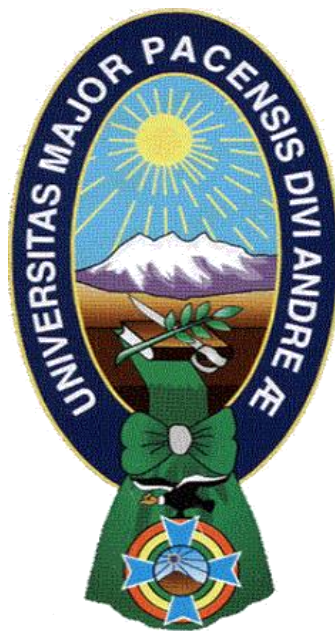


UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE TECNOLOGIA
CARRERA DE QUÍMICA INDUSTRIAL



EXTRACCIÓN Y DETERMINACION DE LOS INDICADORES
DE CALIDAD DEL ACEITE DE TARWI (*Lupinus Mutabilis*
***Sweet*) Y SU INFLUENCIA CON LA RADIACION**
ULTRAVIOLETA

Proyecto de grado para optar al título de licenciatura en Química Industrial

Por: PINTO ZARATE CARMEN

Tutor: PhD RÓMULO RENE GEMIO SIÑANI

Cotutora: LIC. ELIANA PATRICIA DUCHEN URIARTE

La Paz – Bolivia

2022

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
4. JUSTIFICACIÓN	8
5. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	9
5.1. Objetivo general.....	9
5.2. Objetivos específicos	9
6. MARCO TEORICO	10
6.1. Leguminosas	10
6.2. Tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>).....	10
6.3. Especies	11
6.4. Tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>) en Bolivia.	11
6.5. Clasificación taxonómica del tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>)	12
6.6. Características de la planta de tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>)	13
6.7. Morfología del grano de tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>).....	14
6.8. Composición química del tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>).....	15
6.9. Alcaloides	18
6.9.1. Propiedades químicas y fisicoquímicas de los alcaloides	19
6.10. Alcaloides del tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>).....	19
6.10.1. Composición de los alcaloides del tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>)	20
6.10.2. Estructura química de los alcaloides en el tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>)	21
a) Lupanina.....	21

b)	Esparteína	22
c)	Hidroxilupanina	23
d)	Lupinina	24
e)	Angustifolina	24
6.10.3.	Eliminación de alcaloides del Tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>)....	25
6.10.4.	Aplicaciones de los alcaloides Quinolizidinicos del tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>)	27
6.11.	Estudio del producto	27
6.11.1.	Generalidades de los aceites y grasas	27
6.11.2.	Aceite vegetal.....	28
6.11.3.	Composición de los aceites vegetales	29
6.11.4.	Extracción de Aceites Vegetales	30
6.11.5.	Extracción de transferencia de masa (sólido -líquido).....	31
6.11.6.	Extracción del aceite por solvente	32
6.11.7.	Enranciamiento en los lípidos.....	33
6.11.8.	Análisis de Control de Calidad de Aceites Vegetales.....	34
6.12.	Aceite de Tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>).....	44
6.12.1.	Características del aceite de tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>).....	45
6.13.	El color de los aceites vegetales y la foto decoloración	47
7.	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	54
7.1.	Recolección de los granos (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>)	54
7.2.	Parte experimental	55
7.2.1.	Equipos.....	55
7.2.2.	Reactivos	55
7.2.3.	Materiales de laboratorio.	56

7.3. Metodología.....	57
7.3.1. Toma de muestras	57
7.3.2. Molienda de la semilla de tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>).....	58
7.3.3. Extracción del aceite de la semilla de tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>)	59
7.3.4. Análisis cuantitativo de los alcaloides presentes en la harina y aceite de tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>).....	62
a) Determinación de los alcaloides presentes en la harina de tarwi (sin desamargar)	62
b) Determinación de los alcaloides presentes en el aceite de tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>) extraído en laboratorio.	65
7.3.5. Análisis de parámetros fisicoquímicos del aceite de tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>)	69
a) Densidad	69
b) Índice de acidez	70
c) Índice de saponificación	71
d) Índice peróxido	72
e) Índice de yodo	74
7.3.6. Muestra de comparación “Aceite de oliva extra virgen”	79
7.4. Equipo de radiación ultravioleta en las muestras de aceite de Tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>)	80
7.4.1. Espectro de absorción del aceite de tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>) y aceite de oliva extra virgen	82
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	85
8.1. Rendimiento del aceite de tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>),.....	85
8.2. Determinación de alcaloides totales presentes en la harina de tarwi “sin des amargar”.	86

8.3. Determinación de los alcaloides presentes en el aceite de tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>) extraído en laboratorio.....	87
8.4. Determinación de los parámetros organolépticos a la muestra de aceite de tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>) extraído en laboratorio.....	88
8.5. Determinación de los parámetros fisicoquímicos de la muestra de aceite de tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>) extraído en laboratorio.....	89
a) Densidad	89
b) Índice de acidez	90
c) Índice de saponificación	90
d) Índice peróxido	91
e) Índice de yodo	92
8.6. Radiación de luz ultravioleta del aceite de tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>)	93
8.7. Verificación de los alcaloides presentes en el aceite de tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>) después de exponer la muestra a la radiación ultravioleta.....	94
8.8. Determinación de los parámetros de calidad en el aceite de tarwi después de la exposición a la radiación con luz.....	96
8.8.1. Análisis organoléptico al aceite de tarwi después de someter la muestra a la radiación ultravioleta.....	97
8.8.2. Análisis fisicoquímico al aceite de tarwi después de someter la muestra a la radiación ultravioleta.....	97
8.9. Comparación de los resultados obtenidos en laboratorio antes y después de la radiación ultravioleta al aceite de tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>)...	98
8.9.1. Comparación organoléptica del aceite de tarwi antes y después de la radiación ultravioleta	98
8.9.2. Comparación de los parámetros fisicoquímicos del aceite de tarwi antes y después de la radiación con luz ultravioleta	98

8.10. Análisis de control de calidad al aceite de oliva extra virgen “muestra de comparación” en el presente proyecto.	101
8.10.1. Análisis organoléptico del aceite de oliva extra virgen “muestra de comparación”	101
8.10.2. Análisis fisicoquímico del aceite de oliva extra virgen “muestra de comparación”	101
8.11. Determinación de los parámetros de calidad del aceite de oliva extra virgen después de la exposición a la radiación ultravioleta.	103
8.11.1. Análisis organoléptico al aceite oliva extra virgen después de someter la muestra a la radiación ultravioleta	103
8.11.2. Análisis fisicoquímico al aceite de oliva extra virgen después de someter la muestra a la radiación ultravioleta	103
8.12. Comparación de resultados obtenidos al aceite de oliva extra virgen “muestra de comparación” antes y después de la radiación ultravioleta.	104
8.12.1. Comparación organoléptica del aceite de oliva extra virgen “muestra de comparación” antes y después de la radiación ultravioleta.	104
8.12.2. Comparación de los parámetros fisicoquímicos del aceite de oliva extra virgen antes y después de la radiación ultravioleta.....	105
8.13. Comparación de los parámetros de calidad del aceite de tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>) y aceite de oliva extra virgen “muestra de comparación” después de someter ambas muestras a la radiación ultravioleta	107
8.13.1. Comparación organoléptica del aceite de tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>) y aceite de oliva extra virgen “muestra de comparación” después de someter ambas muestras a la radiación ultravioleta.	107
8.13.2. Comparación de los parámetros fisicoquímicos del aceite de tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>) y aceite de oliva extra virgen “muestra de comparación” después de someter ambas muestras a la radiación ultravioleta.	108

8.14. Estudio del efecto de la radiación ultravioleta (UV) en el color del aceite de tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>).....	109
9. Aplicación del aceite de tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>).....	112
9.1. Aceite para herramientas	112
9.2. Aceite de tarwi para combatir la oxidación en clavos tornillos	113
9.3. Aceite de tarwi para la elaboración de jabones.....	115
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	118
10.1. Conclusiones.....	118
10.2. Recomendaciones	120
11. ANEXOS	122
11.1. Anexos A: NTE INEN 2 390:2004 2005-09	122
11.2. Anexo B: IBNORCA NB 74013:2010	123
12. BIBLIOGRAFIA.....	128

TABLAS

Tabla 1 Volumen, superficie y rendimiento de la producción de tarwi según departamento en Bolivia 2017 (En quintales, hectáreas y qq/ha).....	12
Tabla 2 El tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet) presenta la siguiente clasificación taxonómica:.....	12
Tabla 3 Composición nutricional del grano de Tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet).....	16
Tabla 4 Composición del valor nutritivo de la semilla de tarwi y otros granos.....	17
Tabla 5 Contenido de ácidos grasos (% del total de ácidos grasos) de la semilla del tarwi comparado con otros granos.....	17
Tabla 6 Contenido de aminoácidos en la semilla de Tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet)..	18
Tabla 7 Composición de los alcaloides quinolizidinicos en la semilla de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet)	21
Tabla 8 Composición de ácidos grasos del Tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet) % de ácidos grasos	46
Tabla 9 Comparación de composición de ácidos grasos del aceite de Tarwi (Lupinus Mutabilis Swett), oliva y otros aceites vegetales	47
Tabla 10 Determinación de los alcaloides presentes en la harina de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet)	86
Tabla 11 Determinación de los alcaloides presentes en el aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet)	87
Tabla 12 Determinación de los parámetros organolépticos al aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet)	88
Tabla 13 Determinación de la densidad en el aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet)	89
Tabla 14 Determinación del índice de acidez en el aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet).....	90

Tabla 15 Determinación del índice de saponificación en el aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet)	91
Tabla 16 Determinación del índice peróxido en el aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet).....	91
Tabla 17 Determinación del índice de yodo en el aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet).....	92
Tabla 18 Datos comparativos de aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet).....	93
Tabla 19 Determinación de los alcaloides presentes en el aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet) después de la exposición a la radiación ultravioleta.....	95
Tabla 20 Determinación de la muestra de aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet) luego de la radiación ultravioleta	97
Tabla 21 Comparación de los parámetros fisicoquímicos al aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Swett) antes y después de la radiación ultravioleta	98
Tabla 22 Determinación de los parámetros organolépticos al aceite de de oliva extra virgen “muestra de comparación” Vallesur.....	101
Tabla 23 Análisis fisicoquímico del aceite de oliva extra virgen y comparación con las normas CODEX STAN 33-1981 Normas para aceites de oliva virgen y aceite de oliva refinado	102
Tabla 24 Requisitos para el jabón de lavar en panes o barras.....	125

FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Planta de tarwi “Lupinus Mutabilis Sweet en proceso de crecimiento	14
Fotografía 2 Granos de Tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet)	15
Fotografía 3 Siembra de tarwi en las comunidades de Quillima y Santiago de Okola, Altiplano Norte alrededores del Lago Titicaca (La Paz).	54
Fotografía 4 Mercado Uruguay-La Paz-Bolivia	54
Fotografía 5 Granos de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet) libre de impurezas.	58
Fotografía 6 Molienda de la semilla de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet) en un molidor manual para la extracción del aceite.	58
Fotografía 7 Peso de las semillas de tarwi trituradas en el molidor manual	59
Fotografía 8 Inicio y conclusión de la extracción del aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet).....	59
Fotografía 9 Extracción del aceite de tarwi separación (torta y aceite)	60
Fotografía 10 Filtración del aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Swett)	60
Fotografía 11 Equipo de destilación fraccionada.....	61
Fotografía 12 Aceite y el solvente separados.....	61
Fotografía 13 Procedimiento para la verificación de los alcaloides en la harina de tarwi norma.....	63
Fotografía 14 Procedimiento para la verificación de los alcaloides en el aceite de tarwi	65
Fotografía 15 Procedimiento para la determinación de la densidad del aceite de tarwi ..	69
Fotografía 16 Procedimiento para la determinación del índice de acidez del aceite de tarwi	70
Fotografía 17 Procedimiento para la determinación del índice de saponificación en el aceite de tarwi	71
Fotografía 18 Procedimiento para la determinación del índice de peróxido del aceite de tarwi.....	72

Fotografía 19 Procedimiento para la determinación del índice de yodo del aceite de tarwi	74
Fotografía 20 Procedimiento para la preparación de la solución de Wijs para el Índice de Yodo.....	76
Fotografía 21 Muestra de aceite de oliva extra virgen “Vallesur.....	79
Fotografía 22 Equipo de radiación ultravioleta.....	80
Fotografía 23 Muestra de aceite de tarwi y aceite de oliva extra virgen (muestra de comparación) acondicionados para entrar al equipo de radiación ultravioleta.....	81
Fotografía 24 Muestra de aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet) y aceite de oliva extra virgen expuestas a el equipo de radiación ultravioleta a determinados tiempos.....	81
Fotografía 25 Espectrofotómetro UV-VIS para la cuantificación (marca: BIOCHROM)	82
Fotografía 26 Barrido de ondas en el Espectrofotómetro UV-VIS del aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet).....	83
Fotografía 27 Equipo de radiación ultravioleta en muestras de aceite (tarwi y oliva extra virgen) a diferentes tiempos de exposición.	94
Fotografía 28 Muestras de aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet) antes y después de la radiación luz, de la radiación luz temperatura 35°C.	96
Fotografía 29 Muestras de aceite de oliva extra virgen antes y después de la radiación ultravioleta “muestra de comparación”.....	103
Fotografía 30 Aceite de tarwi y aceite de oliva extra virgen después de la radiación ultravioleta.....	107
Fotografía 31 Muestras de aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet) antes y después de la radiación luz temperatura 38-42°C	110
Fotografía 32 Lubricación del aceite de tarwi en las bisagras en puertas de metal y de madera.	112
Fotografía 33 Clavos y tornillos bastante oxidados por el pasar del tiempo	113

Fotografía 34 Sumergimos los clavos y tornillos en el aceite de tarwi para eliminar la oxidación de los mismos.	113
Fotografía 35 Muestra de clavos en plena eliminación de la oxidación que contiene...	114
Fotografía 36 Clavos y tornillos totalmente limpios libres de óxido (sarro)	114
Fotografía 37 Herramientas “clavos y tornillos antes y después de eliminar la oxidación con aceite de tarwi obtenido en laboratorio.	115
Fotografía 38 Jabones de aceite de tarwi en molde.....	116
Fotografía 39 Desmoldado de los jabones de aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet) secos	117
Fotografía 40 Jabones de aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet) secos.....	117

FIGURAS

Figura 1 Estructura molecular de la Lupanina	22
Figura 2 Estructura molecular de la esparteína	23
Figura 3 Estructura molecular isómeras de la Hidroxilupanina (4-Hidroxilupanina, 13-hidroxilupanina)	23
Figura 4 Estructura molecular de la Lupinina.....	24
Figura 5 Estructura molecular de la Angustifolia	24
Figura 6 Proceso tradicional de desamargado de tarwi en ríos del Altiplano.....	26
Figura 7 Proceso de cocción y desamargado industrial del tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet).....	26
Figura 8 Estructura generalizada de las grasas	28
Figura 9 Clorofila a y Clorofila b en las plantas	51

DIAGRAMAS

Diagrama 1 Causas y efectos del desconocimiento del tarwi en la sociedad actual y su contenido de alcaloides	6
Diagrama 2 Procedimiento para la determinación cuantitativa de los alcaloides de tarwi	68
Diagrama 3 Extracción del aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet).....	78
Diagrama 4 Procedimiento para la exposición de muestras de aceite de Tarwi y aceite de oliva extra virgen en el equipo de radiación ultravioleta	84

GRÁFICAS

Gráfico 1 Espectros de absorción de clorofila a y b.....	50
Gráfico 2 Espectros, donde se produce la eliminación gradual de las bandas de los pigmentos en el aceite de Tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet)	11111

Clama a mí, y yo te responderé, y te enseñare cosas grandes y ocultas que tú no conoces.

Jeremías 33:3

DEDICATORIA

Al culminar esta importante etapa de mi vida, dedico este proyecto de grado a:

A DIOS.

En primer lugar, **Él** me ha dado fortaleza para continuar en cada etapa de mi vida; por iluminar mi camino de amor y esperanza, mi agradecimiento infinitamente, por darme valor, perseverancia, fortaleza, paciencia y sabiduría en cada momento de mi vida y porque hizo realidad este sueño anhelado.

A MIS PADRES.

Juan Pinto Rocha y Lucia Zarate de Pinto pilares fundamentales en mi vida, por ser mi apoyo incondicional en toda la vida y por la motivación constante a estudiar y salir adelante con mucho amor y cariño, les dedico todo mi esfuerzo, en reconocimiento a todo el sacrificio puesto para que yo pueda estudiar, y ser mejor persona se merecen esto y mucho más.

A MIS HERMANOS.

Mario: por demostrarme que a pesar de las caídas existe un nuevo amanecer.

Eliana: por enseñarme que no existe imposibles.

Este logro también es de ustedes.

A MI PEQUEÑA HIJITA.

El regalo más grande que Dios me pudo dar mi hijita **Diana Nicol Aponte Pinto**, el cual es mi mayor motivación, inspiración y felicidad, por ella siento que debo ser mejor cada día y lograr todas mis metas.

A MI ESPOSO.

Jairo Aponte, por estar a mi lado y darme el ánimo para que día con día pueda alcanzar nuevas metas tanto profesionales como personales.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por darme la vida y darme la oportunidad de culminar mis estudios, su amor y su bondad no tienen fin me permite sonreír ante mis logros que son el resultado de su ayuda y sin la cual no sería nadie en esta vida, cuando caigo y me pone a prueba aprendo de mis errores y me doy cuenta de que lo pone en frente mío para que mejore como ser humano y crezca en diversas maneras tanto espiritual, intelectual y personalmente. “El Señor es mi luz y mi salvación” Salmo 27:1

Agradezco a mis tutores:

PHD. ROMULO RENE GEMIO SIÑANI

LICENCIADA. ELIANA PATRICIA DUCHEN URIARTE

Mi gratitud, aprecio y respeto por sus enseñanzas, sus conocimientos brindados a mi persona, su dedicación, orientación y su paciencia han sido fundamentales para mi formación tanto profesional como personal. Cada uno a su manera ha sido capaz de ganarse mi admiración por sus cualidades personales y profesionales, inculcando en mi seriedad, responsabilidad y rigor académico sin los cuales no podría tener formación completa como profesional.

Agradezco a la carrera de Química Industrial de la Facultad de Tecnología – UMSA, por acogerme en sus aulas y laboratorios y de esta manera enriquecer mis conocimientos y al mismo tiempo ser un segundo hogar durante los años de estudio de la carrera.

Así también mi agradecimiento a la carrera de Cs. Químicas de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales - UMSA por brindarme y facilitarme sus laboratorios y de esta manera culminar el presente proyecto.

Así también agradezco a todas las personas que me apoyaron e hicieron posible que este trabajo se realice con éxito.

RESUMEN

El presente estudio se fundamenta en la extracción del aceite a partir de las semillas del fruto de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) para proseguir con su respectiva caracterización y el efecto que tiene con la radiación UV.

El método óptimo que utilizamos para la extracción del aceite es (sólido líquido) con un rendimiento de 27.13 % utilizando como solvente éter de petróleo.

Se determinó los alcaloides presentes en la harina de tarwi y en el aceite de tarwi con un porcentaje de 3.4448 % y 0.9613 % respectivamente.

Se determinaron los parámetros físico- químicos al aceite como densidad, índice de acidez, % acidez total como ácido oleico, índice de saponificación, índice peróxido e índice de yodo, mismos que se asemejan notablemente a los parámetros del aceite de oliva extra virgen, estos valores se determinaron antes y después de la radiación UV comprobándose que el aceite sufre una descomposición en la calidad y decoloración de la pigmentación del aceite, después de ser sometido a este método.

Así también se verificó mediante el espectrofotómetro la eliminación gradual de las bandas de los dos pigmentos diferentes (feofitina α y β -caroteno) los cuales se encuentran disueltos en el aceite. Esto a causa de la radiación con luz UV método que utilizaremos en el presente proyecto.

Finalmente se aplicó el aceite de tarwi en la lubricación de bisagras en puertas y como aceite desoxidante y abrillantador de metales con un resultado bastante eficaz, así también se aplicó el aceite en la elaboración de jabones con óptimos resultados.

ABSTRACT

The present study is based on the extraction of oil from the seeds of the tarwi fruit (*Lupinus Mutabilis Sweet*) to continue with its respective characterization and the effect it has with UV radiation.

The optimal method that we use for the extraction of the oil is (solid liquid) with a yield of 27.13 % using petroleum ether as solvent.

The alkaloids present in tarwi flour and tarwi oil were determined with a percentage of 3.4448% and 0.9613% respectively.

The physical-chemical parameters of the oil were determined such as density, acidity index, % total acidity as oleic acid, saponification index, peroxide index and iodine index, which are remarkably similar to the parameters of extra virgin olive oil, these Values were determined before and after UV radiation, verifying that the oil undergoes a decomposition in the quality and discoloration of the pigmentation of the oil, after being subjected to this method.

Thus, the gradual elimination of the bands of the two different pigments (phaeophytin a and β -carotene) which are dissolved in the oil, was also verified by means of the spectrophotometer. This is due to radiation with UV light, a method that we will use in this project.

Finally, tarwi oil was applied to lubricate door hinges and as a deoxidizing oil and metal polish with quite effective results, and the oil was also applied in the production of soaps with excellent results.

1. INTRODUCCIÓN

Las leguminosas son una fuente alimentaria muy importante para el ser humano, poseen gran valor proteico, aunque también contienen cantidades variables de carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales.

El tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) es un cultivo que pertenece a la familia de las leguminosas, domesticado en la región andina desde tiempos preincaicos. Su centro de origen se encuentra en la región andina de Bolivia, Ecuador y Perú, países en los cuales se encuentra la mayor variabilidad genética. El tarwi muestra una amplia diversidad genética con gran variabilidad de adaptación a suelos, precipitación, temperatura y altitud, además que cumple también una función importante en la restauración de la fertilidad en los sistemas agrícolas.

Es un alimento extraordinariamente nutritivo. Sus semillas contienen un alto porcentaje de aceites el cual varía entre (14 a 24) % y proteínas en un rango de (41 a 51) %. Además, contiene, 7.65% de fibra cruda, 4.145% de cenizas y 35.77 % de carbohidratos, (Rodríguez, 2009). También en la lista de bondades incluye el hierro, calcio y fósforo, por eso se dice que es provechoso para niños y niñas en etapa de crecimiento y mujeres embarazadas y en periodo de lactancia. Por todo esto es considerado desde tiempos milenarios como la “soya de los Andes”.

Esta leguminosa se desarrolla dentro de una vaina y varía de forma: redonda, ovalada, o casi cuadrangular o lenticulares, de (5 a 15) mm de largo y (6 a 8) mm de ancho. El tegumento que cubre esta semilla es de consistencia dura y contienen alcaloides amargos que impiden su consumo y principal causa por la que no es consumida e incluso olvidada en la actualidad a pesar de sus grandes propiedades nutricionales.

La presencia de alcaloides complica su uso alimentario, para que su consumo sea seguro, así la Organización de las Naciones Unidas, para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha establecido que los niveles de alcaloides presentes en el grano y sus derivados no deben sobrepasar el 0,02%, expresado como alcaloides totales en base seca.

El cultivo de tarwi en Bolivia se concentra en los departamentos de: La Paz (municipios a orillas del Lago Titicaca). Potosí, (municipios de Ravelo, San Pedro de Buena Vista, entre los principales); Cochabamba (municipios de Alalay, Arque y Tiraque entre los más importantes); Chuquisaca (municipios de Tarabuco y Yamparaes)

El presente proyecto de grado quiere ser un aporte a un mayor conocimiento de esta leguminosa de múltiples bondades en este caso la transformaremos en aceite, el cual extraeremos del fruto de esta leguminosa, se ha realizado análisis en laboratorio de los parámetros de calidad del aceite procedente de esta leguminosa mismo que se asemejan a los parámetros establecidos del aceite de oliva extra virgen el cual en este caso, será nuestra “muestra de comparación”.

Así también en este caso la muestra de aceite de tarwi será sometido a un proceso de “radiación por luz ultravioleta” esto para verificar como influye este método en los alcaloides que están presentes en el aceite de tarwi ; principalmente la lupanina alcaloide que se encuentra en mayor cantidad en esta leguminosa y por el cual tiene un sabor amargo y es inconsumible directamente, también verificamos cómo influye este método en los parámetros de calidad del aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) y de qué manera incide este método en la pigmentación del aceite a causa de la radiación por luz ultravioleta.

Se ha realizado una comparación con el aceite de oliva extra virgen que en este caso será nuestra “muestra de comparación” por ser un aceite de múltiples beneficios a la salud de quienes lo consumen, el cual contiene gran cantidad de ácidos grasos y propiedades fisicoquímicas normalizadas la cual hace que sea un aceite completo.

2. ANTECEDENTES

El tarwi es una leguminosa rica en proteínas y grasas. Su contenido proteico es incluso superior al de la soya como mencionamos anteriormente, ya que supera en algunos casos el 50%; su contenido graso es muy similar. El autor (Schoeneberger, Gross, Cremer, & Elmadfa, 1982) realizó estudios en más de 300 genotipos diferentes en esta leguminosa, los cuales muestran que la proteína varía de (41 a 51) % y el aceite de (14 a 24) %.

(Hatzold et al, 1983) Reportan valores muy similares para proteínas (37,7 a 49,7%) y grasas (12,8 a 22,2) %. Por su parte el autor (Cremer, 1983) mencionan que la composición del tarwi es casi similar al de la soya, con (32 a 40) % de proteína y (17 a 23) % de contenido graso en base seca.

(Mujica. & Jacobsen., 2006) Indica que el contenido de alcaloide del tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*), representa uno de los problemas para la obtención y rendimiento de extracción de su aceite. El grano de tarwi crudo es amargo esto por el alto contenido de alcaloides como (lupanina, lupinina, lupanidina o esparteína y otros), por lo tanto, es inconsumible. Solo se puede consumir si antes se realiza un desamargado al grano de tarwi el cual consta de varios lavados y remojos a la semilla, misma que dificulta su consumo directo y por el cual a veces ni lo consumen.

(Tapia M. , 2015) Menciona en su “investigación sobre el tarwi” que agricultores andinos han desarrollado una tecnología muy simple para liberar los alcaloides de esta leguminosa. Este proceso consiste en cocinar las semillas por lo menos 2 horas y luego introducirlas en sacos para ser depositados en los lechos de los ríos, durante un periodo de (6 a 8) días. Este proceso es denominado “desamargado” el cual también ocasiona la pérdida de los nutrientes que contiene, como proteínas y carbohidratos solubles y aminoácidos en cantidades apreciables y no tiene ningún control en el aspecto sanitario.

Este proceso hasta la fecha no ha sido aún sustituido por otro método que demuestre ser eficiente y económico. Un análisis bastante completo de alcaloides de tarwi ha sido realizado por (Hatzold T., 1983), citado por (Tapia M. , 2015), el cual muestra gran variedad de alcaloides presentes según la variedad de esta leguminosa, destacándose la presencia de lupanina como el alcaloide más común.

(Mori & Paz, 2008) Indica que, el contenido de alcaloides en el tarwi varía de (0,02 a 4,45) % y en el follaje de (0,1 a 0,4) %; los alcaloides reportados son del tipo quinolizidinicos tales como: lupanina, esparteína, 13-hidroxi-lupanina, 4-hidroxi-lupanina, isolupanina entre otros. Entre todos los indicados, los que se representan en mayor proporción son las lupininas (27 a 74) %, estos alcaloides quinolizidinicos amargos en la semilla del tarwi son sustancias antinutritivas, que hasta el momento han sido el mayor obstáculo para su utilización en la alimentación humana y animal, se reporta que las variedades mejoradas denominadas dulces tienen un contenido de alcaloides menor al 1,16 %.

El autor (Carrion Muñoz) indica que ya se ha intentado la producción industrial del aceite de tarwi; aunque la planta que funciono en Cañete a fines de la década de los 70 fracaso, debido principalmente a que el proceso era caro, ello no significa que no se puedan encontrar en el futuro, procedimientos más económicos haciendo uso de la tecnología moderna.

La extracción y caracterización del Aceite de Tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) a nivel laboratorio es variado tiene por objetivo determinar los parámetros de: (extracción, tiempo, cantidad de muestra y tipo de solvente, rendimiento óptimo para el aceite obtenido), así también determinar las características fisicoquímicas como (densidad, índice de acidez, peróxidos, colorimetría, yodo, saponificación).

Los solventes que normalmente se usa para la extracción del aceite de tarwi son éter de petróleo y hexano. La autora (Quispe C. R., 2012). Determinó los parámetros de extracción del aceite de tarwi verificando el (tiempo, cantidad de muestra y tipo de solvente), así también determino las características fisicoquímicas del aceite como: índice

de (acidez, peróxidos, colorimetría, yodo, saponificación, insaponificación y densidad).

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. Así también se determinó que el solvente con un rendimiento óptimo es el hexano a comparación del éter de petróleo. Los índices fisicoquímicos obtenidos del aceite son: 0.18 de ácido oleico, 5.12 meq. O₂/100. índice de peróxidos, 184 mg KOH/g de índice de saponificación, 0.18 % de insaponificación y peso específico de 0.919 g/mL; 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.

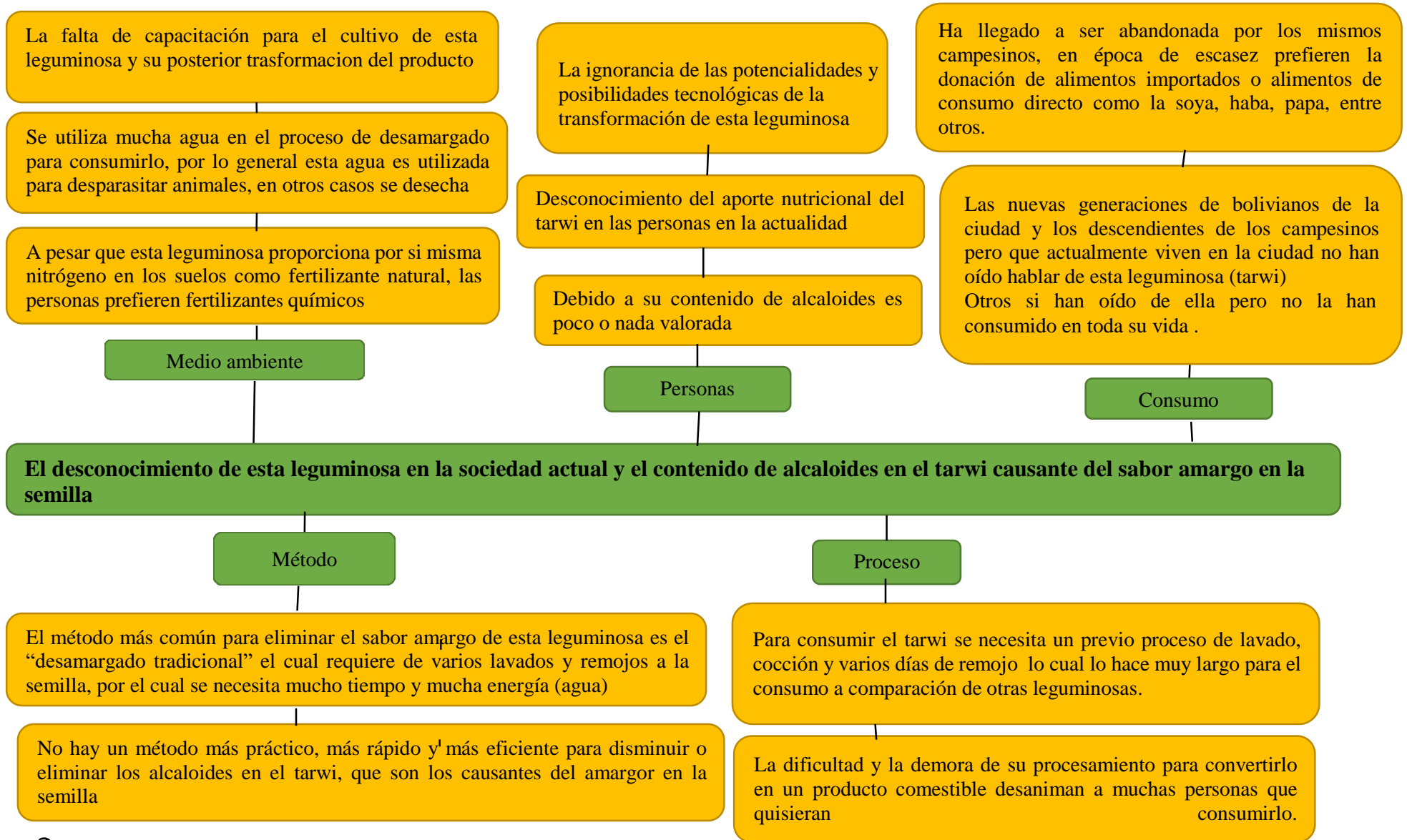
(Villacrés, 2010) El autor evaluó el rendimiento de la extracción del aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*), variedad Andino 450 y sus características fisicoquímicas y nutraceúticas. Para la extracción del aceite se utilizó hexano como solvente. Con un rendimiento de 25,65 % (p/p), se obtuvo el aceite a partir del grano triturado a un tamaño de partícula de 20 mesh, con un tiempo de reflujo de 8 horas. Se determinó que las características físicas del aceite de tarwi son similares a la de los aceites de oliva, soya y girasol, sin embargo, el perfil de ácidos grasos es semejante al aceite de soya, lo cual permite recomendar su consumo especialmente como aceite para ensaladas. El aceite de tarwi presenta un valioso aporte nutricional, como fuente de ácidos grasos esenciales: Linoleico n-6 (28,17%) y ácido Linolénico n-3, (2,54 %) y γ -Tocoferol (1172,8 ppm).

(Hatzold T., 1983, págs. 32-125), Destacan que el aceite de tarwi no contiene ácido Erúxico lo cual es una ventaja ya que este ácido graso es potencialmente tóxico.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Diagrama 1

Causas y efectos del desconocimiento del tarwi en la sociedad actual y su contenido de alcaloides



Por tanto mediante el presente proyecto damos un plus a esta leguminosa que beneficie y atraiga al consumidor para poder consumirlo o utilizarlo, transformándolo en un nuevo producto como es el “*aceite de Tarwi*” al cual determinamos tanto sus propiedades químicas y físicas del aceite, pero en este caso utilizaremos un método diferente; a los métodos tradicionales para eliminar los alcaloides que contiene esta semilla, este método es la “radiación ultravioleta” método que aún está en sus inicios en nuestro país e incluso es poco o nada conocido, pero que está en gran avance en otros países y es de gran ayuda sobre todo en la rama de alimentos. (Rodriguez, 2004).

Principalmente verificaremos si este es un método óptimo para la eliminación total o disminución de los alcaloides en esta semilla de tarwi sobre todo la (Lupanina), alcaloide que se encuentra en gran cantidad y es causante del sabor amargo en la semilla, así también verificaremos como actuara la radiación ultravioleta en los parámetros de calidad y composición química del aceite de tarwi extraído en laboratorio.

Por lo expuesto anteriormente se formula el siguiente problema científico:

¿Cómo influenciará el utilizar el método de la radiación con luz ultravioleta en los alcaloides presentes en el aceite de tarwi? principalmente la lupanina causante del sabor amargo, ¿cuál será su influencia en la composición química y en los parámetros de calidad del aceite, antes y después de la radiación ultravioleta?

4. JUSTIFICACIÓN

El interés despertado en esta leguminosa con grandes bondades nutricionales el cual debería ocupar un lugar predominante en la dieta de la población, tanto por el contenido de proteínas y aceites que tiene el grano de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*), pero que a causa de no promoverlo notablemente y por su proceso de desamargado se está quedando cada vez más en el olvido por la sociedad, ha sido la causa de la presente investigación.

A diferencia de otras leguminosas el tarwi necesita un proceso previo de “desamargado” por el sabor característico del grano, un proceso tecnológico sencillo pero lento y que dura varios días, esto debido al contenido de alcaloides en el grano de tarwi; primordialmente la (lupanina) responsable del sabor amargo en la semilla, este proceso consta de diversos lavados y remojos al grano de tarwi el cual es un arduo trabajo en tiempo y energía y más que nada involucra, la pérdida de diversos nutrientes por la cual es poco o nada consumida en la sociedad actual y mucho menos transformada en un nuevo producto ha sido una de las razones principales para que no tuviera la misma aceptación que el maíz y la papa, productos que tienen la posibilidad de ser hervidos o tostados inmediatamente después de la cosecha para su consumo.

El interés de este trabajo está enfocado en la verificación de cómo influye el método de la “radiación ultravioleta” en los alcaloides presentes en el aceite de tarwi ya que utilizaremos como materia prima el grano de tarwi sin des amargar, así también verificamos la influencia que tiene este método en los parámetros de calidad en el aceite de tarwi. Ya que la producción de aceite de tarwi sería de gran ayuda para incentivar la producción de esta leguminosa en las regiones andinas de Bolivia que se dedican a la producción de este grano.

5. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de grado presenta los siguientes objetivos:

5.1. Objetivo general

Extraer el aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) mediante el método (sólido-líquido) y su respectiva caracterización mediante técnicas analíticas volumétricas e instrumentales, así como el posible efecto de la “radiación ultravioleta” sobre los principales parámetros de calidad del aceite, y como influencia este método sobre los alcaloides presentes en el aceite. Antes y después de la irradiación UV.

5.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar los parámetros de extracción (tiempo, tipo de solvente y cantidad de muestra) para la obtención de aceite de Tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*).
- ✓ Determinar y comparar cuantitativamente los alcaloides presentes en la harina de tarwi, y en el aceite extraído.
- ✓ Determinar los parámetros de calidad del aceite de tarwi (contenido de aceite o rendimiento, peso específico, densidad, índice de acidez, índice de peróxidos, índice de saponificación, índice de Iodo).
- ✓ Verificar la influencia de la luz UV en los parámetros de calidad, (peso específico, densidad, índice de acidez, índice de peróxidos, índice de saponificación, índice de Iodo) antes y después de la radiación UV.
- ✓ Comparar los parámetros de calidad del aceite, con el de oliva extra virgen antes y después de la radiación UV.
- ✓ Determinar el contenido de alcaloides totales antes y después de ser sometida a radiación UV.
- ✓ Aplicar el aceite obtenido como lubricante de herramientas, eliminador de óxido y abrillantador de metales. y la elaboración de jabones.

6. MARCO TEORICO

6.1. Leguminosas

Las leguminosas también conocidas como legumbres pertenecen al grupo científico Fabácea o (*Leguminosa*). Su característica principal es que sus frutos se encuentran dentro de una vaina, en el interior de la cual se desarrollan sus semillas entre los que más conocidos podemos mencionar a las arvejas, frijoles, soya, garbanzo, habas, tarwi entre muchos otros que son parte de esta especie, es un grupo muy abundante con casi 20.000 especies, entre las que hay desde árboles a herbáceas, pasando por arbustos y enredaderas.

6.2. Tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)

En el presente proyecto nos enfocaremos en la leguminosa tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*), específicamente el fruto el cual se caracteriza por un alto contenido en proteínas y grasas, razón por el cual debería ser utilizado en la alimentación humana como otras leguminosas ya que su valor proteico es mayor a la soya y aporta múltiples beneficios a la salud de las personas como describiremos a continuación ya que es considerada la “soya de los Andes”.

Según una descripción del agrónomo Mario Enríquez la tabla de composición de alimentos para uso en América latina reporta que el tarwi contiene 44.3% de proteína frente al 33.4% de la soya.

Así también esta planta tiene la propiedad de fijación de nitrógeno atmosférico en el suelo y de esta manera enriquecerlo evitando así los abonos químicos que con el tiempo causan la erosión en los suelos. A diferencia de otras leguminosas el fruto del tarwi contiene un sabor amargo por los alcaloides que contiene, característico en esta planta y por el cual se realiza desde tiempos preincaicos hasta la actualidad el “desamargado tradicional” previo a su consumo.

6.3. Especies

Esta planta presenta una gran variabilidad morfológica y adaptación ecológica el cual se atribuye a dos grandes grupos: los del Viejo Mundo (Mediterráneo), denominados altramuces o *Lupinus dulces* entre los que podemos mencionar los siguientes:

- *Lupinus albus* o *altramuz* corriente (dulce)
- *Lupinus angustifolius* (dulce)
- *Lupinus luteus* (dulce)
- *Lupinus hispánicus* (dulce)

En el Nuevo Mundo esta leguminosa tiene su centro de origen en la región andina de Bolivia, Ecuador y Perú, países en los cuales se encuentra, denominado tarwi o chocho (*Lupinus Mutabilis Sweet*) de (fuerte sabor amargo) y sus parientes silvestres. (Caicedo. C, 2000)

6.4. Tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) en Bolivia.

Bolivia está caracterizada entre los ocho países con mayor riqueza biológica del planeta, donde crece una gran diversidad de flora, tanto el oriente y el occidente del país son ricos en diversas plantas de gran valor nutricional, es el caso de las leguminosas entre ellos el tarwi el cual nos enfocaremos en el presente proyecto.

Sobre las áreas de cultivo en Bolivia se encuentra en el altiplano norte de La Paz y en los valles interandinos de Cochabamba, Chuquisaca y Potosí. La superficie aproximada del cultivo de tarwi en Bolivia es de 1,031 ha. (*Dato 2017*).

Tabla 1

Volumen, superficie y rendimiento de la producción de tarwi según departamento en Bolivia 2017 (En quintales, hectáreas y qq/ha)

Departamento	Producción	Superficie	Rendimiento
Potosí	5.631	619	9.09
Cochabamba	2.565	310	8.27
La Paz	681	43	15.92
Chuquisaca	565	58	9.67
Oruro	2	0	6.67
Total	9.444	1.031	9.16

Fuente: CNA-INE 2013, ENA 2015, PSARDI MDRyT 2017, Elaborado: MDPyEP - DAPRO

*CNA-INE 2013: Censo Nacional Agropecuario del INE de 2013,

*ENA 2015: Encuesta Nacional Agropecuaria de 2015

* PSARDI MDRyT 2017: Plan del Sector agropecuario y Rural con Desarrollo Integral, el departamento que registra los mayores volúmenes de producción a 2017

*MDPyEP – DAPRO: Ministerio de desarrollo productivo y Economía Plural

6.5. Clasificación taxonómica del tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)

Esta leguminosa tiene las siguientes características taxonómicas:

Tabla 2

*El tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) presenta la siguiente clasificación taxonómica:*

Reino	Vegetal
Nombre común	Tarwi, Chocho, Tauri
Nombre científico	Lupinus Mutabilis Sweet
División:	Espermatofitos
Clase	Dicotiledóneas
Orden	Rosales
Familia	Papilionoideas
Género	Lupinus

Fuente: (Palacios, y otros, 2004).

6.6. Características de la planta de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)

Esta planta es una leguminosa herbácea, perteneciente a la familia Leguminosae, comprende plantas anuales o perennes. Se cultiva principalmente entre 2800 y 3600 msnm. Una de sus principales características es la resistencia a enfermedades, plagas y condiciones climáticas adversas. (Ortega, 2010)

La planta de tarwi tiene la particularidad en su estructura de alcanzar una altura de (0.8 a 2) m de raíces vigorosas y profundas que puede extenderse hasta 3 m de profundidad, en la raíz se desarrolla un proceso de simbiosis con bacterias nitrificantes del género *Rhizobium lupini*, que forman nódulos de varios tamaños (1 a 3) cm. en suelos con presencia de bacterias, las formaciones de nódulos se encargan de recuperar la fertilidad de los suelos. (Navarrete, Robledo, Mora, & Davila, 2011).

Las hojas son de forma digitadas con numerosos folíolos, el tallo tiene forma cilíndrica o ligeramente aplanada, robustos en algunos casos con escasa ramificación y en algunos casos con mucha ramificación (tipo candelabro). (Frías, 2007) y (Navarrete et al., 2011).

Las flores e inflorescencias presentan terminales muy visibles, forma típica de las papilionáceas: corola con cinco pétalos, conformada por un estandarte, dos quillas y dos alas. La explicación científica señala que la coloración de la flor varía desde su formación hasta la maduración y que por ello se origina su nombre científico, *Mutabilis* (que cambia).

Su coloración puede variar de azul e incluso púrpura, según el tipo de ramificación que tiene la planta puede tener hasta tres floraciones sucesivas (Guerrero, 1990).

El fruto de esta leguminosa es en forma de vaina, el cual a un principio es pubescente es decir que tiene vello de coloración verde oscuro cuando es tierno, y de color pajizo cuando es maduro. La forma de la vaina es elíptica y oblonga, de (6 a 12) cm de largo por (1,5 a 2,3) cm de ancho, con extremos agudos; puede contener de (1 a 8) semillas elipsoidales a lenticulares (Blanco, 1982)

Fotografía 1

Planta de tarwi “Lupinus Mutabilis Sweet en proceso de crecimiento



Fuente: *Propia*

Esta planta tiene la capacidad para adaptarse a diferentes condiciones climáticas sobre todo del altiplano ya que llega a soportar heladas y su siembra necesita requerimientos mínimos de suelo ya que crece exitosamente en suelos pobres y con poca agua. (Gross., 1988) y (Siavichay, 1986).

A pesar de su resistencia a factores climáticos adversos en las zonas donde se siembra, su cultivo, consumo y transformación están disminuyendo progresivamente debido, entre otros factores a la falta de difusión de sus formas de consumo y a la poca promoción de su cultivo y transformación como materia prima.

6.7. Morfología del grano de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)

La semilla de tarwi (granos) se encuentra dentro de una vaina que mide de (5 a 12) cm, tiene forma redonda u ovalada o casi cuadrangular miden de (0,5 a 1,5) cm de diámetro y su color predominante es el blanco, pero existen el amarillo, gris, ocre, pardo o castaño. Un kilogramo contiene aproximadamente de (3500 a 5000) semillas. (Tapia M. E., 1997)

Estas semillas a diferencia de otras contienen sustancias amargas llamadas “alcaloides” y por el cual no se lo puede consumir directamente como otras legumbres, por esto se realiza el “desamargado tradicional” método usado desde tiempos milenarios por los incas y utilizado hasta hoy en la actualidad el cual consiste en el remojado, cocido y varios lavados de los granos de esta semilla, mismo que resulta un arduo trabajo en tiempo y energía, pero también implica al mismo tiempo la pérdida de varios nutrientes.

Fotografía 2

Granos de Tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet)



Fuente: *Propia*

6.8. Composición química del tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)

Las semillas de tarwi son altamente nutritivas, puede compararse e incluso superar a otras materias primas empleadas comúnmente en la industria alimentaria, como la soya y el frejol.

Las proteínas y aceites constituyen más de la mitad de su peso, estudios realizados en más de 300 diferentes genotipos muestran que la proteína varía de (41 a 51) % y el aceite de (14 a 24) % (Gross., 1988).

Su consumo se recomienda para los niños en etapa de crecimiento y mujeres embarazadas o las que están dando de lactar por el contenido de hierro, calcio, fosforo.

También contiene lisina (aminoácido esencial en la absorción de calcio y la construcción de tejido muscular), metionina, triptófano, entre otros aminoácidos. Tiene un elevado contenido de aceites (14 a 24) %, con alto porcentaje de ácidos grasos insaturados, considerados buenos para la salud (80 % del total), distribuidos en Oleico 50% (Omega 9), Linoleico 27 % (Omega 6) y Linolénico 2,5 % (Omega 3).

Posee un bajo contenido de carbohidratos en comparación con otros alimentos lo cual lo hace propicio para las personas con diabetes, también para dietas orientadas a regular el peso corporal. El tarwi también destaca por su alto contenido de calcio, presente en la testa (cáscara), y los microelementos como Hierro y Zinc. La fibra que contiene es de digestión lenta y proporciona una rápida sensación de saciedad, pero se estima que puede constituir una fuente importante de minerales. En la *Tabla 3*, se muestra la composición nutricional del grano entero.

Tabla 3

Composición nutricional del grano de Tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet)

Componente	Valor (g/ 100 g ms.)
Humedad	11.5 ± 0.03
Grasa	21.5 ± 0.05
Proteínas	53.2 ± 0.07
Fibra	18.4 ± 0.01
Cenizas	1.9 ± 0.00
Carbohidratos	23.4 ± 0.10

Fuente: (Gutiérrez, Infantes, Pascual, & Zamora, 2016)

A continuación, en la *Tabla 4*, se muestra la comparación de la composición química con otras leguminosas de gran valor nutritivo y gran consumo con la sociedad actual donde se puede apreciar que el tarwi tiene gran relevancia al igual que la soya y el frejol.

Tabla 4

Composición del valor nutritivo de la semilla de tarwi y otros granos

Composición Química %	Tarwi	Soya	Frejol	Maní
Humedad	9.00	8.00	12.00	12.00
Proteína	51.07	40.00	22.00	27.00
Grasa	20.44	18.00	1.60	42.00
Fibra	7.35	4.00	4.30	2.00
Cenizas	2.38	5.00	3.60	2.00
ELN	18.75	17.00	68.50	19.00

Fuente: (Mujica & Jacobsen, 2002) ; (Villacrés, et. al 1998)

ELN: Extracto libre de nitrógeno.

En la *Tabla 5*, se muestra el contenido de ácidos grasos en la semilla de tarwi comparado con otros granos como: maní, soya, oliva.

Tabla 5

Contenido de ácidos grasos (% del total de ácidos grasos) de la semilla del tarwi comparado con otros granos

Ácidos grasos totales (%)	Lupinus Mutabilis Sweet			Maní	Soya	Oliva
	Desamargado	Amargo	Semidulce			
Mirístico	Trazas	0,60	0,30	0,10	11,00	0,1
Palmítico	11,28	13,40	9,80	11,00	11,00	7,0 -17,00
Palmitoleico	0,16	0,20	0,40	-	-	0,3 -3,0
Esteárico	7,30	8,52	7,80	3,00	4,00	1,0 - 3,0
Oleico	52,53	54,00	53,90	55,00	22,00	65,0-85,0
Linoleico	28,40	37,10	25,90	28,00	55,00	4,0-13,5
Linolénico	2,98	3,03	2,60	1,00	8,00	0,5-1,5
Arquidico	-	0,20	0,60	1,50	0,40	0,1-0,7
Docosanoico	-	0,20	0,50	3,50	0,30	-

Fuente: (Villacrés, et. al,1998) citado por (Navarrete P. , 2010)

En la *Tabla 6*, se muestra el contenido de aminoácidos en la semilla de tarwi comparado con otras semillas como tarwi, soya, frejol.

Tabla 6

Contenido de aminoácidos en la semilla de Tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet)

Aminoácidos	Tarwi (g/16g)	Soya (g/16g)	Frejol (g/16g)
Isoleucina	4.3	4.5	4.2
Leucina	7.4	7.8	7.6
Lisina	5.3	6.4	7.2
Metionina	0.4	1.3	1.1
Fenilalanina	3.4	4.9	5.2
Treonina	3.5	3.9	4.0
Valina	3.5	4.8	4.6
Histidina	2.2	2.5	2.8
Tirosina	3.5	3.1	2.5
Triptófano	1.8	1.0	-

Fuente: (Navarrete et. al, 2010)

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (**INIAP**) definió las siguientes cualidades del tarwi considerado la “soya de los Andes”:

- **Calcio:** el mineral predominante es el calcio con una concentración promedio por grano de 0.48%. La mayor cantidad de calcio está en su cascara, por lo que mejor es consumirlo sin pelar.
- **Fosforo:** en el grano de tarwi se encuentra en 0.43% de fosforo. Este sirve como controlador de calcio. Ayuda a mantener el sistema óseo, la actividad del musculo cardiaco y ayuda a producir energía.
- **Hierro:** aunque con menor concentración en esta leguminosa (aproximada de 78.45ppmm), el hierro es productor de hemoglobina, transporta oxigeno e incrementa la resistencia a enfermedades.

6.9. Alcaloides

Los alcaloides son bases orgánicas que contienen nitrógeno, a menudo con anillos heterocíclicos, los cuales tienen una toxicidad característica y efectos farmacológicos tanto para humanos como para animales. Estos son los productos finales del metabolismo del nitrógeno, conocidos como metabolitos secundarios, porque se derivan de otros

aminoácidos primarios y porque no están directamente involucrados en el crecimiento de las plantas (crecimiento, supervivencia y reproducción).

Los principales aminoácidos precursores de alcaloides en plantas son: fenilalanina (Phe), tirosina (Tyr), triptófano (Trp), ornitina (Orn) y lisina (Lys) (Facchini, 2001 citado por Bunsupa & Yamazaki, 2012).

6.9.1. Propiedades químicas y fisicoquímicas de los alcaloides

El autor (Brueton, 1991), menciona las siguientes propiedades fisicoquímicas de los alcaloides:

Se caracterizan por ser un protector natural de las plantas, las variedades que no contienen alcaloides ofrecen poca protección contra ciertos insectos y plagas. Es decir, interfieren en las relaciones entre plantas y depredadores, protegiendo a las primeras del ataque de los segundos. En general los alcaloides bases son muy poco solubles en agua, solubles en disolventes orgánicos y en alcoholes. Al ser básicos, los alcaloides forman sales con ácidos minerales y orgánicos y estos en cambio son solubles en agua y alcohol e insoluble en disolventes orgánicos. La formación de sales estabiliza la molécula, por lo que comercialmente los alcaloides se encuentran en estado de sales.

6.10. Alcaloides del tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)

El grano de tarwi crudo es amargo, esto debido a la presencia de los alcaloides el cual es considerado un anti nutriente en esta leguminosa, mismo que se distribuye por toda la planta, la parte aérea es decir el (tallo) es el lugar de síntesis, para posteriormente ser transferidos a frutos y semillas durante la maduración. Su concentración disminuye gradualmente con la edad de las hojas y el desamargado tradicional que se efectuó a los granos para ser consumidos.

La presencia de alcaloides en el tarwi es natural por ser un (protector natural) en la planta, pero evita su consumo directo como otras leguminosas.

Los alcaloides del tarwi pertenecen al grupo de los alcaloides quinolizidínicos son compuestos que biogénicamente derivan de la lisina y que poseen en su estructura simplemente una o dos quinolizidinas (estructura heterocíclica nitrogenada bicíclica) por lo que se diferencian de otras estructuras alcaoides en las que coexiste la quinolizidina con otra estructura nitrogenada diferente. Estos compuestos poseen propiedades alcalinas debido a la presencia de nitrógeno básico formando por lo general núcleos heterocíclicos por lo general su biosíntesis es compleja (Brueton, 1991).

La toxicidad de estos compuestos se da en dosis muy altas tanto en humanos como en animales, las dosis comprendidas entre (11 a 25) mg/kg de peso corporal en niños y dosis de (25 a 46) mg/kg de peso corporal en adultos produce intoxicaciones graves en adultos como la midriasis (dilatación anormal de las pupilas), calambres, vómitos, poca respiración (INIAP, 2009).

6.10.1. Composición de los alcaloides del tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)

La identificación y cuantificación de los alcaloides de esta leguminosa es muy importante debido a la toxicidad y al amargor de las semillas el cual depende de las proporciones de estos componentes que varían de (0.02 a 4.5) %. El principal alcaloide con mayor porcentaje es la lupanina y por el cual la semilla de tarwi es amarga.

En segundo lugar, también importante es la esparteína, el cual es muy estudiado desde el punto de vista farmacológico. Se han encontrado otros compuestos, como 3 β -hidroxilupanina y 13-hidroxilupanina y tetrahidrorombifolina, en cantidades más pequeñas. (Villacrés et al., 2009).

Tabla 7

Composición de los alcaloides quinolizidínicos en la semilla de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet)

Alcaloides quinolizidínicos	Composición relativa de alcaloides %
Esparteína	7.39
Ammodendrina	0.23
N-metilangustifolia	3.46
Angustifolia +17 oxoesparteina	0.60
Isolupanina	0.29
4-hidroxilupanina	8.65
Multiflora	0.14
17-oxolupanina	0.09
Anagirina	0.03
13- hidroxilupanina	14.9
4-13- dehidroxilupanina	2.12
13-tigloiloxilupanina	0.28
Monoangeloil + éster de la monogloil	0.45
13- benzoiloxilupanina	1.15
13-cis- cinnammoiloxilupanina	0.39
13-trans- cinnammoiloxilupanina	99.39
13-angeloiloxilupanina	1.57

Fuente: (Villacres, Peralta, Cuadrado, Revelo, & Abdo, 2009)

6.10.2. Estructura química de los alcaloides en el tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)

A continuación, describimos los alcaloides quinolizidínicos presentes en el tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) y la estructura que cada uno confiere:

a) Lupanina

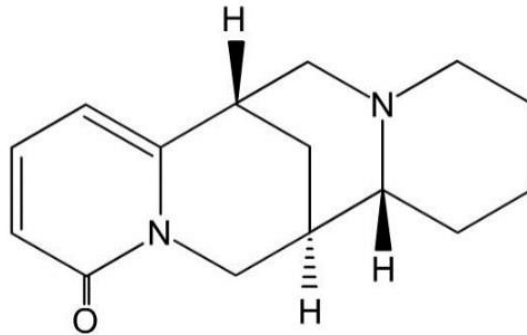
La lupanina es el alcaloide que se encuentra en mayor concentración en el tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) su fórmula estructural es $C_{15}H_{24}N_2$, tiene un peso molecular de 248,36 g/mol, es soluble en agua, cloroformo, éter y alcohol e insoluble en éter de petróleo.

La lupanina tiene actividad antibacteriana, anti nematocida contra lepidópteros y coleópteros, también produce inhibición de las actividades moduladoras, inhibe la síntesis

de proteínas, además posee actividad antiarrítmica, hipotensora, y actividad hipoglicemiante (Villacrés et al, 2009).

Figura 1

Estructura molecular de la Lupanina



Fuente: (Villacres, Peralta, Cuadrado, Revelo, & Abdo, 2009)

La *d*-Lupanina es un líquido espeso cristalino con agujas higroscópicas, punto de fusión entre (40 a 44) °C, con punto de ebullición entre (190 a 193) °C

La *l*-Lupanina es un aceite viscoso, con un punto de ebullición entre (186–188) °C, (Katzung, 2005)

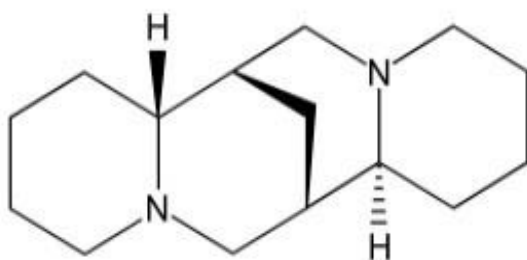
b) Esparteína

La esparteína, $C_{15}H_{26}N_2$, presenta átomos de nitrógeno unidos en forma terciaria, tienen un peso molecular de 243.36 g/mol, es también llamado lupinidina. Es un líquido oleoso, espeso, incoloro con olor débil a anilina y sabor sumamente amargo. Es insoluble en agua, alcohol, éter, y cloroformo, con reacción alcalina. (Rodríguez, 2009).

Tiene un peso específico de 1.02 a 20 y hierve a 311°C en corriente alcalina. Es más insoluble en agua, alcohol, éter y cloroformo, con reacción alcalina. La esparteína es un gangliopléjico poco potente, bloquea la transmisión por impedir la despolarización de la membrana postsináptica.

Figura 2

Estructura molecular de la esparteína



Fuente: (Villacrés et al, 2009)

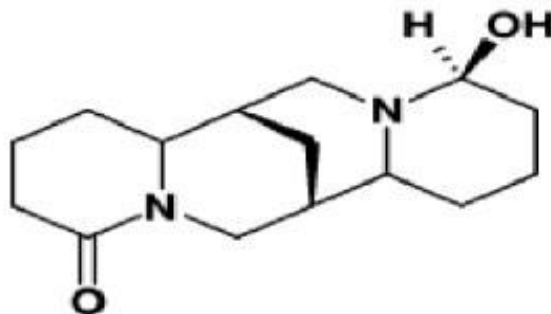
La esparteína y la lupanina son considerados tóxicos para los vertebrados por ser agonistas de los receptores de acetilcolina, inhibidores de los canales de Na⁺ y K⁺, lo que bloquea la señal y transducción neuronal (Villacrés et al, 2009)

c) **Hidroxilupanina**

La hidroxilupanina tiene la siguiente fórmula estructural C₁₅H₂₄N₂O₂ con un peso molecular igual a 264 g/mol. Se han identificado dos formas isómeras dependiendo de la ubicación del grupo hidroxilo, estos isómeros pueden ser 4-hidroxilupanina y 13-hidroxilupanina como unidades químicas representativas como se muestra en la Figura 3, (Villacres, Peralta, Cuadrado, Revelo, & Abdo, 2009).

Figura 3

Estructura molecular isómeras de la Hidroxilupanina (4-Hidroxilupanina, 13-hidroxilupanina)



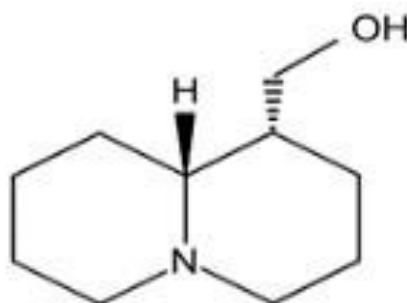
Fuente: (Villacrés et al, 2009).

d) Lupinina

La lupinina se caracteriza por tener la forma de prismas ortorrómbico, es soluble en agua, éter, alcohol o cloroformo, es una base fuerte. La lupinina es más corta que la esparteína. Esto demuestra que dichos alcaloides puros o en forma de sales (clorhidratos y sulfatos) administrados en dosis altas actúan como tóxicos, pero cuando se administran en dosis moderadas actúan como medicamento. (Villacrés et al, 2009)

Figura 4

Estructura molecular de la Lupinina



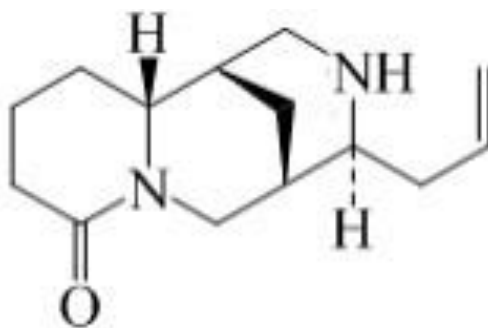
Fuente: (Villacrés et al, 2009)

e) Angustifolina

La angustifolina posee actividades similares a la de la esparteína, Lupanina, 13-hidroxilupanina, lupinina, 17-oxoesparteína, 13-tigloiloxilupanina (Villacrés et al, 2009).

Figura 5

Estructura molecular de la Angustifolia



Fuente: (Villacrés et al, 2009)

El autor (Gross y Tuesta, 1977), citado por (Rodríguez, 2009), indica que el contenido de alcaloides de 0,02 % en el tarwi después del desamargado es el límite que puede aceptarse como seguro para el consumo humano. Las papilas gustativas humanas pueden detectar una concentración del 0,1% de amargor en las semillas, lo que evita el consumo y protege de posibles intoxicaciones. La cantidad que queda después de un desamargado adecuado se elimina a través de las heces y la orina. En varias pruebas, se ha demostrado que incluso después de un consumo prolongado durante semanas, no se observaron efectos nocivos.

El alcaloide más abundante es la Lupanina, administrado en dosis altas, bloquea los receptores nicotínicos de los ganglios y detiene la diástole cardiaca; mientras en dosis bajas reduce el flujo coronario, la amplitud de concentración y el ritmo cardiaco.

Los autores (Villacres, Peralta, Cuadrado, Revelo, & Abdo, 2009) resaltan que, en el caso de los humanos, la dosis necesaria de alcaloides quinolizidinicos para producir intoxicación es de (10 a 25) mg x kg de peso en niños y de (25 a 46) mg*kg de peso en adultos.

6.10.3. Eliminación de alcaloides del Tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)

Como ya mencionamos más adelante esta leguminosa es de gran valor nutritivo el único defecto es su sabor amargo esto por el contenido de alcaloides el cual impide su consumo directo y su uso industrial. Por lo tanto, estos alcaloides deben ser eliminados tanto para el uso convencional como industrial, mediante un proceso denominado “desamargado”.

Este proceso se enfoca en el remojo a la semilla, cocción y lavados a la misma durante un tiempo prologado que dura varias horas e incluso días, pero no beneficia al medio ambiente por la cantidad de agua que se requiere por los lavados que necesita la semilla y el tiempo prolongado de (3 a 4) días de remojo que se requiere para eliminar el sabor de los alcaloides.

No obstante, las desventajas de este tipo de proceso incluyen perdidas de masa, incertidumbre respecto a la seguridad química del producto y un total impacto ambiental

negativo. De superar estos inconvenientes, estaríamos frente a un producto de gran relevancia para la industria alimentaria, cuyo uso no solo mejoraría la nutrición en las regiones donde es cultivada, sino que incluso podría extenderse hacia regiones donde actualmente no es consumida.

Figura 6

Proceso tradicional de desamargado de tarwi en ríos del Altiplano



Fuente: *(Quispe M. E., 2018)*

Figura 7

Proceso de cocción y desamargado industrial del tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet).



Fuente: *(Los Tiempos , 2018)*

Como se muestra en la *Figura 6.* y la *Figura 7.* El proceso de desamargado necesita bastante agua y varios días de remojo tanto en el desamargado tradicional y en el desamargado industrial. Es por eso que en presente proyecto investigaremos otro método diferente al “desamargado tradicional” para eliminar los alcaloides presentes en esta leguminosa, el cual es “*radiación con luz ultravioleta*”, método que es poco o nada conocido en nuestro país Bolivia, pero que en otros países tiene gran relevancia y utilidad tanto en alimentos como en la medicina.

6.10.4. Aplicaciones de los alcaloides Quinolizidinicos del tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)

Los alcaloides quinolizidinicos de esta leguminosa a pesar de ser considerado como un anti nutriente debido a su sabor amargo, posee beneficios dentro y fuera de la planta ,su principal función es la defensa química contra insectos , bacterias hongos , virus, ataque de herbívoros y microorganismos patógenos actuando como fitoalexinas, mientras que en el campo farmacológico e industrial tiene un gran potencial como agente fungicidas, insecticidas y bactericidas y nematocidas la administración de alcaloides puede disminuir el riesgo de hipoglucemia que se produce por algunos hipoglucemiantes orales que estimulan la secreción de insulina en presencia de bajas concentraciones de glucosa (Rodríguez, 2009).

6.11. Estudio del producto

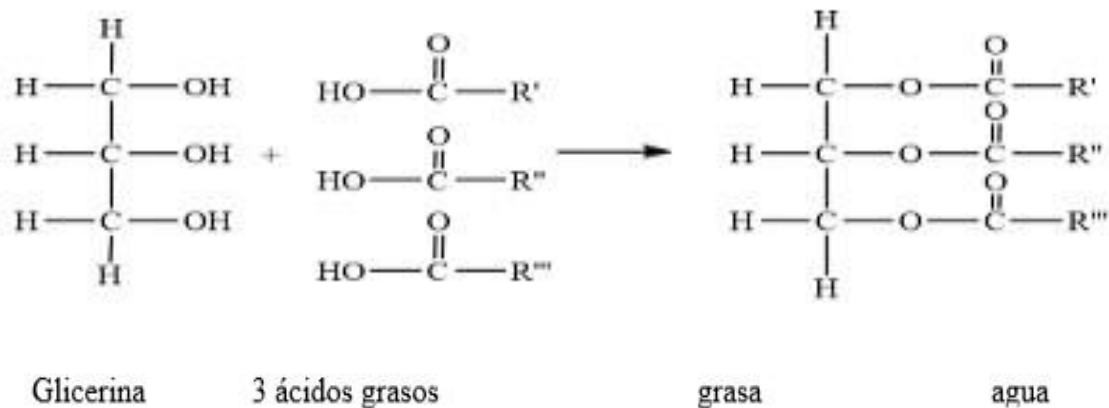
6.11.1. Generalidades de los aceites y grasas

Las grasas y los aceites (cuyo nombre técnico es lípidos) son sustancias líquidas de origen animal, vegetal o mineral. De una manera amplia, las grasas se describen como aquellos compuestos que son insolubles en agua, pero solubles en solventes orgánicos como el éter, cloroformo, hexano, benceno o metanol. Tienen funciones metabólicas esenciales y son importantes como elementos estructurales. (Sánchez Pozo A, 2010).

Están constituidos por triglicéridos, que son ésteres de una molécula de glicerina con tres ácidos grasos. La mayoría de los triglicéridos son mixtos; es decir, (2 o 3) de sus ácidos grasos son diferentes, el contenido de ácidos grasos es variable tanto de ácidos grasos insaturados: (monoinsaturados, biinsaturados y poliinsaturados) y ácidos grasos saturados.

Figura 8

Estructura generalizada de las grasas



Fuente: *Elaboración Propia*

En general, el término “grasa” se usa para definir a los materiales sólidos en temperatura ordinaria; mientras que el término “aceite” se refiere a los que son líquidos en las mismas condiciones. La dosis diaria de aceites y grasas oscila de (3 a 5) cucharadas soperas día por persona, según actividad física.

6.11.2. Aceite vegetal

El aceite vegetal es un compuesto orgánico obtenido a partir de semillas o frutos oleaginosos en cuyos tejidos se acumula esta fuente de energía.

El concepto de “*aceites vegetales*” puede estar relacionado sólo a los aceites líquidos que se encuentran a temperatura ambiente o también puede extenderse a otros estados de la materia. En este último caso los aceites vegetales sólidos también son conocidos como grasas vegetales.

El autor (Bailey, 1984) indica que todas las especies de plantas producen alguna clase de aceite, durante su ciclo vital, pero sólo los llamados oleaginosos sirven para la producción industrial de aceite.

Entre las semillas de plantas más conocidas y cultivadas por la producción de aceite están: el girasol y la soya y en un segundo lugar están los aceites de algodón y lino principalmente. En cuanto a frutos oleaginosos, estos provienen principalmente del olivo (aceitunas), cocotero (copra), del nogal, de la palma de aceite (palma y palmito), entre otros.

6.11.3. Composición de los aceites vegetales

La composición química de los aceites vegetales corresponde en la mayoría de los casos a una mezcla de 95 % de triglicéridos y 5 % de ácidos grasos libres, de esteroides, ceras y otros componentes minoritarios. El aceite es una combinación de ácidos grasos tanto saturados como insaturados. (Bailey, 1984).

Todas las grasas como los aceites son insolubles en agua teniendo una densidad significativamente inferior al agua es decir (Flota en el agua). Además, la mayoría de las grasas de semillas vegetales son líquidas a temperatura ambiente es decir son llamados aceites. (Quispe R. , 2012).

También en los aceites vegetales pueden estar presentes monoglicéridos y diglicéridos, y ácidos grasos libres (lo que explica la acidez). Donde en este medio se disolvieron otras sustancias como vitaminas, esteroides (colesterol en grasas animales y fitoesteroides en plantas), pigmentos como la (clorofila la cual da el tono verde, los carotenoides tonos amarillos) y otras sustancias liposolubles (tocoferol).

a) Aceite vegetal comestible.

Los aceites vegetales son preferibles a las grasas animales para el consumo humano. Esto se debe a que son ricos en ácidos grasos, una cualidad muy importante para la transformación de grasa en el organismo humano. En la actualidad es obligación del fabricante de productos que señale la condición del aceite vegetal, advirtiéndolo en el etiquetado. A veces esta advertencia se hace refiriéndose al tipo de aceite utilizado. Pero lo más común es que sean la mezcla de varios aceites, en cuyo caso se advierte simplemente que el producto contiene aceites vegetales, sin especificar.

b) Aceites vegetales en cocina.

Calentar un aceite es cambiar sus características. Algunos aceites que son saludables a temperatura ambiente pueden volverse perjudiciales cuando se calientan por encima de ciertas temperaturas. Al elegir un aceite para cocinar, es importante tener en cuenta su tolerancia al calor, recurrir al adecuado uso que vaya a dispensársele.

c) Aceite vegetal reutilizado para frituras

El principal uso del aceite en la cocina es en frituras, donde funciona como medio transmisor de calor y aporta sabor y textura a los alimentos. Uno de los requisitos del aceite de cocina es que sea estable en condiciones verdaderamente extremas de fritura por inmersión. En general, en la fritura el aceite debe mantenerse a una temperatura máxima de 180 °C.

6.11.4. 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 y aplicación de elevadas presiones, así como también tipo de solvente a utilizar. (Bailey, 1984).

6.11.5. Extracción de transferencia de masa (sólido -líquido)

Este tipo de operación de transferencia de masa tiene un amplio uso en la industria, donde se emplea desde la metalurgia hasta la obtención de aceites vegetales a partir de semillas. Esta operación puede ser realizada de manera continua o discontinua. Ya sea en simples tanques o de sofisticados equipos de operación continua. (Ocon & Tojo)

Para llevar a cabo la extracción será necesario, en primer lugar, poner en contacto íntimo las dos fases hasta conseguir la transferencia de soluto de la mezcla original al disolvente.

Donde pueden considerarse los siguientes periodos:

- 1) Disolución de los constituyentes solubles y separación del sólido inerte.
- 2) Recuperación del disolvente, si es económicamente viable.
- 3) Lavado del sólido inerte para poder recuperar mayor cantidad de soluto.

La extracción sólida/ líquido es una operación básica o unitaria mediante la cual se separan uno o varios constituyentes solubles contenidos en un sólido inerte mediante la utilización de un disolvente adecuado.

Por lo tanto, en un proceso de extracción sólido- líquido las operaciones implicadas son:

- Cambio de fase del soluto. Esta etapa se considera prácticamente instantánea generalmente.
- Difusión del soluto a través del disolvente contenido en los poros del sólido inerte.
- Transferencia del soluto desde las inmediaciones de la interfase S/L hasta el seno de la masa principal de disolvente.

Los factores más importantes que influyen sobre la velocidad de extracción son:

- a) **Tamaño de las partículas sólidas.** Evidentemente cuanto más pequeñas sean, mayor es la superficie interfacial y más corta la longitud de los poros. En consecuencia, mayor es la velocidad de transferencia. Sin embargo, tamaños excesivamente pequeños pueden hacer que las partículas se apelmacen dificultando la extracción.

- b) **Tipo de solvente.** El disolvente debe ser lo más selectivo posible y se recomienda de baja viscosidad.
- c) **Temperatura.** Un aumento de la temperatura favorece la solubilidad y aumentan los coeficientes de transferencia de materia.
- d) **Agitación del disolvente-soluto.** Favorece la transferencia por aumento de coeficientes de transferencia de materia en la interfase sólido/ líquido. Así también se evita la sedimentación y apelmazamiento de las partículas sólidas.

Por otra parte, la destilación es una operación básica mediante la cual se separan dos o más compuestos de una mezcla líquida empleando calor (agente energético de separación) para generar una fase de vapor enriquecida en los compuestos menos volátiles.

La fase líquida y vapor generadas se encuentran en equilibrio termodinámico, de tal forma que la composición de ambas fases dependerá de las diferencias entre las presiones de vapor de los compuestos puros, se separan más fácilmente los compuestos puesto que presentan puntos de ebullición más diferentes, quedando pues los componentes más volátiles con contenidos mayoritarios en la fase de vapor.

La fase de vapor generada posteriormente se llevará a un condensador para obtener un producto destilado final en forma líquida. Esta operación de destilación permitirá separar el soluto del disolvente permitiendo la reutilización del disolvente recuperado. (Universidad de Granada).

6.11.6. Extracción del aceite por solvente

La extracción con solvente es una operación típica de transferencia de masa en la que el solvente penetra en el sólido y el aceite que lo contiene se vuelve 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 esta razón, es beneficioso no dejar el disolvente con el material hasta la completa extracción, si no reemplazarlo por disolventes frescos. (Quispe R. , 2012).

6.11.6.1. Éter de petróleo.

El éter de petróleo también llamado bencina o nafta de petróleo , nafta ASTM o ligroína es una mezcla líquida de diversos compuestos volátiles, muy inflamables, de la serie homóloga de los hidrocarburos saturados o alcanos, y no a la serie de los éteres como erróneamente indica su nombre.es una fracción de destilación del petróleo.

El éter de petróleo se agrupa en compuestos con puntos de ebullición comprendidos entre (30–50) °C, (40 – 60) °C, (50 – 70) °C y (60 – 80) °C. Es un solvente no polar o también llamado apolar por ausencia del oxígeno o de algún otro heteroátomo o grupo funcional lo cual lo vuelve un buen disolvente de grasas aceites y cera. Además, es utilizado como detergente y combustible, así como en pinturas, barnices, y en fotografía.

6.11.6.2. Fórmula y estructura.

El éter de petróleo no es un compuesto: es una mezcla, una fracción. Esta se compone de hidrocarburos alifáticos, los cuales tienen una fórmula molecular general C_2H_{2n+2} . Sus estructuras se basan únicamente en enlaces C-C, C-H, y en un esqueleto carbonado. Por lo tanto, esta sustancia carece de fórmula química formalmente hablando.

Ninguno de los hidrocarburos que componen el éter de petróleo, por lógica definición, posee átomos de oxígeno. Así, no solo no se trata de un compuesto, sino que tampoco es un éter. Se alude a él como un éter por el simple hecho de tener un punto de ebullición similar al del éter etílico; de resto no guardan similitud alguna.

6.11.7. Enranciamiento en los lípidos.

El enranciamiento en los lípidos es un proceso por el cual un alimento con alto contenido en grasas o aceites se altera con el tiempo adquiriendo un sabor desagradable.

Tanto las grasas y los aceites cuando entran en contacto con el aire, la humedad a cierta temperatura sufre cambios con el tiempo, en su naturaleza química y en sus caracteres organolépticos.

Estas alteraciones reciben comúnmente el nombre de rancidez o enranciamiento mismos que pueden ser por oxidación o por hidrólisis.

- a) El **enranciamiento hidrolítico** consiste en la hidrólisis de los triglicéridos que integran una grasa o un aceite descomponiéndose en ácidos grasos y glicerina. Estas reacciones se deben a la acción de enzimas lipolíticas (lipasas) presentes en el producto o producidas por ciertos microorganismos. (*es.academic.com*)
- b) El **enranciamiento oxidativo** se debe a la oxidación de los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados con formación de peróxidos o hidroperóxidos, que posteriormente se polimerizan y descomponen dando origen a la formación de aldehídos, cetonas y ácidos de menor peso molecular, entre ellos el aldehído epihidrial. El oxígeno reacciona principalmente, en los dobles enlaces; por esto, los componentes poliinsaturados de las grasas se oxidan mucho más deprisa que los más saturados (Primo, 1987)

Este proceso es acelerado en presencia de la luz, calor, humedad, otros ácidos grasos libres y por ciertos catalizadores inorgánicos como las sales de hierro y cobre. Las grasas que han experimentado oxidación son de sabor y olor desagradable y parecen ser ligeramente tóxicas para algunos individuos. El enranciamiento oxidativo, además destruye las vitaminas liposolubles, particularmente las vitaminas A y E llamados también (tocoferoles)

6.11.8. Análisis de Control de Calidad de Aceites Vegetales

Diversos análisis de control de calidad a los aceites son realizados para evaluar la composición y calidad del aceite. Entre estos análisis podemos mencionar; a los análisis organolépticos, análisis físicos y químicos, mismos que se realizan en el laboratorio a continuación describiremos detalladamente cada uno de estos:

6.11.8.1. Análisis Organoléptico de Aceites Vegetales

Los Autores (Espinoza & Zapata, 2010), indican que las cualidades organolépticas como color, aroma y sabor son importantes en la evaluación de un aceite o grasa por lo

general se determinan con métodos normalizados, entre los que podemos mencionar los siguientes:

- **Aspecto:**

Debe mantenerse fluido, claro y libre de sedimento.

- **Olor y sabor:**

Normales, con aromas propios y característicos de cada semilla, exento de olor y sabor a rancio y de cualquier olor y sabor extraño al producto.

6.11.8.2. Análisis químicos para aceites vegetales

El autor (Villavechia Victor) indica que, para caracterizar la composición y el estado de las grasas, se estableció esta serie de índices con los cuales, mediante el cálculo del reactivo gastado, se puede determinar ciertos grupos funcionales o ciertos componentes. Actualmente las nuevas técnicas analíticas, tales como la cromatografía de gases de los ácidos grasos, resultan obsoletos muchos de estos índices.

Existe una gran serie de propiedades e índices que en su conjunto revelan el grado de identidad y conservación del aceite estos son:

- ✓ Contenido de aceite o rendimiento
- ✓ Peso específico
- ✓ Densidad
- ✓ Índice de acidez
- ✓ Índice de peróxidos.
- ✓ Índice de saponificación.
- ✓ Índice de Iodo.

a) Determinación del contenido de aceite o rendimiento.

La determinación del contenido de aceite nos dará a conocer el valor del rendimiento tanto del método de extracción, del solvente y de la materia prima utilizada

Primeramente, para poder realizar el cálculo del rendimiento se debe tomar en cuenta primero la clase de materia prima a utilizar, luego el método de extracción a elegir y por último el solvente adecuado. Se debe realizar diversas extracciones de distinto índole y con solventes diferentes, llegando a escoger el que mayor rendimiento produzca.

Para determinar el porcentaje de aceite en una muestra se debe tomar en cuenta la siguiente fórmula 1:

$$\% \text{ aceite} = \frac{\text{Peso de aceite obtenido}}{\text{Peso de muestra}} * 100$$

b) Peso Específico o densidad.

La determinación de la densidad puede dar indicios acerca de la naturaleza de un aceite o grasa y especialmente sirve para distinguir un aceite de otros, las grasas de las ceras, etc. Es la relación entre la masa de una sustancia y la masa de igual volumen. La densidad por lo general de un aceite se determina mediante un picnómetro a una temperatura determinada.

La densidad se determina por la siguiente fórmula 2:

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

Siendo:

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 del picnómetro lleno con aceite a la temperatura de referencia.

D = densidad del agua a la temperatura de la determinación

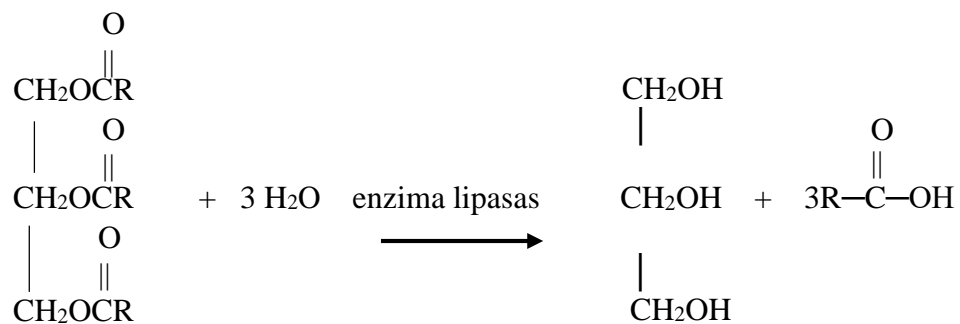
c) Índice de acidez.

Define la calidad del aceite se da por la presencia de ácidos grasos libres como resultado de la hidrólisis existente en una muestra de aceite. Los ácidos grasos se liberan

por ruptura del enlace éster del triglicérido. Esta ruptura es medida por lipasas y otros factores como el calor y la humedad.

El índice de acidez solo se puede determinar en un laboratorio mediante un análisis químico y nunca por el sentido del gusto. Además, es importante saber que no afecta de ninguna forma al sabor, aunque tuviera un valor muy elevado.

El índice de acidez se representa mediante la siguiente reacción de hidrolisis enzimática de una grasa o aceite.



Se calcula mediante la siguiente fórmula 3:

$$\text{Índice de Acidez} = \frac{V * N * 0.0561 * 100}{P_{\text{muestra}}}$$

Siendo:

V= mL gastados en la titulación de la muestra.

N= concentración de NaOH.

0.05610= Peso molecular expresado en mg de NaOH.

P_{muestra}= Cantidad masa de la muestra de aceite en gramos.

Para determinar el porcentaje de acidez total como ácido oleico se debe utilizar la siguiente formula, en función a los datos anteriores:

$$\frac{\text{Eq}}{\text{g}} = \text{de Ácido Oléico} = \frac{\text{Eq}}{\text{g}} \text{ de Na}$$

$$\frac{\text{W. ácido Oléico}}{\text{Peso Eq. de ácido oléico}} = N_{\text{NaOH}} * V_{\text{g de NaOH}}$$

$$\text{W ácido Oléico} = N_{\text{NaOH}} * V_{\text{g de NaOH}} * \left(\frac{282}{1 * 1000}\right)$$

$$\text{W ácido Oléico} = N_{\text{NaOH}} * V_{\text{g de NaOH}} * 0.282$$

Por lo tanto, la el índice de saponificación se calcula mediante la fórmula 4:

$$\% \text{ ácido Oléico} = \frac{N_{\text{NaOH}} * V_{\text{g de NaOH}} * 0.282}{P_{\text{muestra}}} * 100$$

Siendo:

Meq = es igual a mili-equivalente químico del ácido graso de referencia (en nuestro caso ácido oleico 0.282).

N= es la normalidad de la solución de hidróxido de sodio.

V= son los mL de solución valorada de hidróxido de sodio gastados en la titulación de la muestra de NaOH.

P_{muestra}= Masa de la muestra de aceite en gramos.

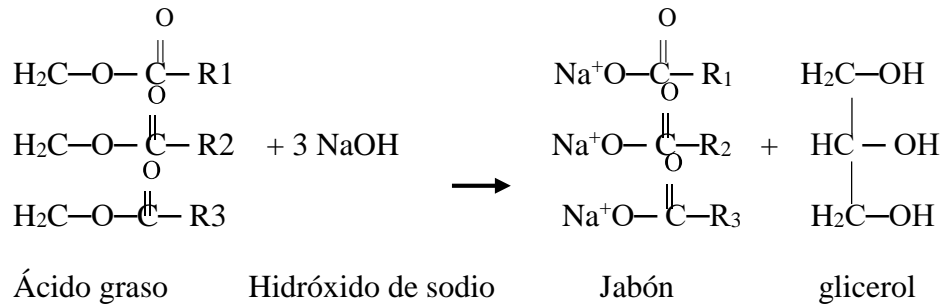
d) Índice de saponificación

El índice de saponificación de un aceite o de una grasa, se define como el número de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para saponificar un gramo de grasa.

Durante la saponificación se forma jabón. Los esteres de los ácidos grasos de masa molecular baja requieren mayor cantidad de álcali para saponificación de modo que el

índice de saponificación es inversamente proporcional al promedio de las masas moleculares de los ácidos grasos de los glicéridos presentes.

El índice de saponificación se representa mediante la siguiente reacción de hidrolisis enzimática de una grasa o aceite:



$$\frac{\text{peso muestra}}{\text{PEq KOH}} = N_{\text{HCl}} * V_{\text{g HCl}}$$

$$\text{Peso de muestra} = N_{\text{HCl}} * V_{\text{g HCl}} * 56.1$$

$$\text{Índice de saponificación} = \frac{N_{\text{HCl}} * V_{\text{g HCl}} * 56.1}{\text{peso muestra}}$$

Por lo tanto, la el índice de saponificación se calcula mediante la fórmula 5:

$$\text{Índice de Saponificación} = \frac{(B - S) * N * 56.1}{P_{\text{muestra}}}$$

Donde:

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

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

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

N_{HCl} = normalidad de HCl utilizado para titular la muestra. (mmol/ml)

56.1 = peso molecular (PM) de KOH (mg/ mmol)

$P_{muestra}$ = masa de la muestra en (g)

e) **Índice de Peróxidos.**

Nos indica el grado de oxidación que tiene los aceites y grasas, es una medida de su contenido en oxígeno activo sirve para el reconocimiento del comienzo y progreso de la descomposición auto oxidativa.

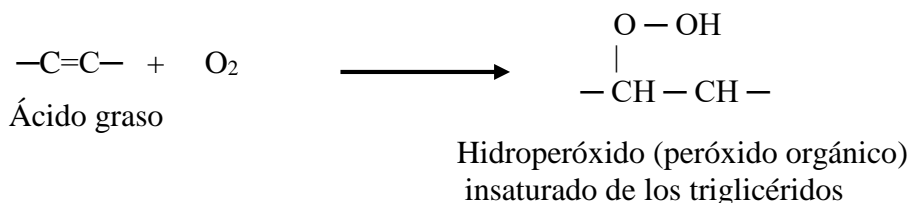
Los ácidos grasos no saturados son capaces de tomar oxígeno a la altura de sus dobles enlaces para dar origen a la formación de peróxidos. El índice de peróxido de una grasa es una medida de su contenido en oxígeno activo.

Existen una serie de factores que influyen sobre la velocidad de la oxidación. Unos retardándola, como son ciertas sustancias denominadas antioxidantes y otras acelerándolas.

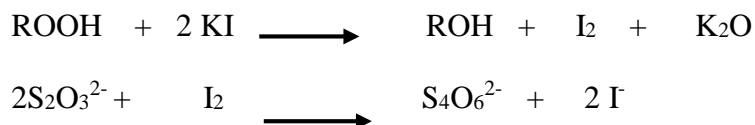
Dentro de éstos últimos tenemos:

- ❖ Luz.
- ❖ Calor.
- ❖ Trazas de especies metálicas.
- ❖ Catalizadores orgánicos.
- ❖ Ácidos grasos

El valor de peróxido se determina por la siguiente reacción:



El fundamento de la determinación volumétrica es la capacidad de los peróxidos para liberar yodo se expresa según la siguiente reacción: ´



Para el cálculo de índice de peróxidos en muestra de aceite se utiliza la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Eq}}{\text{g}} \text{peroxido} = \frac{\text{Eq}}{\text{g}} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 * 5 \text{H}_2\text{O}$$

$$\frac{\text{P muestra}}{1000} = \text{N Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 * 5 \text{H}_2\text{O}$$

$$\text{P muestra} = \text{N Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 * 5 \text{H}_2\text{O} * \text{V Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 * 5 \text{H}_2\text{O} * 1000$$

Por lo tanto, la el índice de saponificación se calcula mediante la fórmula 6:

$$\text{Índice de peróxidos} \left(\frac{\text{mEq O}_2}{\text{Kg}} \right) = \frac{(\text{V}_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 * 5\text{H}_2\text{O}} - \text{V}_{\text{BLANCO}}) * \text{N}}{\text{P}_{\text{muestra}}} * 1000$$

Siendo:

P muestra Na₂S₂O₃ = mL gastados de Na₂S₂O₃ en la muestra

V_{blanco} = mL gastados de Na₂S₂O₃ en el blanco.

N = normalidad de Na₂S₂O₃.

P muestra = Peso de la muestra expresada en gramos.

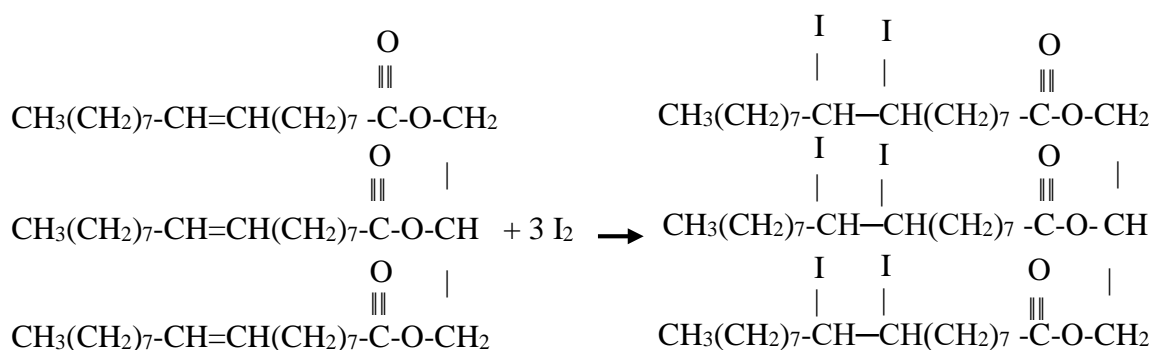
f) Índice de Yodo.

Se denomina índice de yodo a la cantidad de gramos de yodo que pueden combinarse con 100 gr de grasa.

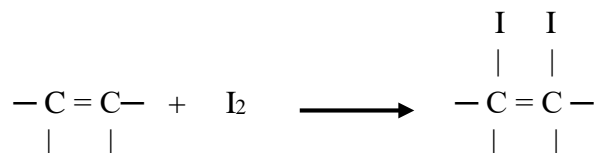
Este índice permite evaluar el grado de insaturación de la grasa provocado por la presencia de glicéridos con ácidos grasos de dobles enlaces, la capacidad de la grasa para la oxidación, para la reducción y otras reacciones.

Según (Israel, 2016) menciona que “Algunas grasas se enrancian muy fácilmente, debido a que presentan insaturaciones. El índice de yodo es un análisis de laboratorio cuyo resultado indica el grado de insaturación de la grasa. Cuanto más grande es el índice de yodo (técnicamente se diría que tiene mayor cantidad de enlaces dobles) algunas veces se enrancia más fácilmente”.

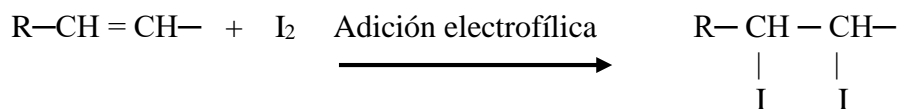
El índice de yodo en un ácido graso se determina por la siguiente reacción:



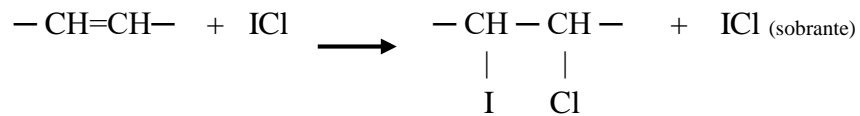
Para representar esta reacción de forma más específica de como interviene el yodo al doble enlace la representaremos por la siguiente reacción:



Base de método:



Con el objeto de acelerar la reacción de absorción del yodo, la reacción se llevará a cabo en presencia de cloro, bromo u otros catalizadores. Luego se deja la solución reposar en un lugar oscuro para que este se complete.



Seguidamente agregamos un exceso de yoduro de potasio (IK):



Por último, realizamos una valoración del yodo liberado con solución de Tiosulfato de sodio de concentración conocida empleando almidón como indicador.



La posición de la solución del yodo que no reacciona, al inicio y la final se titula con Tiosulfato sodio corrigiéndose luego la absorción con una prueba en blanco.

Blanco:



Para el cálculo de índice de peróxidos en muestra de aceite se utiliza en la siguiente fórmula 7:

$$\text{Índice de Yodo} \left(\frac{\text{g I}_2}{100 \text{ gr de muestra}} \right) = \frac{(Y - X) * N * 0.127}{m} * 100$$

Siendo:

X = mL de Tiosulfato $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ gastados en la muestra.

Y= mL de Tiosulfato $S_2O_3^{2-}$ gastado en el blanco.

N = normalidad de la solución de Tiosulfato $S_2O_3^{2-}$

m = muestra de aceite en gramos.

0.127= masa en Meq de yodo.

6.12. Aceite de Tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)

Los lípidos de las semillas de esta leguminosa constituyen, después de las proteínas, el segundo nutriente con gran potencial industrial ya que los ácidos grasos contenidos en esta leguminosa son bastante similares a la soya. Entre todas las especies de lupino, (*Lupinus Mutabilis Sweet*) es la especie con mayor porcentaje de proteínas y lípidos. Llegándose a obtener entre (14 a 24) % (Jacobsen & Mujica, 2006), (Gross et al., 1988).

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

El contenido de lípidos de esta leguminosa puede variar probablemente debido a la diferencia en las condiciones climáticas donde es cultivado (Jacobsen & Sherwood, 2002); (Hatzold et al. 1983).

La composición de ácidos grasos en esta leguminosa, a diferencia de los aminoácidos, depende fuertemente de las influencias ambientales, de manera que puede presentarse considerables variaciones según las localizaciones y los años. (Rodríguez, 2009)

El cotiledón de *Lupinus Mutabilis Sweet* tiene un elevado contenido de grasa lo que puede ser aprovechado para la extracción de aceite a nivel industrial. Dichos lípidos son considerados de muy buena calidad, puesto que entre el (3 y 14) % de ellos corresponden a ácidos grasos esenciales, lo que ha promovido el interés de industrializarlo como un alimento funcional, en este caso, bajo la forma de aceite. (Jacobsen & Mujica, 2006).

Es una leguminosa rica en ácidos grasos mono y poliinsaturados entre las que se destacan principalmente ácido oleico (35.1 a 54.6) %, existiendo un (22.3 a 43.9) % de ácido linoleico y el (2.1 a 2.7) %, le corresponde al ácido linolénico (Navarrete P. M., 2010).

La concentración de ácidos grasos saturados (caprico, láurico, mirístico, palmítico), es relativamente baja, con relación a sus homólogos de soya y oliva. Estas características son de interés para la salud. (Jarrín, 2003).

6.12.1. Características del aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)

La calidad del aceite de tarwi se sitúa entre el aceite de maní y de soya, debido a su composición en ácidos grasos (principalmente oleico y linoleico).

Los autores (Hatzold et al 1983) y (Damodaran & Parkin, 2008) indica que los lípidos del tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) también tienen las siguientes características que describimos a continuación

- Las características físicas del aceite de tarwi son similares a los aceites de soya, girasol y oliva, sin embargo, el perfil de ácidos grasos es semejante al aceite de soya y aceite de oliva, extra virgen, lo cual permite recomendar su consumo especialmente como aceite para ensaladas. (Navarrete P. , 2010).
- El ácido linolénico compone el 20 % en el aceite de tarwi y la baja concentración de este último es beneficiosa para la estabilidad del aceite. Ya que cuanto más insaturado es el ácido graso tiene mayor susceptibilidad a la rancidez oxidativa.
- El porcentaje de ácido linolénico es bajo comparado con el de la soya, en la actualidad existe en gran cantidad, características que favorece la conservación del aceite ya que este se oxida rápidamente y puede originar cambios indeseables en el sabor. (Navarrete P. M., 2010).
- El proceso de industrialización del aceite de tarwi es bastante similar al utilizado para otras semillas oleaginosas, como soya, palma, girasol, maíz, etc. Sin embargo,

- tiene algunas excepciones debido principalmente a su contenido amargo (alcaloides).
- A diferencia de otras especies de lupino no contiene “ácido eurico”, característica que hace atractiva al aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) ya que este ácido es un compuesto tóxico.
- “Los solventes para la extracción pueden ser soluciones diluidas de ácidos o de bases, cuando se desea aprovechar la basicidad o la acidez de las moléculas, como por ejemplo en el caso de alcaloides que presenta la semilla de tarwi.

El autor (Jacobsen & Mujica, 2006) encontraron en un estudio de comparación de (*Lupinus Mutabilis Sweet*) con otras leguminosas silvestres, la importancia en la elevada cantidad de aceite que contienen las semillas, por ello es considerada como la “soya de los Andes”.

A continuación, en la *Tabla 8*, indica la composición porcentual confirmando así el alto contenido de los ácidos grasos procedentes de esta leguminosa tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*).

Tabla 8

Composición de ácidos grasos del Tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet) % de ácidos grasos

Ácidos grasos en el grano de tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Sweet</i>)	%
Oleico (omega 9)	40.4
Linoleico (Omega 6)	37.1
Linolénico (Omega 3)	2.9
Palmítico	13.4
Palmitoleico	0.2
Esteárico	5.7
Mirístico	0.6
Araquídico	0.2
Bohémico	0.2
Eurico	0.0
Cociente Polisat-Satur	2.0

Fuente: (Jacobsen & Mujica, 2006)

En la *Tabla 9*. Se observa que el ácido oleico tiene una concentración mayor en el aceite de tarwi y oliva a diferencia de otros aceites sabiendo que este ácido es famoso por sus efectos beneficiosos sobre la salud.

Tabla 9

Comparación de composición de ácidos grasos del aceite de Tarwi (Lupinus Mutabilis Swett), oliva y otros aceites vegetales

Ácidos grasos	Formula empírica	Tarwi	Oliva	Girasol	Algodón	Colza	Palma
Láurico	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	-	TR	-	TR-0.1	-	ND-0.2
Mirístico	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	1.3	0.1	TR-0.2	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	21.4 -26.4	2.8-5.1	43.1- 46.3
Esteárico	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	4.7	1.0-3.0	3.6 - 5.4	2.3 - 3.2	0.7- 1.3	4.0 - 5.5
Araquico	C ₂₄ H ₄₈ O ₂	TR	0.1-0.7	0.2 - 0.6	0.2 - 0.4	0.2 -1.0	0.1-0.4
Behémico	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	TR	0.1-0.2	0.3 - 0.7	0.1-0.2	0.3 - 0.9	--
Lignocérico	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	-	-	ND -0.4	0.1	0.1-0.3	0.3-0.4
Palmitoleico	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	1.4	0.3-3.0	TR-0.2	0.3 - 1.1	0.2-0.5	36.7-40.8
Oleico	C ₂₂ H ₄₂ O ₂	42.3	65.0-85.0	17.7-25.5	14.7-21.4	9.8 49.8	ND-0.3
Eicocenoico	C ₂₄ H ₄₆ O ₂	-	0.1- 0.2	0.2-0.3	0.1	2.6-9.4	--
Erúxico	C ₂₂ H ₄₂ O ₂	-	-	ND-0.2	--	5.0 -51.6	9.4-11.9
	C ₂₄ H ₄₆ O ₂	-	-	-	46.7 -	0.3-1.1	
Linoleico	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	34.1	4.0-13.5	55.5-73.9	57.7 0.1 - 0.2	13.0-22.9	0.1-0.4
Linolénico	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	3.1	0.5-1.5	TR-1.3		7.0-10.3	

Fuente: Roma (1970); citado por (Gross, 1982) y (Flores, 1998).

TR=Trazas.

ND= No determinado

6.13. El color de los aceites vegetales y la foto decoloración

El color es una propiedad importante en los aceites vegetales detectada por el sentido de la vista y su aceptación depende en mayor o menor medida de su color. La apreciación de esta cualidad puede dar lugar a ideas preconcebidas acerca de otros factores de calidad como son el sabor y el aroma. La evaluación del color es relevante puesto que

en la mayoría de los casos proporciona información más rápida y sencilla que otros análisis. (Aparicio, 2008), (Serani & Piacenti, 1992).

Los enemigos de los aceites vegetales son la luz, el aire, el calor y el tiempo.

- Cuanto más se exponga un aceite a cualquiera de ellos, más se degradará.
- En los compuestos, los responsables del color son los pigmentos y los colorantes.
- Entre los pigmentos, las clorofilas, carotenoides y antocianinas, combinados en diferentes proporciones, son los responsables de la tonalidad característica de los aceites vegetales.

La clorofila es el pigmento responsable del color verde en los vegetales que se encarga de absorber la luz necesaria para la fotosíntesis (síntesis de sustancias orgánicas a partir de las inorgánicas, mediante la transformación de la energía luminosa en energía química).

La abundancia de este pigmento en hojas y tejidos vegetales es la razón de que las plantas sean verdes, en cambio, en algunas hojas, la clorofila se oculta por otros pigmentos. Es frecuente que otros pigmentos como la ficobilina oculte la clorofila y sean responsables del color azulado o rojizo. La función de la ficobilina es la captación de la luz y transmitirla a la clorofila (Mancilla et al., 2009)

Dentro del espectro de radiación solar de importancia biológica en procesos fotobiológicos se identifica tres fracciones. La región visible donde ocurre la percepción del color, tiene un rango muy pequeño de (400 a 800) nm, (10⁻⁹ m) y se “*verán*” aquellas radiaciones correspondientes a las longitudes de onda no absorbidas por la muestra coloreada. Ello define el tono, tinte o matiz. De esta manera a cada radiación visible le corresponde una radiación complementaria absorbida. La mezcla de colores conduce a la oscuridad o a la pérdida de la pureza del color porque la absorción ocurre en un rango más amplio. Es frecuente asociar la mezcla de azul y amarillo con el color verde, pero cuando se habla de mezclas de colores hay que diferenciar la mezcla de los colores espectrales y la de las sustancias responsables del color. En el primer caso la superposición de una luz amarilla con una azul provocará una luz prácticamente blanca, esto ya que el azul y el amarillo son colores complementarios.

Al ser los aceites, productos naturales cuyo color depende exclusivamente de compuestos biológicos como son los pigmentos clorofílicos y carotenoides, existe la posibilidad de relacionar el color del aceite con el contenido y clase de pigmentos presentes en el mismo. Este control puede suministrar información acerca de la calidad del aceite en cuestión (Aparicio Ruiz, Mínguez Mosquera, & Gandul Rojas, 2010).

En el presente estudio se ha realizado el efecto de la radiación de la luz, para observar el efecto de la luz sobre el aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*).

En el espectro del aceite de tarwi se observa una banda característica a 432 nm y una segunda de menor importancia a 410 nm, en la región azul-violeta, mientras que en la región del rojo aparece un pico a 662 nm junto a otras bandas más pequeñas entre 500-700 nm. Los pigmentos clorofílicos están presentes en el aceite al que llegan a partir del fruto. Aunque las clorofilas son moléculas estables pueden sufrir alteraciones mediante procesos enzimáticos, oxidativos o térmicos que originan compuestos derivados. Las feofitinas se generan por la degradación de las clorofilas (Gandul Rojas et al. 2013.).

Se han puesto a punto distintos métodos de análisis para determinar los pigmentos clorofílicos en el aceite de oliva virgen.

La determinación de algunos pigmentos clorofílicos se ha propuesto como método para establecer la calidad y la adulteración del aceite de oliva. Es el caso de la piro feofitina a cuya formación se ve afectada por la temperatura. Su presencia en aceites de oliva vírgenes se ha relacionado con la adición fraudulenta de aceites desodorizados a baja temperatura (Aparicio Ruiz et al. 2010).

Las clorofilas son una familia de pigmentos de color verde que se encuentran en las cianobacterias y en todos aquellos organismos que contienen cloroplastos en sus células (plantas y protistas), es crítica en la fotosíntesis, proceso que permite a los organismos absorber energía a partir de la luz solar y transformarla en compuestos orgánicos y oxígeno.

- Todas las plantas verdes contienen clorofila a
- Constituye entre el 1 y 2% del peso seco de las algas planctónicas
- Producto de degradación: clorofilides, feoforbides y feofitinas.

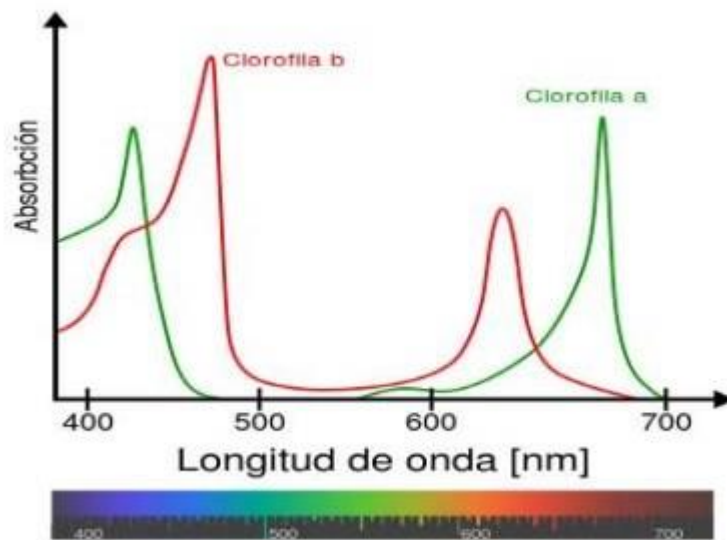
La estructura de las moléculas de clorofila está compuesta por:

- Un anillo de porfirina que contiene magnesio y cuya función es absorber la luz.
- Una cadena hidrófoba de fitol cuya función es mantener la clorofila integrada en la membrana fotosintética.

Las clorofilas tienen típicamente dos grupos de absorción en el espectro visible: En la zona de la luz azul (400-500) nm En la zona roja del espectro (600-700) nm. Las clorofilas reflejan la parte media de color verde (500-600) nm.

Gráfico 1

Espectros de absorción de clorofila a y b



Fuente: *Romero del Río, 2015.*

Los pigmentos presentes en la materia prima de extracción de aceites son los que confieren color al aceite. Cuando la materia prima es cosechada verde, la presencia de clorofila (pigmento de color verde) es alta y una parte se transfiere al aceite.

En los aceites de recolección extra-temprana, la concentración de pigmentos de clorofila es muy alta y la tonalidad del aceite suele ser verde oscuro. Según va avanzando la recolección el aceite torna a colores verdes algo más luminosos.

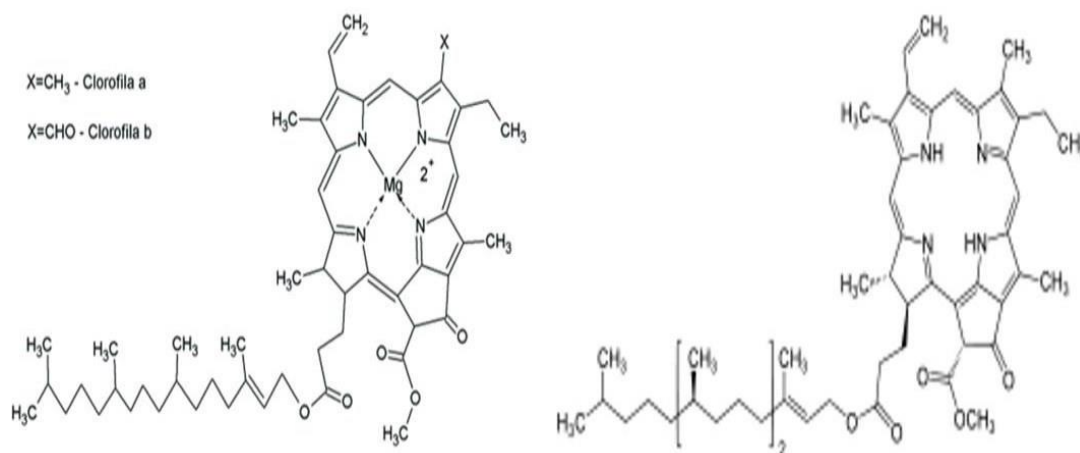
Por ejemplo, los aceites de oliva de color verde son cada día más habituales en los mercados. Ha aumentado la oferta y demanda de aceites de oliva sin filtrar y existe una mayor variedad de aceites de recolección temprana.

El color de los aceites viene marcado por la clorofila, feofitinas, carotenos y xantofilas que contienen ciertas materias primas. Cuando las aceitunas de los olivos son de color verde esmeralda (se encuentran comenzando su proceso de maduración), contienen un alto índice de clorofila y feofitinas, que aportan un color verde más intenso al aceite que se obtiene a partir de ellas.

La feofitina es un aceptador de electrones primario involucrado en la cadena de transporte de electrones en reacciones de fotosíntesis dependientes de la luz. Después de la oxidación de las moléculas de clorofila a en el centro de reacción P680, los electrones se transfieren a feofitina, que de esta manera se reduce. Posteriormente la feofitina se oxida produciendo electrones transfiriéndolos a otro aceptador que se reduce a su vez, que es una plastoquinona conocida como PQa. La feofitina se deriva formalmente de una molécula de clorofila a reemplazando el ion Mg^{2+} con dos H^+ iones.

Figura 9

Clorofila a y Clorofila b en las plantas



Fuente: *Research Gate Estructuras química*

A medida que las aceitunas van madurando en el olivo, van cambiando de color, disminuyendo su clorofila y feofitinas aumentando los carotenos y xantofilas, responsables de color amarillo oro.

La medición del color está basada en una comparación visual de la luz transmitida a través de una muestra de aceite de un espesor definido. Esto puede ser realizado con un método de prueba preestablecido o mediante una evaluación visual subjetiva del aceite contra una referencia de color definida. En ambos casos, hay una gran cantidad de variables que monitorear para obtener resultados de calidad.

Contrario a lo que se podría pensar, el color del aceite de oliva virgen extra no determina su calidad. Sin embargo, sí puede dar una pista sobre el grado de maduración de la materia prima en el momento de la extracción del aceite, cuando es más joven, contiene más clorofila y feofitinas, que le proporcionan un color verde intenso, según la materia prima va madurando, aumentan los niveles de carotenos y xantofilas responsables de darle un color más amarillo.

Aunque las clorofilas son compuestos estables en su ambiente natural, una pérdida de las condiciones fisiológicas provoca una modificación en la estructura de los pigmentos originarios pasando a ser compuestos lábiles (Aparicio-Ruiz, 2010). Las feofitinas se producen como consecuencia de la pérdida del átomo de magnesio de la clorofila, que es sustituido por hidrógeno en condiciones ácidas mediante una reacción irreversible dando lugar a las feofitinas “a” y “b” (siendo la velocidad de formación de la feofitina “a” más rápida que la de feofitina “b”) por un proceso que se conoce como feofitinización (conversión de clorofila a feofitina). Las feofitinas son responsables del color verde oliva con tonos marrones en lugar del verde brillante de la clorofila.

En general, por efecto de la radiación con luz ultravioleta se observa una disminución del contenido de clorofilas y carotenoides en aceites (Ormord & Hale, 1995) y (Götz et al. 1999) Los carotenoides, con respecto a las clorofilas, son menos afectados por la radiación con luz UV, lo que se explicaría por su rol fotoprotector en el aparato fotosintético (Kulandaivelu et al. 1996).

El estudio de la decoloración del aceite de oliva virgen extra por foto descomposición puede suponer un reto importante ya que este sistema es realmente

complejo. En el caso de adoptar el modelo más sencillo para su estudio se debe suponer que se trata de dos pigmentos diferentes (feofitina a y β -caroteno) los cuales se encuentran disueltos en aceite incoloro (triester de ácido oleico).

Por tanto, la foto decoloración debe entenderse como dos procesos simultáneos de foto descomposición de ambos pigmentos. La cinética de desnaturalización de estos pigmentos ha sido estudiada extensivamente (Aparicio Ruiz et al. 2010) y (Mancilla C, 2009): donde están disueltos en varios medios, a varias temperaturas y su influencia en la estabilidad del aceite de oliva virgen extra, etc. En estos trabajos se encuentra que tanto la feofitina a como el β -caroteno siguen una cinética de primer orden en su degradación fotoquímica.

7. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

7.1. Recolección de los granos (*Lupinus Mutabilis Sweet*)

Los granos de tarwi fueron recolectados en las comunidades de Quilina y Santiago de Okola también conocido como el “Dragón dormido” un cerro que tiene la forma del mítico animal, alrededor del Lago Titicaca y transportada al **mercado Uruguay** del departamento de La Paz para su comercialización.

Fotografía 3

Siembra de tarwi en las comunidades de Quillima y Santiago de Okola, Altiplano Norte alrededores del Lago Titicaca (La Paz).



Fuente: *Propia*

Fotografía 4

Mercado Uruguay-La Paz-Bolivia



Fuente: *Propia*

7.2. Parte experimental

7.2.1. Equipos

- Estufa
- Molino Manual
- Baño maría electrónica con temperatura controlada
- Equipo de radiación ultravioleta
- Espectrofotómetro UV- VIS. Biochrom S50
- Balanza analítica Mettler Toledo
- Centrifugadora SARGENT (Serie 2140017)
- Calculadora científica

7.2.2. Reactivos

- Alcohol etílico
- Hidróxido de sodio NaOH 0.1 N
- Fenolftaleína
- Hidróxido de potasio KOH 0.5 N (Alcohólico)
- Ácido clorhídrico HCl 0.5 N
- Lavandina
- Tetracloruro de carbono CCl₄
- Yoduro de potasio KI 15 %
- Tiosulfato de sodio Na₂S₂O₃ 0.1 N: 0.01 N
- Almidón
- Ácido acético glacial
- Cloroformo
- Yoduro de potasio
- Hidróxido de potasio KOH alcohólico (0.5 M en etanol al 95 %)

- Hexano
- Alcohol etílico neutralizado.

7.2.3. Materiales de laboratorio.

- Frasco de vidrio con capacidad de 2 Litros con tapa rosca.
- 3 frascos de vidrio con tapa de goma de 75 mL.
- Tubos de ensayo
- Tubos de ensayo con capacidad de 10 mL con tapa rosca.
- Gradilla para tubos de ensayo
- Bol de plástico de 30 x 50
- Picnómetro 5 mL.
- Gotero
- Tamizador
- Embudo de separación de 100 mL.
- Embudo de vidrio
- Bureta de 25 mL.
- 3 vasos de precipitados de 50 mL.
- 2 vasos de precipitados de 100 mL. 1 vaso de precipitados de 500 mL.
- 1 vaso de precipitados de 600 mL.
- Probetas de 25, 50, 100 mL.
- 2 vidrios de reloj
- 2 varillas de vidrio
- 1 espátula
- Pipetas graduadas de 1, 2, 5 mL.
- Pera de succión.
- matraces aforados de 50 mL, 100 mL y 250 mL

- 4 matraces Erlenmeyer de 25 mL.
- 3 matraces Erlenmeyer de 50 mL.
- 3 matraces Erlenmeyer de 100 mL.
- 1 matraz Erlenmeyer de 500 mL con tapa esmerilada
- Papel filtro Whatman N° 1
- Soporte universal
- 2 pinzas
- Matraz de fondo redondo.

7.3. Metodología

7.3.1. Toma de muestras

El muestreo y aceptación de granos de tarwi fue determinado según la norma boliviana NB/ ISO 2859-1 (Procedimientos de muestreo para la inspección por atributo), bajo los siguientes parámetros:

- Libre de impurezas como pastos, piedras, tierra.
- Libre de material extraño como metales y arcilla.
- Sin presencia de moho o picaduras externas.

A continuación, en las siguientes *Fotografías* se muestra la secuencia del proceso de extracción del aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) realizado en laboratorio y los distintos análisis de control de calidad al mismo, los cuales se describirá a continuación, así como la influencia de la radiación UV en la muestra de aceite.

Fotografía 5

Granos de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet) libre de impurezas.



Fuente: *Propia*

7.3.2. Molienda de la semilla de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)

Se molió los granos de tarwi para reducir su tamaño para facilitar el proceso de extracción del aceite, ya que la principal fuente de aceite se encuentra en el cotiledón de la semilla.

Fotografía 6

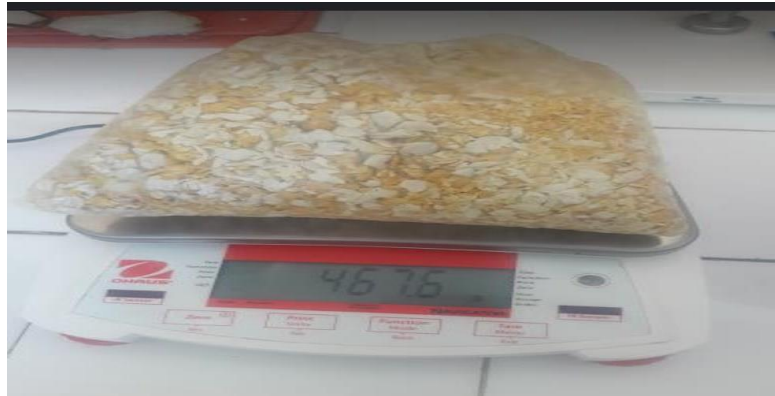
*Molienda de la semilla de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) en un molidor manual para la extracción del aceite.*



Fuente: *Propia*

Fotografía 7

Peso de las semillas de tarwi trituradas en el molidor manual



Fuente: *Propia*

Molida la materia prima se pesó la muestra con un resultado de 467.6 g de tarwi triturado para la extracción del aceite.

7.3.3. Extracción del aceite de la semilla de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)

En un frasco de 2.5 litros se introdujo las semillas molidas de tarwi, añadiéndose éter de petróleo fracción 40-60, para la extracción solido-liquido por el lapso de 3 a 4 días, con agitación periódica.

Fotografía 8

*Inicio y conclusión de la extracción del aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)*



Fuente: *Propia*

Al terminar el tiempo de extracción del aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) se separa la torta y el aceite (Véase *Fotografía 9*)

Fotografía 9

Extracción del aceite de tarwi separación (torta y aceite)



Fuente: *Propia*

Se filtra el aceite obtenido en papel filtro dos veces, con la finalidad de obtener aceite más limpio y evitar partículas en suspensión de semillas o pequeñas cascarras como remanentes en el aceite extraído de tarwi. (Véase en la *Fotografía 10*).

Fotografía 10

Filtración del aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Swett)



Fuente: *Propia*

La separación del solvente (éter de petróleo) se lo realiza por destilación fraccionada, recogiendo el solvente hasta una temperatura de 65 °C, este proceso se muestra en la *Fotografía 10* y *11*.

Fotografía 11

Equipo de destilación fraccionada



Fuente: *Propia*

Fotografía 12

Aceite y el solvente separados.



Fuente: *Propia*

La cantidad de aceite de tarwi obtenido se calculó mediante la *fórmula 1* para el cálculo del rendimiento como se muestra en la *Página 36*. Para verificar el rendimiento del aceite:

$$\% \text{ aceite} = \frac{\text{Peso de aceite obtenido}}{\text{Peso de muestra}} * 100$$

Peso de muestra total = 467.6 g

Peso del aceite obtenido total = 126.9 g

$$\% \text{ aceite} = \frac{126.9 \text{ g}}{467.6 \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{ aceite} = 27.13 \%$$

El rendimiento de extracción del aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) es de 27.13 % utilizando como solvente éter de petróleo. Comparado con los autores (Pascual-Chagman et al, 2021) y (Quispe C. R., 2012) es muy comparable.

7.3.4. Análisis cuantitativo de los alcaloides presentes en la harina y aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)

Se realizó la determinación de alcaloides totales, tanto en la harina de tarwi sin desamargar, como también en el aceite extraído.

a) Determinación de los alcaloides presentes en la harina de tarwi (sin desamargar)

Se realizó la determinación de los alcaloides presentes en la materia prima esto para verificar el porcentaje de alcaloides, previo a la extracción del aceite de esta leguminosa, para esta determinación se utilizó la norma (NTE INEN 2 390: 2004). (Véase Anexo A) para el cumplimiento de la norma, se molió la muestra de tarwi hasta

transformarlo en harina esto para una mejor determinación de los alcaloides presentes en la materia prima. (Véase *Fotografía 13*).

Fotografía 13

Procedimiento para la verificación de los alcaloides en la harina de tarwi norma



Molienda de la semilla de Tarwi hasta formación de harina



Pesar 0.2 g de harina de Tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)



Añadir 0.2 g de KOH mezclar bien hasta obtener una masa homogénea.



Transferir a tubos centrifuga y agregar 6 mL de cloroformo.



Centrifugar la muestra de 3 a 4 minutos



Filtrar la muestra en papel filtro recibiendo la fase clorofórmica en vasos perfectamente limpios (repetir el procedimiento 3 veces)



Extracto evaporado a sequedad donde se puede apreciar los cristales formados por los alcaloides de la harina de Tarwi.



Agregar 8 mL de H_2SO_4 0.01N y 2 gotas de rojo de metilo a las botellas con cristales de alcaloides.



Se valora el exceso de ácido con NaOH 0.01 N

Fuente: *Propia*



Se reporta el contenido de Lupanina, presente en la harina de Tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)

b) Determinación de los alcaloides presentes en el aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) extraído en laboratorio.

Se realiza la determinación de los alcaloides en el aceite extraído de tarwi en laboratorio esto para verificar si se mantiene o se disminuye los alcaloides por el tipo de solvente utilizado en este caso “éter de petróleo” para esta determinación se utilizó la norma (NTE INEN 2390: 2004). (Véase Anexo A)

Fotografía 14

Procedimiento para la verificación de los alcaloides en el aceite de tarwi



Se utiliza una muestra de aceite de Tarwi extraída



Se pesa 0.2 g de aceite de Tarwi y se traspasa a un embudo de separación, esta operación se realiza por triplicado.



Se añade a la muestra de aceite 3 mL de H₂O y se agita por un lapso de 3 a 4 minutos y se deja que se separen en dos fases.

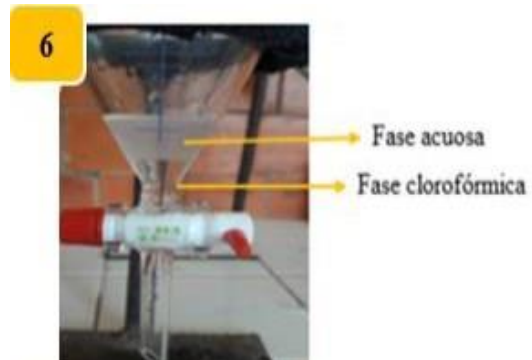


Se separa la fase orgánica de la acuosa perfectamente limpia.

Esta operación se repite 4 veces.

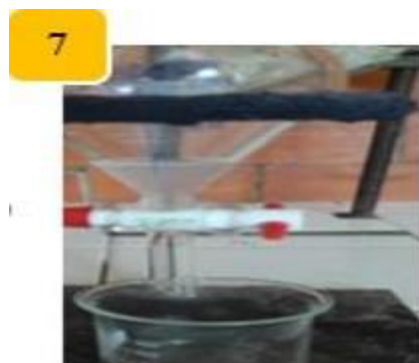


Todos los lavados se unen en un vaso pp y se lleva a un embudo de separación.



Así también se añade al embudo de separación 2 mL de clorofórmico, se agita y se espera la separación de las dos fases.

Se realiza este procedimiento por triplicado



Se separa la fase clorofórmica, se repite esta operación, dos veces más, que finalmente son reunidos.



Se traspara las fases clorofórmicas a botellas numeradas y se lleva a sequedad.



En esta etapa se observan cristales de alcaloides provenientes del aceite de Tarwi.



Agregar 8 mL de H_2SO_4 0.01N y 2 gotas de rojo de metilo a las botellas con cristales de alcaloides.

11



Se valora el exceso de ácido añadido con NaOH 0.01 N.

12



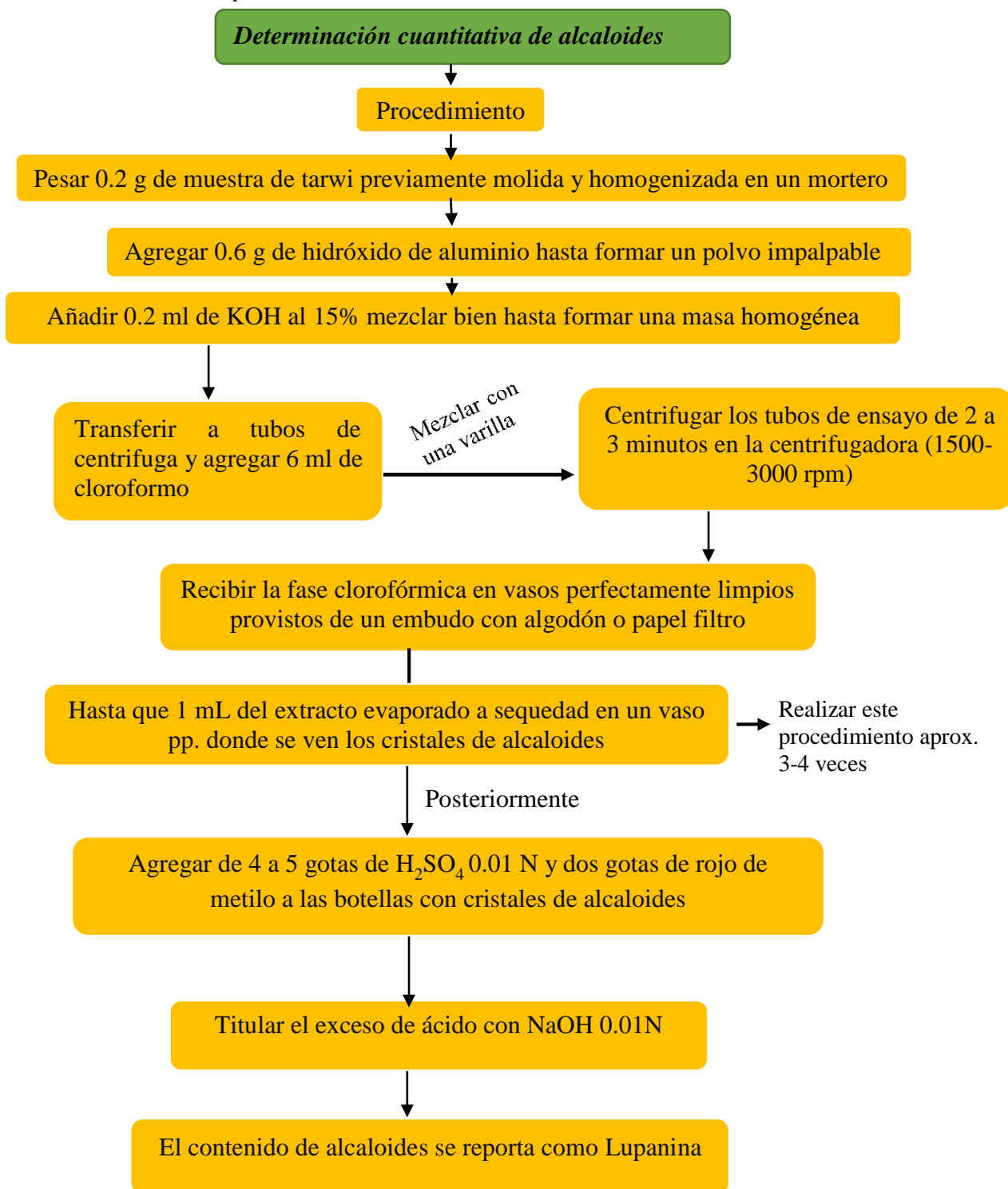
El contenido de alcaloides se reporta cómo % Lupanina presente en el aceite de Tarwi obtenido en laboratorio

Fuente: *Propia*

Las determinaciones analíticas se la realizo utilizando la norma ecuatoriana NTE INEN 2390: 2004. Esto para verificar el porcentaje de alcaloides tanto en la harina de tarwi (sin desamargar) y en el aceite de tarwi extraído en laboratorio.

Diagrama 2

Procedimiento para la determinación cuantitativa de los alcaloides de tarwi



Fuente: Norma NTE INEN 2 390: 200

7.3.5. Análisis de parámetros fisicoquímicos del aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)

Los parámetros fisicoquímicos determinados en el aceite de tarwi extraído en laboratorio son:

a) Densidad

Para la determinación de este parámetro se utilizó un picnómetro, por tratarse de un aceite líquido.

Fotografía 15

Procedimiento para la determinación de la densidad del aceite de tarwi



Se pesa el picnómetro vacío en una balanza analítica.



Se pesa el picnómetro con agua destilada a temperatura ambiente.



Se pesa la muestra de aceite en la balanza analítica y mediante la aplicación de una fórmula se calcula la densidad del aceite.

Fuente: *Propia*

b) Índice de acidez

Fotografía 16

Procedimiento para la determinación del índice de acidez del aceite de tarwi



Se pesa 1 g de muestra de aceite



Se utiliza etanol e NaOH 0.1 N para la valoración



Se disuelve la muestra de aceite con 100 mL de etanol neutralizado en caliente.



Se valora la mezcla con NaOH 0.1N, se añade fenolftaleína como indicador, hasta la aparición del color rosa.



Las pruebas de laboratorio se hacen por triplicado

Fuente: *Propia*

c) Índice de saponificación

Fotografía 17

Procedimiento para la determinación del índice de saponificación en el aceite de tarwi



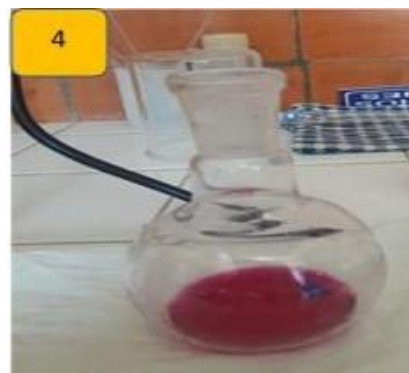
Se pesa una muestra de aceite



Se añade 12.5 mL de KOH alcohólico



Se lleva a reflujo a ebullición por una hora



Terminado el tiempo de saponificación, en caliente se añade 4 gotas de fenolftaleína, inmediatamente se observa una coloración rosa.



Se valorará el exceso de KOH con HCl 0.5 N, hasta la desaparición del color rosa

Fuente: *Propia*

d) Índice peróxido

Fotografía 18

Procedimiento para la determinación del índice de peróxido del aceite de tarwi



Peso de la muestra de aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)



Se disuelve la muestra de aceite con una mezcla de ácido acético – cloroformo (3:2).



Inmediatamente se agrega a la “muestra de aceite” 0.5 mL de KI saturada en agua

4



Se agita la mezcla durante 1 minuto y se deja reposar por 30 minutos en oscuridad.

5



Transcurrido el tiempo se adiciona agua destilada y una solución de almidón utilizada como como indicador, se observa un cambio de coloración.

6



Se valora con $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ a 0.01 N hasta la decoloración de la muestra

Realizar un blanco en forma paralela para calcular la normalidad exacta del $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Fuente: *Propia*

e) Índice de yodo.

Fotografía 19

Procedimiento para la determinación del índice de yodo del aceite de tarwi



En un matraz Erlenmeyer se pesa 0.2 g de aceite de Tarwi



Se añade 7.5 mL de CCl₄.



Se añade 12.5 mL de una solución de Wijs.



Se agita lentamente la mezcla y se deja en un lugar oscuro durante 30 minutos



Se añade 10 mL una de solución de KI al 15% y 50 mL de agua destilada.



Se agita y se valora con $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1N hasta que la solución adquiera un color amarillo-pálido



En este punto se añade 1 mL de almidón y la solución se torna azul (se oscurece)



Se continúa la valoración hasta que la solución se decolore.
(Seguidamente y en idénticas condiciones se efectúa una prueba en blanco).

Fuente: *Propia*

Fotografía 20

Procedimiento para la preparación de la solución de Wijs para el Índice de Yodo



Se pesa 1.5 g de yodo re-sublimado



Se coloca el yodo en un matraz Erlenmeyer de 500 mL. Añadir 200 mL de ácido acético glacial, (si es necesario se calienta suavemente para disolver el yodo).



Se filtra la solución a través de un papel filtro y se guarda la solución en un frasco ámbar con tampón esmerilado.



Preparación de la solución clorada
En un matraz Erlenmeyer se mide 100 mL de hipoclorito de sodio y 50 mL de HCl (concentrado).



Se prepara el material volumétrico, la solución clorada y la solución de yodo



En una campana extractora se genera gas cloro proveniente de la solución clorada agitando suavemente el matraz con el contenido de yodo.



Se agita y se observa un cambio de coloración que va en aumento.

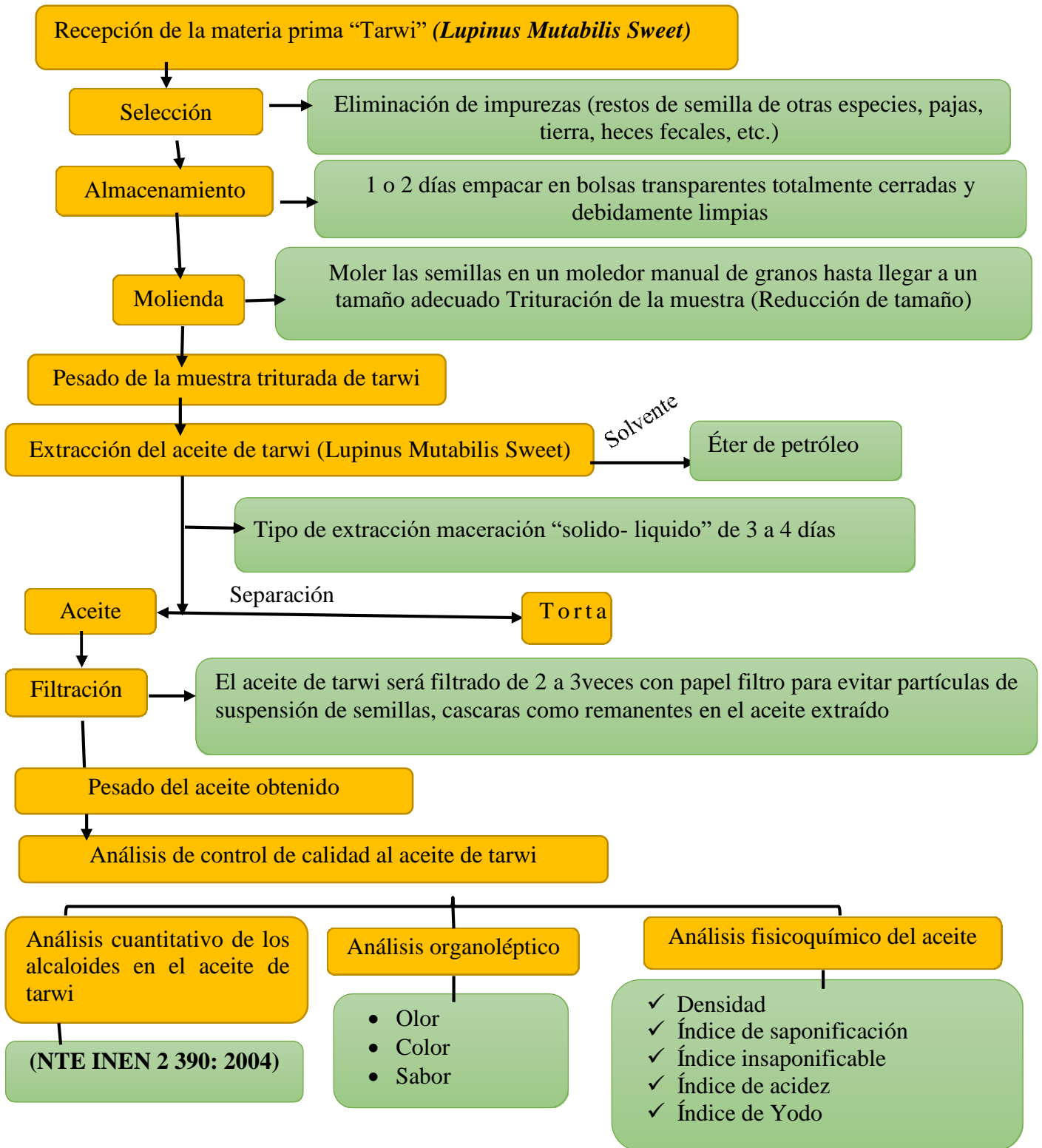


La reacción termina cuando se observa un color característico del reactivo.

Fuente: *Propia*

Diagrama 3

Extracción del aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)



7.3.6. Muestra de comparación “Aceite de oliva extra virgen”

La muestra de aceite de Tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) extraído en laboratorio estará comparado en este caso con el aceite de oliva extra virgen esto por sus múltiples beneficios que contiene y ser considerado un aceite completo tanto en propiedades químicas normalizadas y beneficios que tiene en la salud de quienes lo consumen por esta razón será nuestra “muestra de comparación”.

Se utilizo el aceite de oliva extra virgen “Vallesur” procedente del Perú por ser un aceite de gran consumo y catalogado como uno de los mejores aceites tanto a nivel nacional como internacional. Se realizó el control fisicoquímico al aceite en las mismas condiciones que se realizó el aceite de Tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) esto para corroborar los parámetros de calidad que tiene el aceite de oliva extra virgen “Vallesur”.

Fotografía 21

Muestra de aceite de oliva extra virgen “Vallesur”



Fuente: *Propia*

7.4. Equipo de radiación ultravioleta en las muestras de aceite de Tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)

Determinado el porcentaje de alcaloides y los parámetros fisicoquímicos del aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) extraído en laboratorio, se realizó un proceso de radiación con luz ultravioleta a la muestra de aceite. Tanto en el aceite de tarwi y en nuestra” muestra de comparación” como es el aceite de oliva extra virgen “Vallesur”, esto a diferentes tiempos de exposición (0, 15, 60, 150, 270, 450, 978 minutos) esto con el fin de determinar la influencia sobre los alcaloides en el aceite de tarwi y también ver la influencia de este método, en los parámetros calidad del aceite, así como la pigmentación del aceite luego de someter las muestras a este método. La longitud de radiación del equipo es de 315- 400 nm.

Fotografía 22

Equipo de radiación ultravioleta



Fuente: *Propia*

Fotografía 23

Muestra de aceite de tarwi y aceite de oliva extra virgen (muestra de comparación) acondicionados para entrar al equipo de radiación ultravioleta



Fuente: *Propia*

Fotografía 24

Muestra de aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet) y aceite de oliva extra virgen expuestas a el equipo de radiación con luz ultravioleta a determinados tiempos



Fuente: *Propia*

Una vez irradiada la muestra de tarwi se procedió a analizar los alcaloides totales utilizando la norma (NTE INEN 2390: 2004). (Véase Anexo A). Así también se verifico

cómo influye la radiación de luz ultravioleta en la calidad del aceite, para esto se utilizó los procedimientos de calidad descritos anteriormente como: densidad, índice de saponificación, índice de acidez, índice de peróxidos, índice de yodo.

7.4.1. Espectro de absorción del aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) y aceite de oliva extra virgen

Utilizamos Espectrofotómetro UV-VIS para las curvas de los barridos específicos ($\lambda = 370 - 750$) ηm tanto para la muestra de aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) y aceite de oliva extra virgen el cual es nuestra “muestra de comparación “en el presente proyecto.

Fotografía 25

Espectrofotómetro UV-VIS para la cuantificación (marca: BIOCHROM)



Fuente: *Propia*

Analizamos las muestras de aceite en el espectrómetro visible-UV, a diferentes tiempos de exposición a la radiación ultravioleta de (0, 15, 60, 150, 270, 450, 978 minutos) esto para verificar el perfil de absorbancia de ambos aceites, se empleó la longitud de onda de (370 a 750) ηm .

Fotografía 26

Barrido de ondas en el Espectrofotómetro UV-VIS del aceite de tarwi

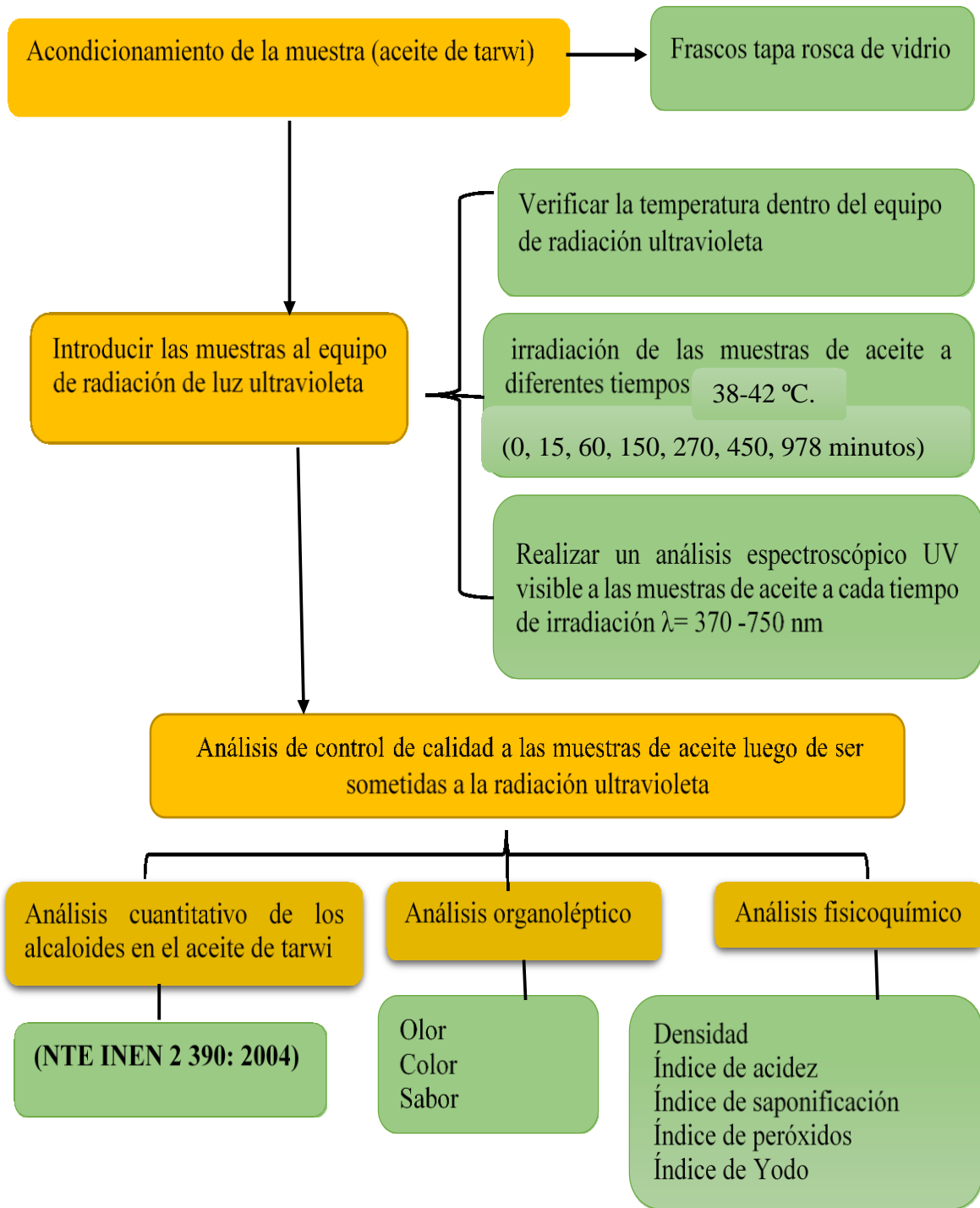


Fuente: *Propia*

En la *Fotografía 26*.se muestra la curva de barrido a diferentes longitudes de onda como la absorbancia del β -caroteno que se puede obtener de la lectura del valor de la absorbancia a 480 nm, indican que con el tiempo de radiación con luz ultravioleta su contenido en β . caroteno va disminuyendo, así como también la cantidad de feofitina disminuye notablemente, esto se puede observar por la banda a 670 nm. a un tiempo de 978 minutos de exposición en el equipo radiación ultravioleta del aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*).

Diagrama 4

Procedimiento para la exposición de muestras de aceite de Tarwi y aceite de oliva extra virgen en el equipo de radiación ultravioleta



Fuente: *Propia*

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1. Rendimiento del aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*),

La cantidad de aceite obtenido del aceite de tarwi se calculó con la fórmula 1. Descrito en la *Página 36*:

$$\% \text{ aceite} = \frac{\text{Peso de aceite obtenido}}{\text{Peso de muestra}} * 100$$

Peso de muestra total = 467.6 g

Peso del aceite de tarwi obtenido total = 220.63g

$$\% \text{ aceite} = \frac{126.9}{467.6} * 100$$

$$\% \text{ aceite} = 27.13 \%$$

Por tanto, el rendimiento de extracción del aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) es de 27.13 % utilizando como solvente éter de petróleo

El autor *Díaz, E., et al citado por Rodríguez, A. (2009)* realizó una comparación de la composición química de algunas semillas oleaginosas y determinó que la concentración de grasa del tarwi tiene un rendimiento de 20.9 % por el cual reporta que el contenido de aceite del tarwi está entre los rangos de (14 a 24) % que mencionan otros autores (Caicedo, C, 2000) y (Jacobsen & Mujica, 2006). Con lo mencionado por estos autores la concentración de aceite de tarwi está dentro de los rangos indicados.

El rendimiento del aceite de tarwi calculado en laboratorio se debe principalmente a las condiciones ambientales del lugar donde procede el fruto.

8.2. Determinación de alcaloides totales presentes en la harina de tarwi “sin des amargar”.

Se realizó la determinación de alcaloides presentes en la materia prima, esto para verificar el porcentaje de alcaloides, previo a la extracción del aceite de esta leguminosa tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*), para esta determinación se utilizó la norma (NTE INEN 2390: 2004). (Véase Anexo A)

En cumplimiento de la norma se molió la muestra de tarwi hasta transformarlo en harina esto para una mejor determinación de los alcaloides presentes en la materia prima.

Tabla 10

Determinación de los alcaloides presentes en la harina de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet)

Datos de la muestra	Primera Determinación	Segunda determinación	Tercera determinación
Peso de la muestra	0.20 g	0.20 g	0.20 g
Volumen de H₂SO₄	5 mL	5 mL	5 mL
Concentración de H₂SO₄ real	0.0111 N	0.0111 N	0.0111 N
Volumen gastado en la muestra	2.10 ml	2.18 ml	2.20 ml
concentración de NaOH real	0.0145 N	0.0145 N	0.0145 N
% de Lupanina (harina de tarwi)	3.2396 %	3.5312 %	3.5636%
% de Lupanina promedio	3.4448 % de Lupanina en la harina de tarwi		

Fuente: *Propia*

Como se puede observar en la *Tabla 10*, el porcentaje de alcaloides expresado como Lupanina, en la harina de tarwi es de 3.4448 % un porcentaje bastante alto para ser consumible por los humanos.

Los autores (Rosas, 1998) y (Quispe C. R., 2012), demostraron en un análisis en muestras harina de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) una concentración de 3.94% de alcaloides totales expresado como lupanina distribuido en la cáscara y el cotiledón .

Con lo mencionado y reportado por este autor, la concentración de alcaloides en el tarwi está dentro de los rangos indicados.

8.3. Determinación de los alcaloides presentes en el aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) extraído en laboratorio.

Se realizó la determinación de los alcaloides presentes en el aceite de tarwi, extraído en laboratorio, esto para verificar si se mantiene o si disminuye los alcaloides por el tipo de solvente utilizado “éter de petróleo” para esta determinación se utilizó la norma (NTE INEN 2 390: 2004). (Véase Anexo A)

Tabla 11

Determinación de los alcaloides presentes en el aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet)

Datos de la muestra	Primera determinación	Segunda determinación	Tercera determinación
Peso de la muestra	0.9155 g	0.9155 g	0.9155 g
Volumen de H₂SO₄	5 mL	5 mL	5 mL
Concentración de H₂SO₄	0.0111 N	0.0111 N	0.0111 N
Volumen gastado en la muestra	2.70 mL	2.75 mL	2.70 mL
Concentración de NaOH	0.0145 N	0.0145 N	0.0145 N
% de lupanina en el aceite de tarwi	0.9554 %	0.9731 %	0.9554 %
% de lupanina promedio	0.9613 % lupanina en el aceite de tarwi		

Fuente: *Propia*

Como se muestra en la *Tabla 10*. El porcentaje de alcaloides expresado como lupanina en la materia prima de semillas de tarwi “sin des amargar”, es de 3.4448 % y en

comparación con el aceite de tarwi como se muestra en la *Tabla 11*, es de 0.9613 % por lo tanto el solvente utilizado en la extracción del aceite de tarwi como es el “éter de petróleo” si influye de gran manera en la disminución de la lupanina alcaloide principal y causante del sabor amargo en esta leguminosa. En la recopilación bibliográfica no se encontró datos al respecto para ser comparados.

8.4. Determinación de los parámetros organolépticos a la muestra de aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) extraído en laboratorio.

Determinamos los parámetros de calidad en el aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) obtenido en laboratorio el cual muestra las siguientes características sensoriales como se aprecia en la *Tabla 12*.

Tabla 12

*Determinación de los parámetros organolépticos al aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)*

Parámetros organolépticos	Características
Aspecto	Se mantiene fluido, claro y libre de sedimento
Olor y Sabor	Normales, con aroma propio y característico de la semilla de Tarwi. Exento de olor y sabor rancio y de cualquier olor y sabor extraño al producto

Fuente: Propia

El análisis organoléptico del aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) se analizó en laboratorio donde trabajaron 6 tesisistas por lo cual se reportó el análisis sensorial de las mismas llegando al resultado que se muestra en la *Tabla 12*.

8.5. Determinación de los parámetros fisicoquímicos de la muestra de aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) extraído en laboratorio.

Se determinaron los siguientes parámetros fisicoquímicos al aceite de tarwi extraído en laboratorio para verificar la calidad del aceite.

a) Densidad

Se realizó tres mediciones del picnómetro vacío, picnómetro más agua y picnómetro más muestra de aceite, para evaluar la densidad del aceite de tarwi, como se muestra en la *Tabla 13*. Donde se detallan los datos del promedio de las determinaciones.

Para esta determinación se utilizó la fórmula 2. (*Véase página 36*)

Tabla 13

Determinación de la densidad en el aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet)

Parámetros	Datos promedio
Picnómetro vacío	14.2398 g
Picnómetro con H ₂ O	19.3466 g
Peso de picnómetro más muestra (aceite) de tarwi	18.9149 g

Fuente: *Propia*

$$\text{Peso específico del aceite de tarwi} = \frac{18.9149g - 14.2398g}{19.3466g - 14.2398g}$$

$$\text{Peso específico del aceite de tarwi} = 0.9155 \text{ g/cm}^3$$

El autor, (Pascual-Chagman et al, 2021) extrajo por prensa empeller el aceite de los granos des amargados y descascarados de las variedades peruanas de tarwi (*Lupinus Mutabilis* “Común” y “Andenes”). Se evaluó su densidad, a 25 °C y un resultado de la densidad del aceite tarwi de 0,903 g/mL, por lo tanto, se puede observar que la técnica de extracción influye en la densidad de este aceite.

b) Índice de acidez

Para el cálculo del índice de acidez y el % acidez total como ácido oleico en el aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) se utilizó la fórmula 3. y la fórmula 4. (Véase las páginas 37 y 38)

Tabla 14

Determinación del índice de acidez en el aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet)

Datos de la muestra	Primera determinación	Segunda determinación
Concentración de NaOH real	0.1625 N	0.1625 N
Peso de la muestra	0.9155 g	0.9155 g
Condición	Caliente	Caliente
Volumen gastado en la muestra	0.16 mL	0.17 mL
Índice de acidez	1.1359 mg NaOH/g muestra.	1.2069 mg NaOH /g muestra
Índice de acidez promedio	1.1714 mg NaOH/g muestra	
% acidez total como ácido oleico	0.8023 g Ácido oleico/ 100g	0.8524 g Ácido oleico/ 100g
% acidez total como ácido oleico promedio	0.828 g Ácido oleico/ 100g	

Fuente: *Propia*

(Pascual-Chagman et al, 2021) evaluó el aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) “Común” y “Andenes”, el aceite presento un índice de acidez de 3.2 mg g Ácido oleico/ 100g.

Este hecho hace suponer la variedad y la situación geográfica tiene su influencia en la determinación de este parámetro.

c) Índice de saponificación.

Para el cálculo del índice de saponificación en el aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) se utilizó la fórmula 5. (Véase las pagina 39)

Tabla 15

Determinación del índice de saponificación en el aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet)

Datos de la muestra	Primera determinación	Segunda Determinación
Volumen de KOH	12.5 mL	12.5 mL
Concentración de HCl real	0.5478 N	0.5478 N
Peso de la muestra	1 g	1 g
Condición	Media hora de calefacción	Media hora de calefacción
Volumen gastado en la muestra	6 mL	6 mL
Volumen gastado en el blanco	12 mL	12 mL
Índice de saponificación	184.39 mg KOH /g muestra	184.39 mg KOH / g muestra
Índice de saponificación promedio	184.39 mg KOH / g muestra	

Fuente: *Propia*

(Quispe C. R., 2012), determina el índice de saponificación para el aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) extraído por soxhlet con un valor de 184 mg. KOH/g muestra, de aceite y en comparación con la que se determinó en el presente trabajo es muy comparable.

d) Índice peróxido

Para calcular el índice de peróxido en el aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) se utilizó la fórmula 6. (Véase las pagina 41).

Tabla 16

Determinación del índice peróxido en el aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet)

Datos de la muestra	Primera Determinación	Segunda Determinación
Concentración real de Na₂S₂O₃	0.01190 N	0.01190 N
Peso de la muestra	0.9155 g	0.9155 g
Volumen gastado en la muestra	8.1 mL	8.2 MI
Volumen en el blanco	7 mL	7 mL
Índice de peróxidos	14.2982 mg de O ₂ activo / kg de grasa	15.5980 mg de O ₂ activo / kg de grasa
Índice de peróxidos promedio	14.95 mg de O₂ activo / kg de grasa	

Fuente: *Propia*

(Quispe C. R., 2012) determina el índice de peróxidos para el aceite extraído de la variedad de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) por método Soxhlet, mismo que reporta 5.12 meq/Kg el valor reportado en el presente trabajo es de 14.95 mg de O₂ activo / kg de grasa ambos valores se encuentran dentro del rango establecido en las normas CODEX STAN 33- 1981.Norma de Codex para aceites de Oliva Virgen y refinado tales como indica el COI (Concejo Oleícola Internacional) el cual menciona que el índice de peróxidos para aceite de oliva extra virgen no debe ser mayor o igual a 20 meq de O₂/Kg de aceite.

e) **Índice de yodo.**

Para calcular el índice de yodo en el aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) se utilizó la fórmula 7. (Véase las pagina 44).

Tabla 17

Determinación del índice de yodo en el aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet)

Datos de la muestra	Primera Determinación	Segunda Determinación
Concentración real de Na₂S₂O₃	0.1190 N	0.1190 N
Peso de la muestra	0.2113 g	0.2115 g
Volumen gastado en la muestra	1.5 mL	1.4 mL
Volumen en el blanco	12 mL	12mL
Índice de yodo	75.1001 mg Yodo / 100 g muestra	75. 5650 mg Yodo / 100 g muestra
Índice de yodo promedio	75.3 mg de Yodo / 100 g muestra	

Fuente: *Propia*

(Quispe C. R., 2012) determino el valor obtenido en promedio del aceite extraído por Soxhlet es de 78 mg. de I₂/100 g muestra , el valor reportado en el presente trabajo es de 75.3 mg de Yodo /100 g muestra,(Véase Tabla 18) ambos 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 reportan valores de 75- 94 mg de I₂/100 g muestra para aceites

vírgenes, en el CODEX STAN 210-1999 Norma para aceites vegetales especificados dan un valor de (124 -139) mg de I₂/100 g muestra para aceite de soya,

En la tabla 18, se hace más comparaciones de otros autores de los parámetros de calidad de la extracción del aceite de tarwi, obtenidos en este trabajo los mismos que fueron discutidos en las páginas anteriores.

Tabla 19

Datos comparativos de aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet)

Estudios		Datos teóricos		Cantidades usados
Determinaciones	“Proyecto”	Quispe 2012	Arias Guamán 2016	Unidades
Densidad	0.9155	0.919	0.87- 0.89	g/cm ³
Índice de acidez	1.1714	-	-	mg NaOH/g muestra
% de acidez total como ácido oleico	0.828	0.18	0.2	g Ácido oleico/ 100g
Índice de saponificación	184.39	184	188.06	mg KOH / g muestra
Índice peróxido	14.95	5.12	0	mg de O ₂ activo / kg de grasa
Índice de yodo	75.3	78	94	mg de Yodo / 100 g muestra

Fuente: Propia

8.6. Radiación de luz ultravioleta del aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)

En la presente investigación se ha examinado el efecto de la luz ultravioleta con el equipo de radiación ultravioleta (Ver Fotografía 26) donde se verifico la influencia de este método en la disminución de los alcaloides totales presentes en el aceite de tarwi y la influencia que tiene en los parámetros de calidad del aceite de tarwi extraído en laboratorio. Se utilizó un aceite de comparación el cual es el aceite de oliva extra

virgen “Vallesur” que al igual será sometido a este método para ver cómo influye la “radiación con luz ultravioleta” a diferentes tiempos de exposición a la radiación de (0, 15, 60, 150, 270, 450, 978 minutos)

Fotografía 27

Equipo de radiación ultravioleta en muestras de aceite (tarwi y oliva extra virgen) a diferentes tiempos de exposición.



Fuente: *Propia*

8.7. Verificación de los alcaloides presentes en el aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) después de exponer la muestra a la radiación ultravioleta.

Luego de la exposición del aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) en el equipo de radiación verificamos si este método influye sobre los alcaloides presentes en el aceite obtenido en laboratorio, para esta determinación se utilizó la norma (NTE INEN 2 390: 2004). (*Véase Anexo A*)

Para la verificación de los alcaloides presentes en el aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) después de exponer la muestra a la radiación ultravioleta. Se utilizó el mismo procedimiento descrita en la *Fotografía 14*.

Tabla 20

Determinación de los alcaloides presentes en el aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet) después de la exposición a la radiación ultravioleta

Datos de la muestra	Primera determinación	Segunda determinación	Tercera determinación
Peso de la muestra	0.9158 g	0.9158 g	0.9158 g
Volumen de H₂SO₄	5 mL	5 mL	5 mL
Concentración de H₂SO₄	0.0111 N	0.0111 N	0.0111 N
Volumen gastado en la muestra	1.60 mL	1.68 mL	1.68 mL
Concentración de NaOH	0.0145 N	0.0145 N	0.0145 N
% de lupanina en el aceite de tarwi	0.5660 %	0.5943 %	0.5943 %
% de lupanina promedio	0.5849 % en el aceite de tarwi irradiado promedio		

Fuente: *Propia*

Después de la radiación con luz ultravioleta a la muestra de aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*), se puede evidenciar una disminución en el porcentaje de alcaloides totales:

0.9613% alcaloides en el aceite de tarwi - 0.5849% alcaloides en el aceite de tarwi
antes de la radiación ultravioleta después de la radiación ultravioleta

$$\% \text{ de disminución de los alcaloides en el aceite de tarwi } = \frac{0.3764}{0.9613} * 100$$

(Lupinus Mutabilis Sweet)

% de disminución de alcaloides en el aceite de tarwi = 39.2 %
(Lupinus Mutabilis Sweet)

Por lo tanto, en la presente investigación podemos comprobar que utilizando el método de radiación ultravioleta en el aceite de tarwi extraído en laboratorio se llega a disminuir un 39.2 %, los alcaloides presentes en el aceite de tarwi específicamente la lupanina componente principal y mayoritario en esta leguminosa por lo que podemos demostrar que la radiación ultravioleta si tiene influencia sobre los alcaloides presentes en esta leguminosa.

Fotografía 28

Muestras de aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet) antes y después de la radiación luz, de la radiación luz temperatura 38-42 °C.



Fuente: *Propia*

8.8. Determinación de los parámetros de calidad en el aceite de tarwi después de la exposición a la radiación con luz.

A continuación, se muestra el análisis organoléptico y fisicoquímico al aceite extraído de tarwi después de la exposición a la radiación con luz ultravioleta.

8.8.1. Análisis organoléptico al aceite de tarwi después de someter la muestra a la radiación ultravioleta

La muestra de aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) luego de pasar por la prueba de radiación ultravioleta presenta una coloración regular de pigmentación en comparación a la coloración de la muestra antes de pasar por la radiación ultravioleta. como se muestra en la *Fotografía 28*.

El aceite de tarwi después de pasar la prueba con la radiación de luz ultravioleta tiene un ligero olor a tarwi tostado el cual es diferente al olor característico del aceite de tarwi.

8.8.2. Análisis fisicoquímico al aceite de tarwi después de someter la muestra a la radiación ultravioleta.

En las pruebas de análisis fisicoquímicos en el aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) después de la exposición a la radiación ultravioleta se determinó los principales parámetros de calidad al aceite como se muestra en la *Tabla 20*, mismas que se determinaron en laboratorio y se calculó el resultado con las fórmulas descritas anteriormente, para esto se llevó en efecto los mismos análisis fisicoquímicos que se utilizaron antes de someter las muestras a la luz de la radiación ultravioleta.

Tabla 21

Determinación de la muestra de aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet) luego de la radiación ultravioleta

Datos de la muestra	Características de calidad del aceite de tarwi después de la radiación UV
Densidad	0.9158 g/ cm ³
Índice de acidez	1.9872 mg NaOH/g muestra
% acidez total como ácido oleico	1.4036 mg Ac oleico/ g muestra
Índice de saponificación	90.6581 mg KOH / g muestra
Índice de peróxidos	-1.2994 meq de O ₂ activo / kg de grasa
Índice de yodo	32.2277 mg de Yodo / 100 g muestra

Fuente: *Propia*

8.9. Comparación de los resultados obtenidos en laboratorio antes y después de la radiación ultravioleta al aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)

Se comparó los parámetros organolépticos y fisicoquímicos antes y después de la radiación ultravioleta a la muestra de aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*)

8.9.1. Comparación organoléptica del aceite de tarwi antes y después de la radiación ultravioleta

Con los resultados obtenidos luego de someter las muestras a la radiación ultravioleta se pudo demostrar que la coloración del aceite de tarwi cambia de gran manera ya que se torna un poco menos pigmentada en comparación a la muestra de aceite de tarwi antes de someter la muestra a la radiación ultravioleta como se muestra en la *Fotografía 28*. Esto debido a la foto decoloración que sufrió el aceite en el equipo de radiación ultravioleta este proceso también produce la oxidación en el aceite el cual comprende la formación de radicales libres en el aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*), esto debido a la luz ultravioleta del equipo.

8.9.2. Comparación de los parámetros fisicoquímicos del aceite de tarwi antes y después de la radiación con luz ultravioleta

Luego de realizar los análisis fisicoquímicos a la muestra de aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) después de someter la muestra a la radiación con luz ultravioleta se verifico que existe mucha variación en los parámetros de calidad del aceite de tarwi como se muestra en la *Tabla 21*.

Tabla 22

Comparación de los parámetros fisicoquímicos al aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Swett) antes y después de la radiación ultravioleta

Características fisicoquímicas del aceite de tarwi (<i>Lupinus Mutabilis Swett</i>)	Antes de la radiación UV	Después de la radiación UV	Unidades
Densidad	0.9155	0.9158	g/ cm ³
Índice de acidez	1.1714	1.9872	mg NaOH/g muestra
% acidez total como ácido oleico	0.8274	1.4036	mg Ac oleico/ g muestra
Índice de saponificación	184.39	90.6581	mg KOH / g muestra
Índice de peróxidos	14.9481	-1.2994	meq de O ₂ activo / kg de grasa
Índice de yodo	75.4290	32.2277	mg de Yodo / 100 g muestra

Fuente: *Propia*

Cómo se puede apreciar en la *Tabla 21*. La luz de la radiación ultravioleta tiene influencia sobre los parámetros fisicoquímicos de calidad en el aceite de tarwi, mismos que describiremos cada uno a continuación:

- La **densidad del aceite de tarwi** luego de someter la muestra al equipo de radiación ultravioleta tiene un ligero incremento en la densidad con un valor de 0.9155 a 0.9158 g/cm³ antes y después de la radiación ultravioleta respectivamente esto hace notar que no existe mucha diferencia en ambos resultados razón por el cual la radiación ultravioleta no influye de gran manera en este parámetro.
- El **% de acidez como ácido oleico en el aceite de tarwi** luego de someter la muestra al equipo de radiación ultravioleta pasa de tener un valor de 0.8274 mg Ac oleico/ g muestra a un valor de a 1.4036 mg Ac oleico/ g muestra después de la radiación ultravioleta como se ve en la *Tabla 21*. esto se debe a que el aceite sufre un grado de deterioro esto a causa de la luz del equipo de radiación ultravioleta, resultado de la rotura entre la unión de las moléculas de glicerina y los ácidos grasos que componen el aceite. estas uniones se rompen porque el aceite sufre alguna alteración química; en este caso la exposición del aceite a la luz de la radiación ultravioleta, este resultado puede ser comparado con el aceite de **oliva**

virgen corriente que indica que la (acidez menor o igual a ≤ 2 ; aun es apto para el consumo directo; sabor y olor irreprochables) por lo tanto nuestro aceite extraído en laboratorio aun cumple las especificaciones de los parámetros de calidad del aceite de oliva **virgen corriente**.

- En el caso del **índice de saponificación en el aceite de tarwi** tuvo una variación muy significativa como se muestra en la *Tabla 21*. con valores de 184.39 mg KOH/ g muestra y 90.6581 mg KOH/ g muestra, antes y después de someter la muestra al equipo de radiación ultravioleta respectivamente comparando ambos resultados podemos manifestar que luego de someter la muestra de aceite de tarwi a este método existe menor proporción de ácidos grasos de cadena corta, es por eso que es menor el índice de saponificación en el aceite de tarwi luego de la radiación ultravioleta y esto indica una baja pureza del aceite.
- Al comparar el **índice de peróxidos del aceite de tarwi** como se muestra en la *Tabla 21*. con un valor 14.9481 meq de O₂ activo / kg de grasa y un valor negativo de -1.2994 meq de O₂ activo / kg de grasa, antes y después de someter la muestra al equipo de radiación ultravioleta respectivamente se puede asegurar que este aceite no es apto para el consumo humano ya que este resultado es bastante bajo, esto se debe al factor prooxidante en este caso el tiempo de la exposición a la luz de la radiación ultravioleta, deterioro el aceite en productos secundarios como (aldehídos cetonas y alcoholes).
- Comparando el **índice de yodo en el aceite de tarwi** con un resultado de 75.4290 mg de Yodo / 100 g muestra y un valor de 32.2277 mg de Yodo / 100 g muestra, antes y después de someter la muestra al equipo de radiación ultravioleta respectivamente, tiene un descenso bastante significativo cómo se observa en la *Tabla 21*. por lo cual se puede evidenciar que el índice de yodo es muy bajo por lo tanto es más alto el grado de saturación del aceite y esto causa mayor probabilidad a la rancidez del aceite por lo tanto la radiación ultravioleta si tiene una influencia en los dobles enlaces presentes en la muestra de aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*).

8.10. Análisis de control de calidad al aceite de oliva extra virgen “muestra de comparación” en el presente proyecto.

8.10.1. Análisis organoléptico del aceite de oliva extra virgen “muestra de comparación”

Determinamos los parámetros de calidad en el aceite oliva extra virgen “muestra de comparación” en el presente proyecto, el cual muestra las siguientes características sensoriales como se aprecia en la *Tabla 22*.

Tabla 23

Determinación de los parámetros organolépticos al aceite de oliva extra virgen “muestra de comparación” Vallesur

Parámetros organolépticos	Características
Aspecto	Se mantiene fluido, presenta una coloración amarillo verdoso y libre de sedimento
Olor y Sabor	Normales, con aroma propio y característico de la semilla de Tarwi. Exento de olor y sabor rancio y de cualquier olor y sabor extraño al producto

Fuente: *Propia*

8.10.2. Análisis fisicoquímico del aceite de oliva extra virgen “muestra de comparación”

Se realizó un análisis de control de calidad al aceite de oliva extra virgen mismo que se encuentra dentro de los valores establecidos en las normas CODEX STAN 33-1981. Norma de Codex para aceites de Oliva Virgen y refinado tales como indica el COI (Concejo Oleícola Internacional)

Tabla 24

Análisis fisicoquímico del aceite de oliva extra virgen y comparación con las normas CODEX STAN 33-1981 Normas para aceites de oliva virgen y aceite de oliva refinado

Parámetros fisicoquímicos al aceite de oliva extra virgen	Aceite de oliva extra virgen “Vallesur” Muestra de comparación	CODEX STAN 33-1981 Normas para aceites de oliva virgen y aceite de oliva refinado	Unidades
Densidad	0.9110.	0.910 – 0.916	g/ cm ³
% acidez total como ácido oleico	0.5265	0.8	mg Ac oleico/ g muestras
Índice de saponificación	193.61	184 – 196	mg KOH / g muestra
Índice de peróxidos	16.3282	≤ 20	mg de O ₂ activo / kg de grasa
Índice de yodo	82.0872	75 – 94	mg de Yodo / 100 g muestra

Fuente: *Propia*

Como se ve en la Tabla 23 se muestra el análisis fisicoquímico del aceite de oliva extra virgen los parámetros fisicoquímicos verificados en laboratorio están dentro de los parámetros normalizados de calidad por el CODEX STAN 33-1981 Normas para aceites de oliva virgen y aceite de oliva refinado.

8.11. Determinación de los parámetros de calidad del aceite de oliva extra virgen después de la exposición a la radiación ultravioleta.

Fotografía 29

Muestras de aceite de oliva extra virgen antes y después de la radiación ultravioleta “muestra de comparación”.



Fuente: *Propia*

8.11.1. Análisis organoléptico al aceite oliva extra virgen después de someter la muestra a la radiación ultravioleta

La muestra de aceite *oliva extra virgen* “Vallesur” en el presente proyecto es nuestra “muestra de comparación” luego de pasar por la prueba de radiación ultravioleta presenta una coloración menos pigmentada un poco menos al habitual amarillo verdoso característico al aceite de oliva extra virgen.

El aceite de oliva extra virgen después de la radiación ultravioleta tiene un ligero olor a aceite quemado diferente al olor característico del aceite de oliva extra virgen, análisis que se reportó mediante 6 tesis que también trabajaron en laboratorio.

8.11.2. Análisis fisicoquímico al aceite de oliva extra virgen después de someter la muestra a la radiación ultravioleta

Al igual que el análisis fisicoquímico que se realizó al aceite de tarwi después de someter la muestra a la radiación ultravioleta, también se efectuó el análisis fisicoquímico a nuestra “muestra de comparación” cómo es el **aceite de oliva extra virgen “Vallesur”**

esto para verificar cómo influye la radiación ultravioleta en los parámetros de calidad en el aceite con valores que se registran en la **Tabla 24**.

Tabla 24.

Análisis fisicoquímico del aceite de oliva extra virgen después de la radiación ultravioleta.

Determinaciones	Análisis en laboratorio
Densidad	0.9160 g/cm ³
Índice de acidez	2.1642 mg NaOH/g muestra
% acidez total como ácido oleico	1.5286 mg Ac oleico/ g muestra
Índice de saponificación	92.1947 mg KOH / g muestra
Índice peróxido	-7.7948 mg de O ₂ activo / kg de grasa
Índice de yodo:	28.0983 mg de Yodo / 100 g muestra

Fuente: *Propia*

8.12. Comparación de resultados obtenidos al aceite de oliva extra virgen “muestra de comparación” antes y después de la radiación ultravioleta.

Una vez realizado el análisis de control de calidad del aceite de oliva extra virgen realizamos una comparación de los parámetros de calidad antes y después de la radiación ultravioleta.

8.12.1. Comparación organoléptica del aceite de oliva extra virgen “muestra de comparación” antes y después de la radiación ultravioleta.

Con los resultados obtenidos luego de someter las muestras a la radiación ultravioleta se pudo demostrar que la coloración del aceite de **oliva extra virgen** “Vallesur” muestra de comparación en el presente proyecto cambia de coloración ya que se torna un poco menos pigmentada en comparación a la muestra de aceite de **oliva extra virgen** antes de la radiación ultravioleta como se muestra en la *Fotografía 29*. Es decir, las moléculas de clorofila llegaron a convertirse en moléculas de feofitinas esto por acción de la luz ultravioleta.

Este proceso de radiación ultravioleta dio paso a la oxidación de la muestra de aceite de oliva extra virgen el cual comprende la formación de radicales libres en el aceite debido a la radiación ultravioleta.

8.12.2. Comparación de los parámetros fisicoquímicos del aceite de oliva extra virgen antes y después de la radiación ultravioleta

Así también se realizó un análisis fisicoquímico a la muestra de “aceite de oliva extra virgen Vallesur” después de someter la muestra a la radiación ultravioleta donde se verifico que existe mucha variación en los parámetros de calidad como se muestra en la *Tabla 25*.

Tabla 25.

Comparación de los parámetros fisicoquímicos al aceite de oliva extra virgen antes y después de la radiación ultravioleta

Parámetros fisicoquímicos al aceite de oliva extra virgen	Antes de la radiación UV	Después de la radiación UV	Unidades
Densidad	0.9110	0.9160	g/ cm ³
% acidez total como ácido oleico	0.5265	1.5286	mg Ac oleico/ g muestra
Índice de saponificación	193.61	92.1947	mg KOH / g muestra
Índice de peróxidos	16.3282	-7.7948	mg de O ₂ activo / kg de grasa
Índice de yodo	82.0872	28.0983	mg de Yodo / 100 g muestra

Fuente: *Propia*

Como se puede verificar en la *Tabla 25*, luego de someter la muestra de aceite de oliva extra virgen al equipo de radiación ultravioleta se registró muchas variaciones en sus parámetros de calidad.

La densidad de la muestra presenta un leve incremento en comparación a la muestra sin irradiar, pero aún está en los rangos para ser un aceite comestible como lo es el aceite de oliva extra virgen.

- El **% de acidez total como ácido oleico** tiene un incremento que sobre pasa los parámetros para ser un aceite similar al aceite de **oliva virgen extra** como se observa en la *Tabla 25*. al someter la muestra a la radiación ultravioleta el aceite de oliva extra virgen “Vallesur” tiene una medida de % de acidez total como ácido oleico de 1.5286 mg Ac oleico/ g muestra, este valor es comparable con el aceite de **oliva virgen corriente** el cual tiene un índice de acidez de ácido oleico de ≤ 2 .
- El **índice de saponificación** en el **aceite de oliva extra virgen** después de someter la muestra al equipo de radiación ultravioleta tuvo una variación bastante significativa como se muestra en la *Tabla 25*. con un valor de 92.1947 mg KOH/ g y esto indica una baja pureza del aceite ya que este parámetro de calidad evalúa la pureza del aceite.
- El **índice de peróxidos de aceite de oliva extra virgen** luego de someter la muestra a la radiación ultravioleta produjo un gran descenso que sale de los parámetros de calidad del aceite con un valor negativo de -7.7948 mg de O₂ activo / kg de grasa, esto se debe a la luz ultravioleta a la cual sometimos la muestra, ya que los ácidos grasos y sus peróxidos son sustancias incoloras que no absorben luz visible sobre la autooxidación de los lípidos. Sin embargo, si absorbe marcadamente en los compuestos insaturados, especialmente si las dobles ligaduras son conjugadas. La luz ultravioleta puede ser un factor en la iniciación de la reacción en cadena, aunque su efecto principal se atribuye a la aceleración de la descomposición del peróxido.
- El **índice de yodo del aceite de oliva extra virgen** después de someter la muestra a la radiación ultravioleta tiene un valor de 28.0983 mg de Yodo / 100 g muestra, este valor esta fuera de los rangos del aceite de oliva extra virgen valor que aparece entre los 75 a 94 g de yodo/ 100 g muestra, es decir que luego de la radiación ultravioleta hay un descenso bastante marcado de los dobles enlaces mismos y hace al aceite más susceptible a la rancidez esto ocurrió al someter la muestra a un lapso de 978 minutos que equivale a 16 horas con 30 minutos por lo tanto podemos decir

que la radiación UV si tiene gran influencia en los dobles enlaces presentes en la muestra de aceite de oliva extra virgen.

8.13. Comparación de los parámetros de calidad del aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) y aceite de oliva extra virgen “muestra de comparación” después de someter ambas muestras a la radiación ultravioleta

Fotografía 30

Aceite de tarwi y aceite de oliva extra virgen después de la radiación ultravioleta



Fuente: *Propia*

8.13.1. Comparación organoléptica del aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) y aceite de oliva extra virgen “muestra de comparación” después de someter ambas muestras a la radiación ultravioleta.

Olor: Ambos aceites presentan las siguientes características:

- El aceite de tarwi después de la radiación ultravioleta tiene un ligero olor a tarwi tostado el cual es diferente al olor característico del aceite de tarwi.
- El aceite de oliva extra virgen después de la radiación ultravioleta tiene un ligero olor a rancio diferente al olor característico del aceite de oliva extra virgen.

Apariencia: Después de pasar la prueba de la radiación ultravioleta ambos aceites presentan una coloración menos concentrada como se observa en la *Fotografía 30*. Esto se debe a que la luz ultravioleta ocasiono una decoloración a ambos aceites así también ocasionó el deterioro de la calidad de la calidad de ambos aceites causando la oxidación a

ambos aceites los cuales generaron radicales libres por lo cual podemos demostrar que el equipo de radiación con luz ultravioleta tiene influencia en la pigmentación y composición química de ambos aceites.

Sabor: Ambos aceites presentan un sabor diferente al sabor característico de cada aceite esto debido a la oxidación del aceite, ambos presentan un sabor a rancio, los cuales fueron probados por 6 estudiantes que realizaban sus actividades en laboratorio.

8.13.2. Comparación de los parámetros fisicoquímicos del aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) y aceite de oliva extra virgen “muestra de comparación” después de someter ambas muestras a la radiación ultravioleta.

Como se observa en la *Tabla 26* al comparar las muestras tanto de aceite de tarwi y aceite de oliva extra virgen analizados en laboratorio y ser sometidos a la radiación ultravioleta se puede demostrar que este método tiene gran influencia en ambos aceites ya que los parámetros de calidad llegan a sobrepasar los rangos de calidad al ser comparados con los estándares de calidad del aceite de oliva extra virgen por lo tanto ambos aceites dejan de ser ricos en ácidos grasos y tienden a ser de muy baja calidad.

Los parámetros de calidad luego de someter ambas muestras a la radiación ultravioleta tienen valores bastante bajos sobre todo el índice de peróxidos y el índice de yodo por lo tanto ambos aceites dejan de ser puros y dejan de tener una calidad apropiada para ser comparado con los parámetros del aceite de oliva extra virgen aceite de calidad con parámetros normalizados.

Tabla 26.

Comparación del aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet) y el aceite de oliva extra virgen después de someter ambas muestras a la radiación ultravioleta

DESPUES DE LA RADIACION ULTRAVIOLETA			
Parámetros físicoquímicos	Aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet)	Aceite de oliva extra virgen	Unidades
Densidad	0.9158	0.9160	g/ cm ³
Índice de acidez	1.9872	2.1642	mg NaOH/g muestra
% acidez total como ácido oleico	1.4036	1.5286	mg Ac oleico/ g muestra
Índice de saponificación	90.6581	92.1947	mg KOH / g muestra
Índice de peróxidos	-1.2994	-7.7948	mg de O ₂ activo / kg de grasa
Índice de yodo	32.2277	28.0983	mg de Yodo / 100 g muestra

Fuente: *Propia*

8.14. Estudio del efecto de la radiación ultravioleta (UV) en el color del aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet)

Se ha sometido a radiación con luz ultravioleta una muestra de aceite de tarwi en un frasco de vidrio transparente realizando su espectro visible a diferentes tiempos de exposición (0, 15, 60, 150, 270, 450, 978 minutos) Durante este proceso, la temperatura del aceite se observó que estaba en el rango de 38-42 °C.

Fotografía 31

Muestras de aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet) antes y después de la radiación luz temperatura 38-42°C



Fuente: *Propia*

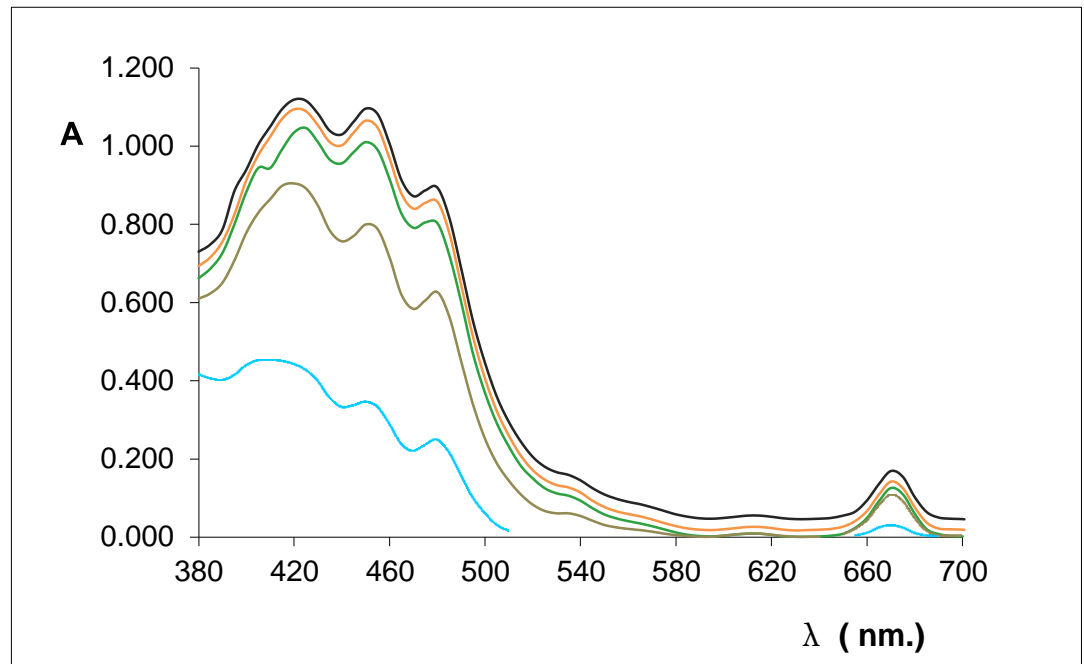
En la *gráfica 2*, se muestra los espectros, donde se observa la disminución gradual de las bandas de absorción de los dos pigmentos en este caso (feofitina a y β -caroteno).

La absorbancia del β -caroteno se puede obtener de la lectura del valor de la absorbancia a 480 nm, el cual indica que con el tiempo de exposición a la radiación con luz ultravioleta su contenido en β .caroteno va disminuyendo, así como también la cantidad de feofitina disminuye notablemente, esto se puede observar por la banda a 670 nm.

A pesar de una extensa búsqueda bibliográfica realizada no se ha encontrado ninguna correlación de tipo cinético con parámetros cromáticos. Sin embargo, hemos observado que es un método muy útil para realizar estudios cinéticos. Por tanto, creemos que se abre un nuevo campo de aplicaciones en el uso de medidas de color.

Gráfico 2

Espectros, donde se produce la eliminación gradual de las bandas de los pigmentos en el aceite de Tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet).



Fuente: Propia

El estudio de la decoloración del aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*). por fotodescomposición, puede suponer un reto importante ya que este sistema es realmente complejo. En el caso de adoptar un modelo más sencillo para su estudio debemos suponer que se trata de dos pigmentos diferentes (feofitina a y β -caroteno). los cuales se encuentran disueltos en el aceite incoloro (triester de ácido oleico). Por tanto, la foto decoloración debe entenderse como dos procesos simultáneos de fotodescomposición de ambos pigmentos

9. APLICACIÓN DEL ACEITE DE TARWI (*LUPINUS MUTABILIS SWEET*)

El aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) obtenido en laboratorio en el presente proyecto fue aplicado como aceite de lubricación de herramientas y como aceite desoxidante y abrillantador de metales. Así también se aplicó el aceite obtenido en la elaboración de jabones.

9.1. Aceite para herramientas

Se realizó el experimento de (lubricación en puertas) para determinar si el aceite de tarwi es un buen lubricante para las bisagras de las puertas el cual dio un resultado bastante satisfactorio ya que la lubricación es instantánea haciendo que las puertas dejen de tener el crujido habitual el cual se origina con el paso de los años y el ambiente.

Fotografía 32

Lubricación del aceite de tarwi en las bisagras en puertas de metal y de madera.



Fuente: *Propia*

9.2. Aceite de tarwi para combatir la oxidación en clavos tornillos

Utilizamos el aceite de tarwi para eliminar la oxidación de clavos y tornillos con gran cantidad de oxidación por el pasar del tiempo, esto a causa del oxígeno y la humedad. Por lo tanto, se verifico que el aceite de tarwi es un método totalmente eficaz para la eliminación del óxido o sarro en herramientas como se muestra a continuación:

Fotografía 33

Clavos y tornillos bastante oxidados por el pasar del tiempo



Fuente: *Propia*

Fotografía 34

Sumergimos los clavos y tornillos en el aceite de tarwi para eliminar la oxidación de los mismos.



Fuente: *Propia*

Fotografía 35

Muestra de clavos en plena eliminación de la oxidación que contiene

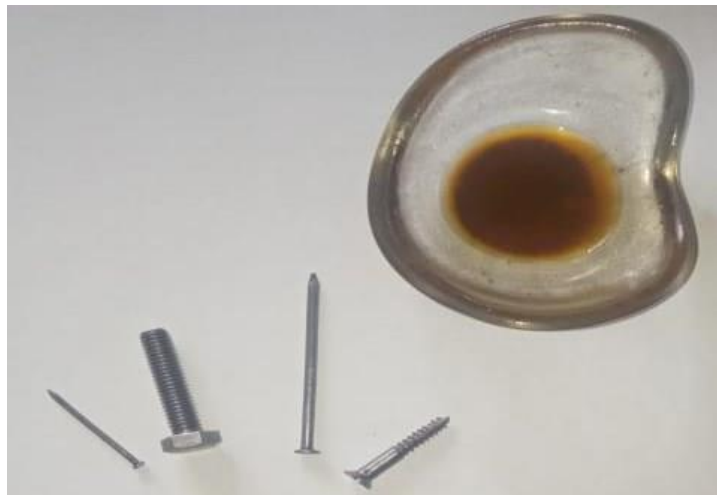


Fuente: *Propia*

Pasado dos días de haber sumergido los clavos al aceite se muestra cómo va saliendo la oxidación “sarro”

Fotografía 36

Clavos y tornillos totalmente limpios libres de óxido (sarro)



Fuente: *Propia*

Pasado los dos días de haber dejado sumergido los clavos en aceite de tarwi y con la ayuda de un estropajo de metal y algodón llegamos a eliminar totalmente la oxidación de los clavos quedando como nuevos y muy brillantes

Fotografía 37

Herramientas “clavos y tornillos antes y después de eliminar la oxidación con aceite de tarwi obtenido en laboratorio.



Fuente: *Propia*

Por lo tanto, podemos demostrar que el aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) es un excelente producto para la eliminación de óxido en herramientas el cual podría competir con otros productos de calidad.

9.3. Aceite de tarwi para la elaboración de jabones

Para la elaboración de los jabones a partir del aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

- 21.45 mL de agua
- 75 mL de aceite de tarwi semilla (*Lupinus Mutabilis Sweet*)
- 10.95 g de NaOH

Primeramente, pesar en la balanza la cantidad de NaOH a utilizar y posteriormente disolver en la cantidad de agua requerida.

Una vez fría la solución echar el aceite poco a poco.

Batir aproximadamente de una hora a hora y media. Cuando adquiera una textura cremosa verterlo a un molde, en este caso utilizamos moldes de chocolates (Véase *Fotografía 37*).

Dejar secar por aproximadamente 1 semana y retirar los jabones del molde (Véase *Fotografía 38 y 39*).

Luego de sacarlos del molde aún están blandos y con un pH bastante alcalino el cual si lo usamos podría dañar tanto nuestra piel como nuestra ropa. Es por eso dejar reposar a los jabones durante 40 días esto para que endurezcan en su totalidad y sean aptos para el consumo.

Para verificar esto verificamos con un papel pH al pasar la cuarentena cambiara el pH del mismo llegando a un PH neutro para poder utilizarlo.

Fotografía 38

Jabones de aceite de tarwi en molde



Fuente: *Propia*

Fotografía 39

Desmoldado de los jabones de aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet) secos



Fuente: *Propia*

Fotografía 40

Jabones de aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet) secos



Fuente: *Propia*

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1. Conclusiones

- Se determinó los parámetros de extracción al aceite de tarwi obtenido en laboratorio en un lapso de 3 a 4 días, con agitación periódica utilizando como solvente éter de petróleo fracción 40-60 °C, para la extracción solido-liquido, utilizando una cantidad de muestra de 467.6 g de tarwi y un rendimiento del aceite de 27.13 % el cual es muy provechoso.
- Se determinó el porcentaje de alcaloides expresado como lupanina, se utilizó la norma (NTE INEN 2 390: 2004). Con un resultado en la harina de tarwi de 3.4448 % un porcentaje bastante alto para ser consumible por los humanos posteriormente se verifico el porcentaje de alcaloides presentes en el aceite de tarwi con un resultado de 0.9613 % por lo tanto el solvente utilizado en la extracción del aceite de tarwi como es el “éter de petróleo” si influye en la disminución de alcaloides pero aún no es un aceite consumible para humanos la Organización de las Naciones Unidas, para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha establecido que los niveles de alcaloides presentes en el grano y sus derivados no deben sobrepasar el 0,02%, en el tarwi después del desamargado es el límite que puede aceptarse como seguro para el consumo humano.
- Se realizó el análisis organoléptico y fisicoquímico al aceite de tarwi extraído en laboratorio los cuales se compararon con otros autores con un resultado casi similar Peso específico del aceite de tarwi 0.9155 g/cm^3 , % acidez total como ácido oleico 0.828 g Ácido oleico/ 100g, Índice de saponificación 184.39 mg KOH/ g muestra, Índice de peróxidos 14.95 mg de O₂ activo / kg de grasa, Índice de yodo 75.3 mg de Yodo / 100 g muestra por lo tanto el aceite se encuentra dentro de los rangos de calidad determinados por otros autores. Se comparó el aceite de tarwi con el aceite de oliva extra virgen (Muestra de comparación) donde se verifico que ambos aceites tienen parámetros bastante similares, mismos que está

establecido por normas CODEX STAN 33- 1981. Norma de Codex para aceites de Oliva Virgen y refinado tales como indica el COI (Concejo Oleícola Internacional). Por lo tanto, el aceite tarwi sino fuera por el porcentaje de alcaloides que contiene estaríamos frente a un aceite de grandes beneficios a la salud y completo como lo es el aceite de oliva extra virgen.

- Así también se verifico los parámetros fisicoquímicos en el aceite de tarwi después de someter la muestra a la radiación UV el cual indica una baja pureza en comparación al aceite de tarwi antes de la radiación ultravioleta como se muestra en la *Tabla 21*. esto se debe al factor prooxidante en este caso el tiempo de la exposición a la luz de la radiación ultravioleta deterioro el aceite en productos secundarios como (aldehídos cetonas y alcoholes) y esto provoca la rancidez en el aceite de tarwi. Luego de la exposición a la radiación UV.
- Luego de la exposición de la radiación UV verificamos que los aceites de tarwi y aceite de oliva extra virgen “muestra de comparación” se deterioran de gran manera cambiando sus propiedades tanto organolépticas y fisicoquímicas como se muestra en la *Tabla 26*. llegando a ser un aceite rancio y de estar fuera de los rangos de calidad.
- Luego de la exposición a la radiación ultravioleta comprobamos que los alcaloides presentes el aceite de tarwi llega a disminuir un 39.2 %, por lo que podemos demostrar que la radiación ultravioleta si tiene influencia sobre los alcaloides presentes en esta leguminosa, pero no lo eliminan al 100%.
- Se aplicó el aceite obtenido como aceite de (lubricación en puertas) específicamente bisagras el cual es un buen lubricante como se muestra en la *Figura 41* el cual dio un resultado bastante satisfactorio.
- Así también se utilizó el aceite de tarwi como aceite desoxidante y abrillantador de metales. como se muestra en la *Figura 42* a la *Figura 45* el cual es un excelente

producto para la eliminación de óxido en herramientas y podría competir con otros productos de calidad.

- La aplicación del proceso químico de saponificación en el aceite de semilla de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) es adecuado en la obtención del jabón sólido de uso doméstico.
- Los espectros realizados en el presente proyecto como son los dos pigmentos clorofílicos (*feofitina a* y *β-caroteno*). muestran una disminución gradual de las bandas después de someter la muestra de aceite de tarwi a la radiación con luz ultravioleta a diferentes tiempos, tanto el *β-caroteno* a una lectura de la absorbancia a 480 nm, que con el tiempo va disminuyendo, así como también la cantidad de *feofitina* disminuye notablemente, esto se puede observar por la banda a 670 nm. Por lo tanto, al usar este método el aceite tiende a decolorarse notablemente.
- No se encontró correlación entre el tipo cinético y los parámetros de color a pesar de que se realizó una extensa búsqueda bibliográfica. Sin embargo, se ha observado que es un método muy simple y útil para realizar estudios cinéticos. Por tanto, se abre un nuevo campo de aplicaciones en el uso de medidas de color.

10.2. Recomendaciones

- Guardar el aceite de tarwi (*Lupinus Mutabilis Sweet*) en botella ámbar esto para una mejor conservación del aceite esto por la luz natural como la luz artificial que descomponen la calidad del aceite.
- Realizar los análisis de control de calidad correspondientes para determinar la calidad del aceite antes del enranciamiento del aceite.
- El aceite de tarwi es bastante similar en calidad al aceite de oliva extra virgen el único inconveniente para que sea de uso alimenticio son los alcaloides presentes

- en la semilla de no ser por esto estaríamos frente a un aceite de grandes beneficios a la salud.
- Conseguir un espectro infrarrojo estándar del aceite de tarwi, esto para realizar una mejor interpretación de la estructura químicas del aceite y así poder asegurar que corresponde a la molécula en estudio.
- Continuar y profundizar las investigaciones realizadas en el trabajo y poder llegar a materializarlo a nivel de planta piloto. Así también profundizar la investigación tanto del producto final (aceite) como del residuo seco (torta) una vez extraída la semilla de esta leguminosa.
- Realizar un análisis microbiológico a los jabones de tarwi esto para verificar si el contenido de alcaloides elimina o no los gérmenes en la piel y de esta manera ser caracterizado como un jabón antibacterial.

11. ANEXOS

11.1. Anexos A: NTE INEN 2 390:2004 2005-09

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	LEGUMINOSAS. GRANO DESAMARGADO DE CHOCHO. REQUISITOS.	NTE INEN 2 390:2004 2005-09
---	--	--

En el presente proyecto se utilizó en laboratorio el punto 7.2 de la norma de la norma ecuatoriana NTE INEN 2 390:2004 2005-09 como se muestra a continuación:

Determinación de alcaloides

Determinación cuantitativa de alcaloides [Bon Vaer D. y colaboradores, 1979 (Método modificado por la Escuela Politécnica Nacional, por Vera, C. Julio, 1982, Quito)]

Procedimiento

- a) Pesar 0,2 g de muestra de chocho previamente molida y homogenizada en un mortero.
- b) Agregar 0,6 g de Oxido de Aluminio Básico, mezclar bien hasta formar un polvo impalpable.
- c) Añadir 0,2 mL de KOH al 15%, mezclar bien hasta formar una pasta homogénea.
- d) Transferir a tubos de centrifuga y agregar 6 mL de cloroformo p.a. Mezclar con una varilla y centrifugar por 2 minutos (entre 1500 y 3000 rpm).
- e) Recibir la fase clorofórmica en vasos perfectamente limpios provistos de embudos con algodón en la base del cono, repetir las extracciones por lo menos 10 veces, hasta que 1 mL del último extracto evaporado a sequedad en un vaso de 50 ml, suspendido en 4 o 5 gotas de ácido sulfúrico 0,01N presente reacción negativa con 3 o 4 gotas del reactivo de Dragendorf.
- f) Se lava el embudo por dentro y por fuera con aproximadamente 15 mL de cloroformo.

- g) Se recogen todos los lavados en el vaso de los extractos, evaporar con calor suave sin llegar a sequedad, dejando en la etapa final 1 ml, que desaparecerá rápidamente al enfriar en un recipiente con agua fría.
- h) Se agrega 5 ml de ácido sulfúrico 0,01N, dos gotas de rojo de metilo y se titula el exceso de ácido con NaOH 0,01N.
- i) El contenido de alcaloides se reporta como Lupanina.

Cálculos

1 mL de H₂SO₄ 0,01N equivale a 2,48 mg de Lupanina.

$$\%Alcaloides = \frac{(V (H_2SO_4)stado \times N (H_2SO_4) \times 24,8 \times \text{factor de corrección})}{Masa de la muestra} \quad Ec (2)$$

Nota

En el presente proyecto utilizamos la norma ecuatoriana NTE INEN 2 390:2004 2005-09 este método nos es de gran ayuda ya que determinaremos cuantitativamente el porcentaje de lupanina que existe tanto en la harina de tarwi como en el aceite de tarwi, así también verificaremos mediante esta norma el porcentaje de lupanina en el aceite de tarwi antes y después de la radiación ultravioleta.

11.2. Anexo B: IBNORCA NB 74013:2010

Agentes tensoactivos-jabón de lavar en panes o barras- Requisitos (Segunda revisión) (Anula y reemplaza a la norma NB 195: 1997)

Alcance: Establece los requisitos para los diferentes tipos de jabón de lavar presentados en forma de panes o barras.

DEFINICIONES

Jabón de lavar.

El jabón sódico o jabón potásico o una mezcla de ambos, apropiado para usarlos en aguas blandas o moderadamente duras, para limpieza en general y lavandería. En su composición puede contener residuos, silicatos alcalinos, humectantes, blanqueadores ópticos, colorantes y/u otros productos de relleno, que pretenden mejorar sus desempeños o funcionalidad y presentación.

Clasificación.

El jabón de lavar en panes o barras, de acuerdo a su contenido de ácidos grasos totales, se pueden clasificar en los siguientes tipos:

Jabón de lavar clase 1, con un contenido mínimo de ácidos grasos totales de 72%.

Jabón de lavar clase 2, con un contenido mínimo de ácidos grasos totales de 60%

Jabón de lavar clase 3, con un contenido mínimo de ácidos grasos totales de 50%

Jabón de lavar clase 4, con un contenido mínimo de ácidos grasos totales de 45%

Nota: El contenido de ácido graso, está directamente relacionado con la acción del detergente del producto.

MATERIALES

Aditivos

Los jabones pueden contener perfumes, pigmentos o colorantes, siempre que no tengan acciones nocivas sobre los materiales a lavar, ni sobre la salud.

Coadyuvantes

Los jabones pueden contener componentes de acción complementaria tales como sales alcalinas y/o alcalinotérreas (carbonatos, fosfatos, sulfatos, boratos, perboratos, silicatos, etc.), compuestos orgánicos, secuestrantes, blanqueadores ópticos, abrasivos, etc. Estos no tienen que tener acción nociva sobre los materiales a lavar ni sobre la salud.

Cargas inertes

Se admite el agregado de cargas inertes (talco, bentonita, etc.), para alcanzar las masas o contenidos rotulados, siempre que no contenga acción nociva sobre los materiales a lavar, ni sobre la salud.

CONDICIONES GENERALES

Los panes o barras de jabón de lavar serán uniformes en su producción, tanto en tamaño como en masa, de textura firme y con buenas propiedades espumantes y de limpieza.

Los jabones deben presentarse en panes o barras, con una masa declarada en cada unidad que debe concordar en el momento del análisis con la siguiente ecuación (teniendo una tolerancia menor o igual a 3 %).

$$P_D \leq P_A * \left[\frac{A_1}{A_2} \right]$$

Dónde:

P_D = Es la masa declarada, en gramos.

P_A = Es la masa actual en el momento del análisis, en gramos.

A_1 = Es el contenido de ácidos grasos determinado en el análisis, en % m/m.

A_2 = Es el contenido de ácidos grasos establecido en la tabla 1, en % m/m.

El jabón de lavar en panes o barras debe estar libre de olores objetables y no debe dejar rastros de estos sustratos y recipientes donde se hubiera realizado el lavado.

REQUISITOS ESPECIALES

El jabón de lavar en panes o barras según su clasificación debe cumplir con los requisitos especificados en la tabla:

Tabla 25

Requisitos para el jabón de lavar en panes o barras

Requisito	Clase 1 (%)	Clase 2 (%)	Clase 3 (%)	Clase 4 (%)	Método de ensayo
Ácidos grasos totales, min.	72	60	50	45	NB 74016
Materia insoluble en el agua, máx.	0.5	0.5	5	10	NB 74018
Álcali libre calculado como NaOH.	Mín-máx 0.06-0.20	Mín-máx 0.06-0.20	Mín-máx 0.06-0.20	Mín-máx 0.06-0.20	NB 74015
Jabones sin silicatos	0.15-0.45	0.15-0.45	0.15-0.45	0.15-0.45	
Jabones con silicatos					
Materia grasa no saponificada, máx.	1	1	1	1	NB 74019

Materia insaponificable, máx.	1	1	1	1	NB 74019
Cloruros calculados como NaCl, máx.	1	1	1	1	NB 74020
Materia insoluble en alcohol	2.5	2.5	16	16	NB 74018

Fuente: *IBNORCA NB 74013:2010*

Durante el almacenamiento los jabones sufren un proceso normal de deshidratación que depende de las condiciones atmosféricas y las de almacenaje, como resultado de las fluctuaciones en la humedad. Esta deshidratación hace que la masa del jabón disminuya y aumente consecuentemente el contenido porcentual de ácido graso total.

Los resultados obtenidos por los métodos de análisis establecidos, expresados en forma de porcentaje, serán luego recalculados en relación a la masa neta declarada y a la masa actual, por medio de la siguiente ecuación:

$$\%R = \%A * \left(\frac{\text{masa actual}}{\text{masa neta declarada}} \right)$$

Donde:

% R= porcentaje recalculado.

% A= porcentaje actual.

MUESTREO ESTABLECIDO

La toma de muestras se efectuará conforme a lo en la norma NB 74014

MÉTODOS DE ENSAYO

La determinación de los requisitos especificados en el capítulo 6 debe estar de acuerdo con las normas bolivianas sobre métodos de ensayo que se indican en la tabla 1.

ACEPTACIÓN O RECHAZO

Jabones con un contenido de ácidos grasos totales menor a lo especificado por cada clase de jabón en esta norma, serán rechazados sin necesidad de efectuar los ensayos posteriores.

Si el producto no cumple con los requisitos que se establece en esta norma serán rechazados.

Previo acuerdo entre las partes interesadas se podrá repetir el o los ensayos sobre la muestra reservada para los casos de discrepancia.

EMBALAJE, ENVASE Y ROTULADO

Los jabones en panes o barras, podrán o no envolverse individualmente pudiéndose luego ser embalados en cajones u otros envases adecuados.

Cada pan o barra de jabón de lavar debe llevar estampada mínimamente la siguiente información:

Marca comercial, el peso neto y la industria.

Los envases en los que se ha dispuesto los jabones en panes o barras deben asegurar una buena conservación del producto.

Los envases estarán convenientemente rotulados, estando las inscripciones del rotulo en el envase mismo o en una etiqueta unida a éste.

Las inscripciones del rotulo en los envases y embalaje deben ser fácilmente elegibles a simple vista y de tal manera que no desaparezcan bajo condiciones normales de transporte y almacenamiento.

En el rotulado debe aparecer la siguiente información básica:

- Las palabras “jabón de lavar”.
- La marca comercial.
- El tipo de jabón de acuerdo a lo establecido en esta norma.
- El nombre y dirección del fabricante, importador, distribuidor o exportador.
- El contenido neto declarado en unidades del sistema internacional.
- El número total de panes o barras por envase.
- La leyenda “Industria Boliviana”.

12. BIBLIOGRAFIA

- Aparicio Ruiz, R., Mínguez Mosquera, M., & Gandul Rojas, b. (2010). thermal degradation kinetics of chlorophyll pigments in virgin olive oils. 1. compounds of series a. *J agric food chem.*, 58: 6200-6208.
- Aparicio, R. R. (2008). *Características de las reacciones de termodegradación de pigmentos clorofílicos y carotenoides en aceite de oliva virgen. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.*
- Bailey, A. E. (1984). *Aceites y grasas industriales. Segunda Edición. 744 p. ISBN: 84-291-7901-1* . España: Editorial Reverté S.A., .
- Blanco, G. O. (1982). «Mejoramiento del tarwi por menor contenido de alcaloides». . *III Congreso Internacional de Cultivos Andinos. IBTA – CIID. La Paz- Bolivia* .
- Brueton, J. 1. (1991). *Elementos de Fotoquímica y Farmacología. Trad. Por. Angel Villar del Fresno.se. Zaragoza- España* : Edit. Acriba. p. 12-14.
- Caicedo, C, P. .. (2000). *Poscosecha y mercadeo de chocho (Lupinus Mutabilis Sweet)* , *Boletín Tecnico N° 89 (INIAP)* , pg 38. Quito -Ecuador.
- Cremer, H. (1983). *Current aspects on legumes as a food constituent in Latin America with special emphasis on lupines: introduction. Qual Plant Plant Foods Hum Nutr. 32: 95 - 100.*
- Damodaran, S., & Parkin, K. L. (2008). *Fennemas's food chemistry. Boca Raton, FL: CRC Press Taylor and Francis Grou.*
- 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.
- Frías, A. (2007). *Agronomía de los cultivos andinos.*,Capítulo 4. T. o. L. Andino, Ed.
- Gross, R. (1982). *El cultivo y la utilización del tarwi (Lupinus mutabiois Sweet.) Estudio FAO N°38 Proteccion vegetal , FAO . Roma* .

- Gross. (1988). *La Composición Química de una Nueva Variedad de Lupino andino (Lupinus mutabilis cv. Inti) con Bajo Contenido de Alcaloides : J. Food Comp Anual 1. pp. 353 - 361. Perú.*
- Guerrero, G. (1990). *Cultivos herbáceos extensivos, (6ta edición ed.) ed., Madrid-España: Mundi-Prensa Libros S.A.*
- Gutiérrez, A., Infantes, M., Pascual, G., & Zamora, J. (2016). *Evaluación de los factores en el desamargado de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet). Agroindustrial Science, 5(1) 127–132. . Obtenido de <https://doi.org/10.17268/agroind.science.2015.02.04>*
- Hatzold T., E. I. (1983). *Edible oil and protein concentrate from Lupinus mutabilis..Qual Plant Plant Foods Hum Nutr. .*
- Jacobsen, S. E., & Mujica, A. .. (2006). *El tarwi (Lupinus mutabilis Sweet.) y sus parientes silvestres ; Universidad nacional del altiplano. Puno ; Peru.*
- Jacobsen, S., & Sherwood, S. .. (2002). *Cultivos de granos andinos en Ecuador. Quito: Avaya-Yala.*
- Jarrín, P. (2003). *Tratamiento del agua de desamargado de chocho (Lupinus mutabilis Sweet) , proveniente de la planta piloto de la Estacion Santa Catalina INIAP (Tesis doctoral) . Escuela Superior Politecnica de Chimborazo .Pp 20,21,81. Riobamba - Ecuador.*
- Katzung, B. G. (2005). *“Farmacología Básica y Clínica” 9na ed. Ed. Manual 9na ed. Ed. Manual. Mexico D.F: Ed. Manual moderno.*
- Mancilla C, C. C. (2009). *Extracción Y Separación De Pigmentos Vegetales. Univ del Val México . Obtenido de [Internet]. 2009; 96(151):1-15. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/16675209/6-EXTRACCION-Y-SEPARACION-DE-PIGMENTOS>*
- Martínez, K. A. (2020). *Extracción de alcaloides presentes en las semillas de lupinos mutabilis y su actividad antibacteriana, Tesis de grado. Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ciencias Básicas, Programa de Química, Grupo de Investigacion de electroquímica . Colombia.*

- Mori, L., & Paz, R. (2008). *Eliminación de alcaloides en el tarwi (Lupinus mutabilis) mediante lavado con agua a diferentes pH*. *Rev. CC. Biol.* 6: 48-53.
- Mujica, A., & Jacobsen, S. E. (2002). «*Andean lupin (Lupinus mutabilis Sweet) for-ty year research in Peru*». En: *10th International Lupin Conference: Wild and cultivated lupins from the tropics to the poles. Program and Abstract Book (p. 106)*. Lincoln: Auburn University. Peru.
- Mujica., A., & Jacobsen., S. (2006). *El tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) y sus parientes silvestres ; Universidad Nacional del Altiplano*. Puno ,Peru.
- Navarrete, P. (2010). *"Extraccion , Refinacion y caracterizacion fisicoquimica y nutraceutica del aceite de chocho (Lupinus Mutabilis Sweet)*. Riobamba-Ecuador.
- Navarrete, P. M. (2010). *"Extraccion , Refinacion y caracterizacion fisicoquimica y nutraceutica del aceite de chocho (Lupinus Mutabilis Sweet)*. Riobamba-Ecuador .
- Navarrete, P., Robledo, R. ..., Mora, E., & Davila, O. (2011). *Alkaloids composition of Lupinus campestris from Mexico .J. Food Biochem*. Mexico.
- Ormord, D., & Hale, B. (1995). Physiological response of plants and crops to ultraviolet -B radiation stress. En *Handbook of plant and crop physiology . Marcel Dekker Inc .N.Y* (págs. 761-770). Pessarakli M.
- Ortega, A. R. (2010). *Caracterización de semillas de lupino (Lupinus mutabilis) sembrado en los andes de colombia*. Colombia.
- Palacios, V., Abraham, D., Mauricio, S., Espinoza, C., Lissi, H., Milagros, H., & C. (2004). *Obtención de alcohol a partir de la malta de Lupinus Mutablis (Tarwi)*. *Universidad Nacional del Centro de Peru . Junin-Peru .*
- Quispe, C. R. (2012). *"Extraccion y caracterizacion del aceite de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet)"*. Puno- Peru.

- Quispe, R. (2012). *Extracción y caracterización del aceite de tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet) (tesis de grado) Universidad Nacional del Altiplano, Puno -Peru.*
- Rodríguez, B. A. (2009). “Evaluación “IN VITRO” de la actividad antimicrobiana de los alcaloides del agua de cocción del proceso de desamargado del chocho (Lupinus mitabilis Sweet).
- Rosas, A. (1998). “*Aspectos Tóxicos y Productivos al Incorporar porcentajes de Esparteina en raciones de pollos Broiles . Tesis de la universidad de Veterinaria . Universidad Austral de Chile. Valdivia-Chile.*
- Schoeneberger, H., Gross, R., Cremer, C., & Elmadfa, I. (1982). Composition and protein quality of Lupinus mutabilis. . *Journal of Nutrition*, (págs. 112: 70 - 76.).
- Serani, A., & Piacenti, D. (1992). “*Kinetics of Pheophytin-A photodecomposition in extra virgin olive oil*“. *JAOCS 69(5)*, 469-470,.
- Siavichay, G. (1986). Evaluacion agronomica de quince ecotipos de chocho (Lupinus Mutabilis Sweet) y aspectos relacionados al mejoramiento genetico de esta especie . Tesis previa a la obtencion de ingeniero Agronomo., ESPOCH., Facultad de ingenieria Agronomica. Riobamba-Ecuador: Ed, ESPOCH.
- Tapia, M. (Julio de 2015). *El tarwi lupino andino tarwi , tarhui , chocho (Lupinus Mutabilis Sweet)*. Obtenido de <http://fadvamerica.org/wp-content/uploads/2017/04/TARWI-espanol.pdf>
- Tapia, M. E. (1997). *Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. . Santiago de Chile : Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe.*
- Villacrés, E. N. (2010). *Evaluación del rendimiento, características físico-químicas y nutracéuticas del aceite de chocho (Lupinus mutabilis sweet). Revista Tecnológica ESPOL – RTE,23, 57- 62.*
- Villacres, E., Peralta, E., Cuadrado, L., Revelo, J., & Abdo, S. y. (2009). *Propiedades y aplicaciones de los alcaloides del chocho, primera edición,pg. 7 – 8. . Ecuador, : editorial SENACYT .*

Von Baer, E. (November 25-30, de 1993). International Lupinus Association
Proceedings, 6th International Lupin Conference (pp. 1-8). (pp. 1-8) , November
25-30. Telemuco, Chile.