

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA INGENIERÍA DE ALIMENTOS



**“EXTRACCIÓN DE ACEITE DE QUINUA A NIVEL DE
LABORATORIO”**

POR:

LUCIANA LIZETH PORCEL GARNICA

Trabajo final de grado presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos

Noviembre, 2013

Tarija – Bolivia

Vo.Bo.

**Ing. Erick Ramírez
DOCENTE GUÍA**

**Ing. Ernesto Álvarez
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA**

**Ing. Silvana Paz
VICEDECANO
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA**

**Ing. Jesús Zamora
DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO
DE BIOTECNOLOGÍA Y CIENCIA DE LOS ALIMENTOS**

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el trabajo, siendo las mismas únicamente responsabilidad de la autora

DEDICATORIA

Con amor incondicional para Moisés Annuar Porcel
Garnica

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su infinita bondad. A mis padres por su amor y apoyo incondicional. A mis hermanos por su cariño sincero.

Al Ing. Erick Ramírez Ruiz por su influencia en mi formación profesional, así como guía y apoyo en el desarrollo de este trabajo.

Al Ing. Iván Medina Hoyos por su orientación y apoyo personal y profesional.

A Gustavo Tapia por su entusiasmo y esfuerzo incesante.

PENSAMIENTO

Las alturas alcanzadas y mantenidas por los grandes hombres no fueron alcanzadas en un vuelo súbito sino que ellos, mientras sus compañeros dormían, se afanaron pendiente arriba en la oscuridad de la noche.

Henry Wadsworth Longfellow

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES.....	2
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.3. OBJETIVOS.....	6
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	6
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA GENERAL.....	7
1.5. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	8
1.6. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS.....	8

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. ORIGEN DE LA QUINUA.....	11
2.2. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA Y TAXONÓMICA DE LA QUINUA.....	11
2.3. DIVERSIDAD GENÉTICA Y VARIEDADES.....	14
2.4. LA SEMILLA DE QUINUA.....	18
2.5. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA SEMILLA DE QUINUA.....	19
2.5.1. PROTEÍNAS.....	20
2.5.2. LÍPIDOS.....	21
2.5.3. HIDRATOS DE CARBONO.....	23
2.5.4. MINERALES.....	24
2.5.5. VITAMINAS.....	24
2.6. ASPECTOS GENERALES DE LOS ACEITES.....	25
2.7. DEFINICIÓN DE ACEITE.....	25
2.8. ÁCIDOS GRASOS.....	25
2.9. TRIGLICÉRIDOS.....	27
2.10. REACCIONES DE LOS ACEITES Y LOS ÁCIDOS GRASOS.....	27
2.10.1. HIDRÓLISIS.....	27
2.10.2. ESTERIFICACIÓN.....	27
2.10.3. SAPONIFICACIÓN CON ÁLCALIS.....	28

2.10.4. HIDROGENACIÓN.....	28
2.10.5. SULFATACIÓN.....	29
2.10.6. OXIDACIÓN QUÍMICA O HIDROXILACIÓN.....	29
2.10.7. OXIDACIÓN ATMOSFÉRICA O ENRANCIAMIENTO.....	29
2.11. EXTRACCIÓN DE ACEITE CRUDO	30
2.12. PREPARACIÓN DE LAS SEMILLAS OLEAGINOSAS	31
2.12.1. LIMPIEZA	31
2.12.2. DESCASCARILLADO Y SEPARACIÓN DE LA CASCARILLA	31
2.12.3. SECADO DE LA SEMILLA.....	31
2.12.4. MOLIENDA DE LA SEMILLA	32
2.13. MÉTODO DE EXTRACCIÓN A NIVEL DE LABORATORIO.....	33
2.13.1. PRINCIPIO DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN	34
2.14. DISOLVENTES PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITES.....	34
2.15. PROCESO DE EXTRACCIÓN	36
2.16. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL ACEITE DE QUINUA	38
2.16.1. ANÁLISIS FÍSICOS EFECTUADOS AL ACEITE DE QUINUA	39
2.16.1.1. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	39
2.16.1.2. DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO	39
2.16.1.3. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN	39
2.16.2. ANÁLISIS QUÍMICOS EFECTUADOS AL ACEITE DE QUINUA	39
2.16.2.1. DETERMINACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS LIBRES	39
2.16.2.2. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PERÓXIDO.....	40
2.16.2.3. DETERMINACIÓN VALOR DE ANISIDINA	40
2.16.2.4. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN	40
2.16.2.5. DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE YODO	40
2.16.2.6. DETERMINACIÓN DE MATERIA INSAPONIFICABLE.....	41
2.16.2.7. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ÉSTER.....	41
2.16.2.8. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE GRASA NEUTRA	41

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.1. INTRODUCCIÓN	43
-------------------------	----

3.2. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y MATERIAL DE LABORATORIO	43
3.2.1. EQUIPOS DE LABORATORIO	43
3.2.2. INSTRUMENTOS DE LABORATORIO	48
3.2.3. MATERIAL DE LABORATORIO	48
3.3. MATERIA PRIMA (GRANO DE QUINUA)	49
3.4. REACTIVOS QUÍMICOS	49
3.5. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE DE QUINUA A A NIVEL DE LABORATORIO	51
3.6. DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE DEACEITE DE QUINUA	53
3.6.1. RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	53
3.6.2. LIMPIEZA	53
3.6.3. SECADO.....	54
3.6.4. MOLIENDA	54
3.6.5. TAMIZADO	54
3.6.6. EXTRACCIÓN.....	55
3.6.6.1. CARGADO DE LA HARINA DE QUINUA	57
3.6.6.2. TIPO Y CANTIDAD DE SOLVENTE	58
3.6.6.3. MONTAJE DEL EQUIPO SOXHLET	59
3.6.6.4. FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO SOXHLET.....	60
3.6.6.5. REGULACIÓN DE LA VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN	61
3.6.7. DESTILACIÓN	62
3.6.7.1. ARMADO DEL EQUIPO DE DESTILACIÓN	62
3.6.7.2. PROCESO DE DESTILACIÓN	63
3.6.8. AIREACIÓN	64
3.6.9. ALMACENAMIENTO	65
3.7. METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS EXPERIMENTALES	65
3.7.1. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE LA MATERIA MATERIA PRIMA	66
3.7.2. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL ACEITE DE DE QUINUA.....	66
3.8. DISEÑO EXPERIMENTAL	67
3.8.1. DISEÑO FACTORIAL	68
3.8.2. DISEÑO EXPERIMENTAL EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE DE QUINUA.....	68

CAPÍTULO IV
CÁLCULOS Y RESULTADOS

4.1. CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS DE LA MATERIA PRIMA.....	72
4.2. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE SECADO DEL GRANO DE QUINUA.....	72
4.2.1. CÁLCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	73
4.3. CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA DE LA HARINA DE QUINUA.....	76
4.4. DISEÑO EXPERIMENTAL PARA EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE DE QUINUA.....	77
4.5. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL DISEÑO FACOTORIAL 2³ EN EL PROCESO DE DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE QUINUA	779
4.6. BALANCE DE MATERIA PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE DE DE QUINUA	80
4.6.1. BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE LIMPIEZA.....	82
4.6.2. BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE SECADO	83
4.6.3. BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE MOLIENDA	85
4.6.4. BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE TAMIZADO	85
4.6.5. BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN.....	86
4.6.6. BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE DESTILACIÓN	87
4.6.7. BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE AIREACIÓN.....	88
4.7. VOLUMEN DE ACEITE EXTRAÍDO	89
4.8. RENDIMIENTO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE DE QUINUA	90
4.9. BALANCE DE ENERGÍA PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE DE DE QUINUA	90
4.10. CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE QUINUA EXTRAÍDO A ESCALA DE DE LABORATORIO	99
4.10.1. ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS REALIZADOS AL ACEITE DE QUINUA	99
4.10.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO PORCENTUAL DE LOS ÁCIDOS OS GRASOS DEL ACEITE DE QUINUA.	100
4.10.3. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE INSATURACIÓN DEL ACEITE DE DE QUINUA.....	102
4.10.4. COMPARACIÓN DE LOS PRINCIPALES ÁCIDOS GRASOS DEL ACEITE DE DE QUINUA CON OTRAS SEMILLAS SIMILARES EN COMPOSICIÓN	102

CAPÍTULO V**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. CONCLUSIONES	105
5.2. RECOMENDACIONES.....	106
BIBLIOGRAFÍA	107
ANEXOS	

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1 Contenido de vitaminas en el grano de quinua	25
Cuadro 3.1 Especificaciones técnicas de la balanza analítica.....	43
Cuadro 3.2 Especificaciones técnicas de la estufa eléctrica	45
Cuadro 3.3 Especificaciones técnicas del tamiz vibratorio.....	46
Cuadro 3.4 Especificaciones técnicas del molinillo eléctrico.....	47
Cuadro 3.5 Especificaciones técnicas del calentador eléctrico	48
Cuadro 3.6 Material de laboratorio	49
Cuadro 3.7 Propiedades físicas y químicas del n-Hexano	50
Cuadro 3.8 Propiedades físicas y químicas del etanol.....	51
Cuadro 3.9 Análisis fisicoquímico de la quinua	66
Cuadro 3.10 Normas y métodos para determinar los parámetros fisicoquímicos del aceite de quinua	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Planta de <i>Chenopodium quinoa Willd</i>	12
Figura 2.2 Anatomía del grano de quinua	19
Figura 2.3 Diagrama de bloques de extracción de aceite de quinua.	36
Figura 2.4 Equipo Soxhlet en el momento en que se produce el sifonamiento del solvente.....	38
Figura 3.1 Balanza analítica	44
Figura 3.2 Estufa eléctrica.....	44
Figura 3.3 Tamiz vibratorio.....	45
Figura 3.4 Molinillo eléctrico	46
Figura 3.5 Calentador eléctrico termostatzado	47
Figura 3.6 Diagrama de flujo del proceso de extracción de aceite de quinua	52
Figura 3.7 Limpieza del grano de quinua	53
Figura 3.8 Equipo soxhlet.....	55
Figura 3.9 Cartuchos para equipo soxhlet.....	56
Figura 3.10 Cartuchos con harina dentro del soxhlet.....	57
Figura 3.11 Matraces esmerilados conteniendo n-Hexano.....	58
Figura 3.12 Equipo soxhlet para extracción de aceite de quinua	59
Figura 3.13 Conexiones de refrigeración en serie	60
Figura 3.14 Sifón cargado de solvente.....	61
Figura 3.15 Equipo de destilación	63
Figura 3.16 Punto final de la destilación	64
Figura 3.17 Aireación del aceite.....	65
Figura 4.1 Variación de la humedad en función del tiempo	76
Figura 4.2 Diagrama de flujo del proceso de extracción de aceite de quinua	81
Figura 4.3 Limpieza de la quinua	82
Figura 4.4 Secado de la quinua.....	83
Figura 4.5 Molienda de la quinua	85
Figura 4.6 Tamizado de la harina de quinua	86
Figura 4.7 Extracción de aceite de quinua.....	87
Figura 4.8 Destilación del aceite de quinua	87
Figura 4.9 Aireación del aceite de quinua.....	88
Figura 4.10 Comparación de los principales ácidos grasos del aceite de la semilla de quinua con otras semillas similares en composición.....	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Clasificación taxonómica de la quinua	14
Tabla 2.2 Variedades de quinua en Bolivia obtenidas mediante mejoramiento genético	17
Tabla 2.3 Composición química de la semilla de quinua.....	20
Tabla 2.4 Composición del aceite de quinua	23
Tabla 2.5 Punto de ebullición de solventes	35
Tabla 3.1 Niveles de variación de los factores en el proceso de extracción	69
Tabla 3.2 Matriz de variables para el proceso de extracción de aceite de quinua	70
Tabla 4.1 Composición fisicoquímica de la quinua	72
Tabla 4.2 Variación del peso en función del tiempo	73
Tabla 4.3 Variación de la humedad en función del tiempo.....	75
Tabla 4.4 Clasificación granulométrica de la harina de quinua	77
Tabla 4.5 Porcentaje de aceite extraído en el proceso de extracción	78
Tabla 4.6 Análisis de varianza en el proceso de extracción de aceite de quinua	79
Tabla 4.7 Características fisicoquímicas del aceite de quinua	100
Tabla 4.8 Contenido porcentual de los ácidos grasos presentes en el aceite de quinua	101
Tabla 4.9 Ácidos grasos totales.....	102

