

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**“ELABORACIÓN DE JABÓN POTÁSICO ECOLÓGICO A
PARTIR DE SEBO DE RES PARA EL CONTROL DE PLAGAS
AGRÍCOLAS”**

Por:

ANTELO GALLARDO SERGIO GABRIEL

**Proyecto de Grado (Modalidad, Investigación Aplicada) presentado a
consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL
SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en
Ingeniería Química.**

Septiembre de 2022

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

Ing. Marcelo Segovia

DECANO

Facultad de Ciencias y Tecnología

Ing. Gustavo Succi

VICEDECANO

Facultad de Ciencias y Tecnología

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

Ing. Pastor Gutiérrez B.

Ing. María Luz Cáceres Martínez

Ing. Cecilia Calderón

El tribunal calificador del presente trabajo,
no se solidariza con la forma, términos,
modos y expresiones vertidas en el mismo,
siendo estos responsabilidad del autor.

Dedicatoria

El presente “Trabajo de Grado” va dedicado principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mi madre Silvia Gallardo y padre Gabriel Antelo, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más.

A los docentes y compañeros de la Carrera Ing. Química de la UAJMS, quienes me apoyaron en todo momento que necesite de ellos.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por bendecir mi vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Me faltaran páginas para agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, sin embargo merecen reconocimiento especial mi madre Silvia Gallardo y mi padre Gabriel Antelo que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria.

A mis hermanos y amigos que me dieron el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

A los trabajadores de industria comercial El Portillo S.R.L. de la ciudad de Tarija que me brindaron su conocimiento, tiempo y paciencia.

A todos los docentes de la Carrera de Ing. Química de la UAJMS, que me han visto crecer como persona, y gracias a sus conocimientos hoy puedo sentirme contento y preparado para ejercer esta hermosa profesión.

Pensamiento

La educación es el arma más poderosa que puedes usar para cambiar el mundo.

Nelson Mandela

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

	Página.
Antecedentes	1
Producción de jabón potásico a nivel nacional	2
Producción de jabón potásico a nivel local	2
Objetivos	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
Justificación del proyecto	3
Justificación económica	3
Justificación técnica	3
Justificación social	4
Justificación ambiental	4

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Materia prima	5
1.1.1. Sebo de res	5
1.1.1.1. Grasas y aceites	6
1.1.1.2. Triglicéridos	6
1.1.1.3. Ácidos grasos	7
1.1.1.4. Ácidos grasos saturados	7
1.1.1.5. Ácidos grasos insaturados	8
1.1.2.1. Composición de ácidos grasos de la materia prima: sebo de res	8
1.1.2. Características fisicoquímicas y composición del sebo	9
1.1.3. Caracterización del sebo de res	10
1.1.3.1. Análisis físicos	10
1.1.3.1.1. Densidad	10

1.1.3.1.2. Índice de refracción	10
1.1.3.1.3. Punto de fusión	10
1.1.3.2. Análisis químicos	11
1.1.3.2.1. Índice de peróxido	11
1.1.3.2.2. Índice de acidez	11
1.1.3.2.3. Índice de iodo	11
1.1.3.2.4. Índice de saponificación	11
1.1.3.3. Reacción de saponificación	11
1.1.3.4. Mecanismo de saponificación	13
1.1.4. Proceso de extracción de grasas	15
1.1.4.1. Pretratamiento mecánico	15
1.1.4.2. Tratamiento térmico	15
1.1.4.3. Temperatura elevada con presión de vapor	17
1.2. Descripción de insumos	18
1.2.1. Hidróxido de potasio	18
1.2.2. Agua desionizada	19
1.3. Descripción del producto "jabón"	20
1.3.1. Tipos de jabones	21
1.3.1.1. Jabones blandos	21
1.3.1.2. Jabones duros	21
1.3.2. Jabón potásico	22
1.3.2.1. Composición del jabón potásico	22
1.3.2.2. Propiedades fisicoquímicas del jabón potásico	22
1.3.2.3. Características del jabón	23
1.3.2.4. Solubilidad	24
1.3.2.5. Emulsión	24
1.3.2.6. Biodegradabilidad	24
1.3.2.6.1. Biodegradación última o mineralización	25
1.3.2.7. Acción insecticida-fungicida	26
1.3.2.8. Usos	26

1.3.2.9. Aplicaciones del jabón potásico	27
1.3.2.9.1. Plaguicidas	27
1.3.2.9.2. Plagas agrícolas	28
1.3.2.9.3. Arañuela roja	29
1.3.2.9.4. Mildiu	29
1.3.2.9.5. Indicadores de daño en plantas	31
1.3.3. Requerimientos de calidad del producto terminado	31
1.3.3.1. Índice de saponificación	31
1.3.3.2. Humedad	31
1.3.3.3. PH	31
1.3.3.4. Concentración final de jabón potásico en disolución	32
1.3.4. Métodos de obtención de jabón	32
1.3.4.1. Proceso de ebullición total	32
1.3.4.2. Proceso de semiebullición	32
1.3.4.3. Proceso en Frío	33
1.3.5. Fabricación industrial de jabón	34
1.3.5.1. Procesos de producción de jabones	35
1.3.5.2. Procesos discontinuos	35
1.3.5.3. Procesos continuos	35
1.3.6. Selección del método de obtención	36
1.3.7. Elección del reactor	38

CAPÍTULO II

PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Diseño experimental para la obtención de jabón potásico	40
2.1.1. Planteamiento de hipótesis	40
2.1.1.1. Elección de la variable respuesta a medir	40
2.1.1.2. Elección de las variables de operación: factores	41
2.1.2. Modelo del diseño factorial	42
2.2. Diagrama del proceso de elaboración de jabón potásico	46

2.2.1. Recolección de la materia prima	47
2.2.2. Selección del sebo de res	48
2.2.3. Desmenuzado	48
2.2.4. Fusión	49
2.2.4.1. Análisis de la materia prima	50
2.2.4.1.1. Determinación del índice de saponificación	50
2.2.4.1.2. Determinación del índice acidez y el índice de peróxidos	51
2.2.5. Saponificación	51
2.2.6. Curado del jabón potásico	54
2.2.7. Disolución del jabón semisólido en agua desionizada	54
2.2.8. Almacenamiento del producto final	55
2.2.9. Análisis del producto jabón potásico blando o semisólido	55
2.2.9.1. Determinación del índice de saponificación	55
2.2.9.2. Determinación del PH	56
2.2.9.3. Determinación de la humedad del jabón blando semisólido	56
2.3. Eficacia del jabón potásico en solución al 30% aplicado a planta de Vid	57
2.3.1. Ubicación de la zona de estudio	57
2.3.2. Características del terreno	57
2.3.3. Selección de parcelas	58
2.3.4. Diseño factorial eficacia	58
2.3.5. Parámetros evaluados	58
2.3.6. Procedimiento	59
2.3.7. Porcentaje de Severidad (intensidad)	61
2.3.8. Porcentaje de eficacia	62
2.3.9. Datos obtenidos de infección por arañuela roja y Mildiu	62

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización fisicoquímica de la materia prima: sebo de res	63
3.1.1. Porcentaje de tejido/carne en el sebo de res	65
3.1.2. Composición de la materia prima: sebo de res	65
3.2. Resultados de las principales etapas en el proceso de elaboración	67
3.2.1. Resultados en la fusión	67
3.2.2. Resultados en la saponificación	67
3.2.3. Resultados en el curado	69
3.2.4. Resultados en la Disolución	70
3.3. Comparación de resultados del producto final	70
3.4. Análisis de los resultados	71
3.4.1. Recolección de los datos	71
3.4.2. Análisis estadístico del diseño experimental	72
3.4.3. Análisis de Varianza Univariante	73
3.4.4. Determinación del modelo matemático	77
3.5. Balance de materia y energía	79
3.5.1. Balance de materia	79
3.5.1.1. Balance de materia en la etapa de Fusión	81
3.5.1.2. Balance de materia en la etapa de Saponificación	83
3.5.1.2.1. Alimentación de materia a saponificar	83
3.5.1.2.2. Hidróxido de potasio	83
3.5.1.2.3. Agua desionizada	84
3.5.1.2.4. Jabón formado	85
3.5.1.2.5. Evaluación de la concentración molar en la saponificación	87
3.5.1.3. Balance de materia en la etapa de Curado	90
3.5.1.4. Balance de materia en la etapa de Disolución	91
3.5.1.5. Rendimiento del proceso tecnológico	92
3.5.2. Balance de energía	93
3.5.2.1. Determinación experimental del Calor Especifico "Cp" del jabón	93

3.5.2.2. Balance de energía en la Fusión	95
3.5.2.3. Balance de energía en la saponificación	96
3.6. Análisis de costos del proyecto	99
3.6.1. Estimación del costo del Estudio	99
3.6.2. Costo unitario de fabricación	103
3.7. Resultados de la prueba de eficacia del jabón potásico en plantas de vid	105
3.7.1. Características climatológicas	105
3.7.2. Porcentaje de severidad en hojas y racimos	106
3.7.3. Eficacia en hojas y racimo por mildiu	107
3.7.4. Eficacia en arañuela roja	108

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones	110
4.2. Recomendaciones	112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla I-1: Composición de ácidos grasos de la materia prima: sebo de res	9
Tabla I-2: Características fisicoquímicas del sebo de res	9
Tabla I-3: Índice de saponificación de los principales aceites y grasas	14
Tabla I-4: Caracterización fisicoquímica del hidróxido de potasio (KOH)	19
Tabla I-5: Características físico-químicas del jabón.....	22
Tabla I-6: Agentes químicos para control de plagas.....	28
Tabla I-7: Ventajas y Desventajas de los métodos.....	36
Tabla I-8: Escala de Puntuación.....	37
Tabla I-9: Matriz de decisión para selección de método de obtención	37
Tabla II-1: Estimación de la variable tiempo en el diseño experimental	42
Tabla II-2: Niveles de variación de los factores/variables	43
Tabla II-3: Resumen del diseño	44
Tabla II-4: Matriz de diseño.....	44
Tabla II-5: Plan de experimentación.....	45
Tabla II-6: Tratamientos aplicados a la vid.....	58
Tabla II-7: Parámetros evaluados.....	59
Tabla II-8: Escala de daño en hoja de la vid	60
Tabla II-9: Escala de daño en racimo.....	61
Tabla III-1: Índice de saponificación sebo de res	63
Tabla III-2: Índice de acidez en el sebo de res refinado	63
Tabla III-3: Índice de peróxidos.....	64
Tabla III-4: Rancidez	64

Tabla III-5: Índice de refracción	64
Tabla III-6: Datos obtenidos de la caracterización de la materia prima	64
Tabla III-7: Peso molecular de sebo de res refinado.....	66
Tabla III-8: Datos del sebo posterior a la fusión.....	67
Tabla III-9: Resumen de resultados obtenidos en la elaboración de jabón potásico ..	68
Tabla III-10: Determinación del curado de jabón potásico semisólido	69
Tabla III-11: Disolución de jabón semisólido a diferentes porcentajes % m/m	70
Tabla III-12: Comparación del jabón obtenido con el existente en el mercado.....	71
Tabla III-13: Detalle de etapa de saponificación	72
Tabla III-14: Datos introducidos al programa SPSS para análisis de varianza.....	73
Tabla III-15: Datos del balance de materia obtención de jabón potásico	79
Tabla III-16: Corrientes de proceso	79
Tabla III-17: Datos del sebo posterior a la fusión.....	82
Tabla III-18: Determinación del Cp del jabón potásico blando.....	94
Tabla III-19: Datos en el balance de energía	95
Tabla III-20: Detalle de materia prima y reactivos químicos	99
Tabla III-21: Detalle de servicios directos	100
Tabla III-22: Detalle de servicios indirectos.....	101
Tabla III-23: Detalle de materiales	102
Tabla III-24: Costo Total	102
Tabla III-25: Costo de funcionamiento de equipos.....	103
Tabla III-26: Costo unitario jabón potásico	104
Tabla III-27: Comparación de tratamientos de severidad en hoja y racimos.....	106

Tabla III-28: Eficacia en hojas y racimo por Mildiu..... 108

Tabla III-29: Comparación de los tratamientos efectuados en arañuela roja..... 109

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1-1: Anatomía del sebo de res	5
Figura 1-2: Hidrólisis de un triglicérido.....	7
Figura 1-3: Velocidad de la reacción de saponificación	12
Figura 1-4: Mecanismo de saponificación	13
Figura 1-5: Reacción química de saponificación	20
Figura 1-6: Representación de una molécula de jabón	23
Figura 1-7: Representación de una micela	24
Figura 1-8: Arañuela roja.....	29
Figura 1-9: Enfermedad de Mildiu en vid.....	30
Figura 1-10: Reactor BATCH.....	39
Figura 2-1: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de jabón potásico	46
Figura 2-2: Ubicación geográfica de la materia prima.....	47
Figura 2-3: Sebo de res	48
Figura 2-4: Sebo de res en trozos.....	49
Figura 2-5: Sebo en fusión	50
Figura 2-6: Pesaje del sebo	52
Figura 2-7: Mezcla de KOH y sebo antes de la agitación.....	53
Figura 2-8: Agitación de la mezcla sebo y KOH	53
Figura 2-9: Jabón potásico en estado semisólido	54
Figura 2-10: Jabón potásico en solución.....	55
Figura 2-11: Análisis de índice de saponificación del jabón potásico	56
Figura 2-12: Anatomía de la uva.....	57

Figura 2-13: Escala grado de severidad en hoja de Vid.....	61
Figura 3-1: Factores Inter-Sujetos.....	74
Figura 3-2: Pruebas Inter-Sujeto.....	75
Figura 3-3: Variables introducidas/ eliminadas	76
Figura 3-4: Resumen Modelo ^b lineal	76
Figura 3-5: ANOVA ^b	77
Figura 3-6: Coeficientes del Modelo Matemático	77
Figura 3-7: Modelo lineal.....	78
Figura 3-8: Diagrama de bloques del proceso.....	80
Figura 3-9: Calorímetro.....	95
Figura 3-10: Resumen de balance de materia y energía	98
Figura 3-11: Temperaturas medias.....	105
Figura 3-12: Precipitación pluvial (mm).....	106
Figura 3-13: Porcentaje de severidad en hojas y racimos	107
Figura 3-14: Porcentaje de eficacia en hoja y racimo por Mildiu.....	108
Figura 3-15: Porcentaje de eficacia en arañuela roja	109

ANEXOS

ANEXO I ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

ANEXO II ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS

ANEXO III TABLAS

ANEXO IV NORMAS

ANEXO V GALERÍA DE FOTOS

UNIDADES Y NOMENCLATURA EMPLEADA

LOU	Laboratorio de operaciones unitarias
Det	Determinado
I.S	Índice de saponificación
°C	Grados centígrados
kg	Kilogramo
Cal	Calorías
Kcal	Kilocalorías
Exp.	Experimental
Rep.	Repetición
ac.	Ácido
gr	Gramo
mg	Milígramo
cm ²	Centímetro cuadrado
cm ³	Centímetro cúbico
L	Litro
r.p.m	Revoluciones por minuto
f	Factor de corrección
PET	polietilentereftalato
exp	Experimental
% m/m	Porcentaje masa masa
mEq	Miliequivalentes
(Bs)	Peso boliviano