0	-1.414	6	19.83
13	0	+1.414	6	55.18



ANEXO 2

RESULTADOS OBTENIDOS DE LA PRUEBAS DEL HEXANO Y ETER DE PETROLEO

CUADRO A. DATOS OBTENIDOS PARA EL HEXANO

TRAT.	A=X1	B=X2	TIEMP.	MUESTR. (gm)	R1 %	R2 %	R3 %	PROMEDIO %
1	-1	-1	4	25	11.78230	11.2655	11.0176	11.3551
2	1	-1	8	25	18.6995	17.8794	17.7145	18.0978
3	-1	1	4	50	12.131	12.3773	12.2541	12.2541
4	1	1	8	50	16.7855	16.6453	16.7732	16.7347
5	0	0	6	37.5	13.1439	13.709	13.6723	13.5084
6	0	0	6	37.5	13.1439	13.709	13.6723	13.5084
7	0	0	6	37.5	13.1439	13.709	13.6723	13.5084
8	0	0	6	37.5	13.1439	13.709	13.6723	13.5084
9	0	0	6	37.5	13.1439	13.709	13.6723	13.5084
10	-1.414	0	3.2	37.5	10.0531	10.8233	10.3354	10.4039
11	1.414	0	8.8	37.5	16.7908	16.8172	16.7817	16.7966
12	0	-1.414	6	19.8	17.9937	17.4682	17.4567	17.6395
13	0	1.414	6	55.2	14.3156	14.8091	14.7034	14.6094

CUADRO B. DATOS OBTENIDOS PARA EL HETER DE PETROLEO

TRAT.	A=X1	B=X2	TIEMP.	MUESTR.	R1	R2	R3	PROMEDIO
1	-1	-1	4	25	9.92111	9.52716	9.98244	9.8102
2	1	-1	8	25	13.27308	13.07588	13.35056	13.2332
3	-1	1	4	50	9.07251	9.35546	9.41332	9.2804
4	1	1	8	50	13.62409	13.20434	13.5305	13.4530
5	0	0	6	37.5	10.40012	10.5364	10.22319	10.3866
6	0	0	6	37.5	10.40012	10.5364	10.22319	10.3866
7	0	0	6	37.5	10.40012	10.5364	10.22319	10.3866
8	0	0	6	37.5	10.40012	10.5364	10.22319	10.3866
9	0	0	6	37.5	10.40012	10.5364	10.22319	10.3866
10	-1.414	0	3.2	37.5	9.52411	9.07816	9.41377	9.3387
11	1.414	0	8.8	37.5	13.7091	13.3944	13.6052	13.5696
12	0	-1.414	6	19.8	9.96405	9.15396	9.61676	9.57826
13	0	1.414	6	55.2	11.53102	10.7812	10.8002	11.0375

ANEXO 3

CARTILLA DE EVALUACION SENSORIAL DEL ACEITE DE TARWI

FORMATO DE EVALUACION SENSORIAL

NOMBRE DE PANELISTA: _____ **FECHA** _____

PRODUCTO: ACEITE DE TARWI

Pruebe la muestra de aceite de tarwi que se le presenta e indique según la escala de opinión sobre ella.

Marque con una aspa (X) o encierre con un círculo (○) la calificación que le corresponda a la muestra.

Intensidad de las percepciones

- 1) Muy desagradable
- 2) Desagradable
- 3) Ni agradable ni desagradable
- 4) Agradable
- 5) Muy agradable

Sensaciones

SABOR	OLOR
<ul style="list-style-type: none"> 1) Muy desagradable 2) Desagradable 3) Ni agradable ni desagradable 4) Agradable 5) Muy agradable 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Muy desagradable 2) Desagradable 3) Ni agradable ni desagradable 4) Agradable 5) Muy agradable
COLOR	APARIENCIA GENERAL
<ul style="list-style-type: none"> 1) Muy desagradable 2) Desagradable 3) Ni agradable ni desagradable 4) Agradable 5) Muy agradable 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Muy desagradable 2) Desagradable 3) Ni agradable ni desagradable 4) Agradable 5) Muy agradable

Observaciones: _____

ANEXO 4

RESUMEN DEL ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO

CUADRO DE ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO APLICADO A 10 PANELISTAS

Panelista	Sabor		olor		color		Ap. General	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
1	3	3	4	3	2	1	2	3
2	3	3	4	4	3	1	2	3
3	3	3	3	4	3	1	2	3
4	4	3	4	4	2	2	3	3
5	3	4	4	3	2	2	3	2
6	3	3	4	3	2	2	3	3
7	4	3	3	3	3	2	4	3
8	4	3	4	4	2	1	2	3
9	4	3	4	3	3	1	3	3
10	4	2	4	3	3	2	3	2

T1= hexano; T2= Éter de Petróleo

Cuadro A: Prueba de comparación Takey.

T2	T1
3	3.5

Donde:

$$3.5 - 3 = 0.5 > 0.44045 *$$

Cuadro B: Prueba de comparación Takey.

T2	T1
1.5	2.5

Donde:

$$2.5 - 1.5 = 1 > 0.4949$$

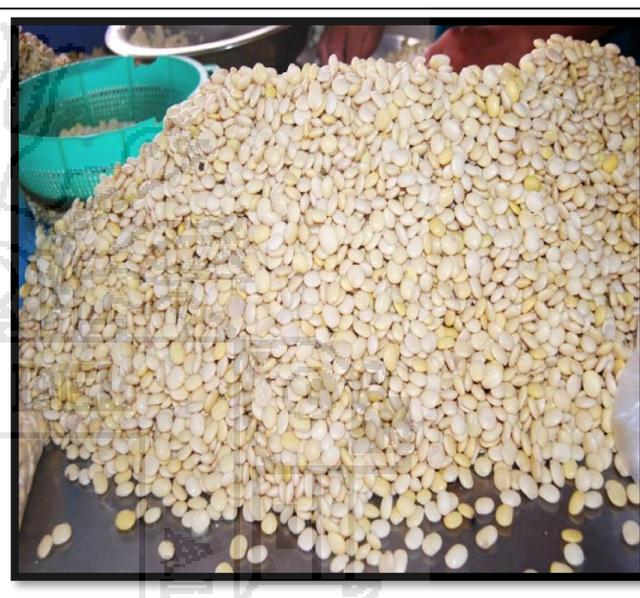
ANEXO 5

FOTOGRAFÍAS DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE TARWI

Fotografía 1. Materia Prima Tarwi



Fotografía 2. Proceso de hidratado



Fotografía 3. Proceso de Laminado

Fot

las Láminas

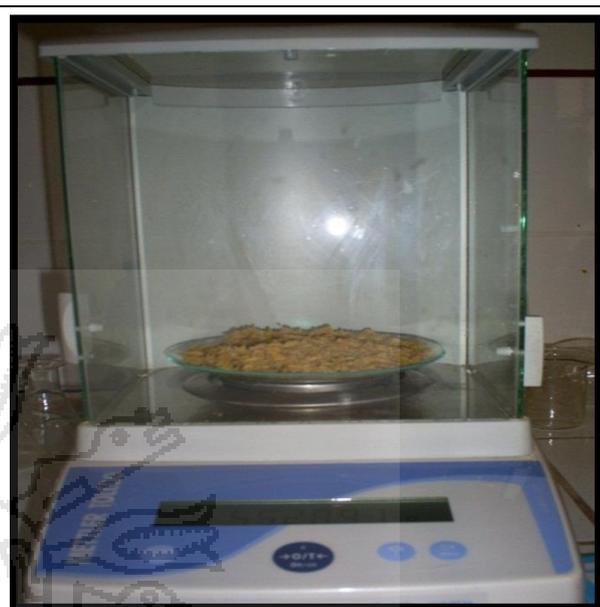


Fotografía 4. Proceso de Secado de las láminas





Fotografía 7. Proceso de Encapsulado en cartuchos de papel Whatman



Fotografía 8. Extracción de Aceite por Soxhlet

Fotografía 9. Aceite Extraído de Tarwi



Fotografía 10. Aceite extraído con el solvente Orgánico Éter de petróleo y Hexano







CERTIFICADOS

Universidad Nacional del Altiplano - Puno
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
 Ciudad Universitaria Av. Floral N° 1143, Telef.: (051) 366080

LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS
INFORME DE ENSAYO N° 001-11

SOLICITANTE: Bach. ROSA NUVAMA QUISEP CONDORI
PROCEDENCIA: TESIS E.P. INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
PRODUCTO: ACEITE DE TARWI
 TARWI DESAMARGADO

ANÁLISIS SOLICITADO: FÍSICO QUÍMICO
FECHA DE RECEPCIÓN: 08 de marzo del 2011
FECHA DE EMISIÓN: 08 de marzo del 2011

RESULTADOS:
 De acuerdo al Informe de los Análisis de Laboratorio que obra en los archivos los resultados son:

DETERMINACIONES FÍSICO QUÍMICAS DE ACEITE DE TARWI:

ENSAYOS	RESULTADOS
ACIDEZ %	0,18
ÍNDICE DE YODO %	78
ÍNDICE DE PEROXIDOS Mg/Kg	5,12
ÍNDICE DE SAPONIFICACION mg. KOH/gr	184
ÍNDICE DE INSAPONIFICACION gr/Kg	0,18 %
DENSIDAD (20°C)	0,919
COLORIMETRÍA -AMARILLO	77,0
-ROJO	74,1

DETERMINACIONES FÍSICO QUÍMICAS DE TARWI DESAMARGADO:

ENSAYOS	RESULTADOS
HUMEDAD %	7,55
PROTEÍNA %	51,94
GRASA %	20,27

CONCLUSIÓN: Los resultados Físico Químico de los productos de Aceite de Tarwi y Tarwi desamargado están conformes.

Puno, C.U. 08 de marzo del 2011

Ing. OSWALDO JAROS ALCA
 Analista de Calidad de Alimentos
 ANALISIS - LABORATORIO

Ing. M.Sc. F. Victor Choquehuancza Cáceres
 DIRECTOR



MINISTERIO DE AGRICULTURA
 INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA-INIA
 LABORATORIO DE ANALISIS
 ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
 ANEXO SALCEDO
 Ofic. Principal: Av La Molina 1981-La Molina Lima

CERTIFICADO DE ANALISIS

SOLICITANTE DIRECCION PROCEDENCIA PRODUCTO LOTE N° CANTIDAD TIPO DE ANALISIS N° DE ANALISIS FECHA DE PRODUCCION FECHA DE VENCIMIENTO FECHA DE MUESTREO Y HORA MUESTREO FECHA DE RECEPCION FECHA DE CERTIFICACION	Rosa Yuvana Quispe. Puno. Hojuela de Tarwi sin alcaloides. 01 78 gr Analisis Proteinas. 01 24 de Abril del 2012 Huancabamba. 20 de Abril del 2012 02 de Mayo del 2012.
---	--

Determinaciones	Resultados
Humedad %	0.00
Proteina (N x 6.25) %	26.48
Fibra %	0.00
Cenizas %	0.00
Grasa %	0.00
ELN %	00.00
Energia (Kcal/100g)	000.00
Acidez %	0.00
Impurezas macroscópicas %	0.00

Referencias:

148. Determinación de Proteína Método Kjeldahl (F.C. 658).
149. Determinación de Grasa Método Gravimétrico.
150. Determinación de Humedad Método Por diferencia.
151. Determinación de Cenizas Método Gravimétrico.
152. Determinación de Acidez Método Volumétrico.
153. Determinación de Fibra Método Weendy.
154. Método volumétrico. AOAC Official Methods of Analysis 965.33 Peroxide Value of Oils and Fats. Titration Methods Supplement March 1995.

Conclusiones:
 La muestra analizada de Hojuela de Tarwi CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:
 Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento.

INIA
 ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
 Ing° JORGE CANHUÁ ROJAS
 Jefe Laboratorio Análisis
 SALCEDO

Los resultados son aplicables a estas muestras.

ILLPA : Carretera Puno - Juliaca , Km. 22 Telf. (051) 62-2779

PUNO (Sede): Rinconada de Salcedo, Telefax (051) 36-3812 Cel. (051) 62-2760

Correo electrónico: canahuas@inia.gob.pe.

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA-INIA
LABORATORIO DE ANALISIS
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
ANEXO SALCEDO
Ofic. Principal: Av La Molina 1981-La Molina Lima

SOLICITANTE
DIRECCION
PROCEDENCIA
PRODUCTO
LOTE N°
CANTIDAD
TIPO DE ANALISIS
N° DE ANALISIS
FECHA DE PRODUCCION
FECHA DE VENCIMIENTO
FECHA DE MUESTREO Y HORA MUESTREO
FECHA DE RECEPCION
FECHA DE CERTIFICACION

CERTIFICADO DE ANALISIS
Rosa Yuyana Cuspe
Puno
Hojelca de Tarwi
08
80 gr
Análisis Humedad, Producto Estreco y Proteína
01
10 de Febrero del 2012
Interlagos
12 de Marzo del 2012
15 de Marzo del 2012

Determinaciones	Resultados
Humedad %	3.57
Proteína (N x 6.25) %	39.20
Fibra %	0.00
Cenizas %	0.00
Grasa %	0.89
ELN %	00.00
Energía (Kcal/100g)	000.00
Acidez %	0.00
Impurezas macroscópicas %	0.00

Referencias:

81. Determinación de Proteína Método Kjeldahl (F.C. 688)
82. Determinación de Grasa Método Gravimétrico
83. Determinación de Humedad Método Por diferencia.
84. Determinación de Cenizas Método Gravimétrico
85. Determinación de Acidez Método Volumétrico.
86. Determinación de Fibra Método Weendy
87. Método volumétrico AOAC Oficial Methods of Analysis 965.33 Peroxide Value of Oil and Fats. Cuspe Methods Supplement March 1995

Conclusiones:
La muestra analizada de Hojelca de Tarwi CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales

Nota:
Cualquier corrección o enmendatura anula al presente documento.

INIA
ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
Ing° JORGE CANIHUA FOJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

Los resultados son aplicables a estas muestras.

ILLPA : Carretera Puno - Juliaca , Km. 22 Telf. (051) 62-2779
PUNO (Sede): Rinconada de Salcedo, Telefax (051) 36-3812 Cel. (051) 62-2760
e-mail : illpa@inia.gob.pe, jcanihua@inia.gob.pe.