

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**ELABORACIÓN DE JABÓN CÁLCICO A PARTIR DE
SEBO DE RESES FAENADAS EN LA PROVINCIA
CERCADO DEL DEPARTAMENTO DE TARIJA, PARA
USO EN ALIMENTO BALANCEADO**

Por:

Univ. María Fernanda Pérez Pérez

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.**

Junio de 2017

TARIJA-BOLIVIA

V°B°

Ing. Ernesto Álvarez
DECANO

Ing. Silvana Paz
VICEDECANA

APROBADO POR:

TRIBUNAL:

Ing. Ernesto Caihuara Alejandro

Ing. Pastor Gutiérrez

Ing. Adalid Aceituno

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

Dedico el presente trabajo a mi madre y a mi abuelita.

A ellas les dedico todo mi esfuerzo, en reconocimiento a todo el sacrificio puesto para que yo pueda estudiar, se merecen esto y mucho más.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haber guiado mi camino hasta este momento de mi vida.

A mi madre Pastora porque nunca dejó de apoyarme, hasta en la cosa más mínima estuvo preocupada por mi carrera y que la pudiera culminar con éxito; y para quien la ilusión de su vida ha sido convertirme en persona de bien.

A mi abuelita Vicenta porque sin escatimar esfuerzo alguno, ha sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme, siendo un ejemplo de fortaleza y lucha constante. Por estar siempre en los momentos más importantes de mi vida y haberme enseñado a ser perseverante.

Sabiendo que no existirá una forma de agradecer una vida de sacrificio y esfuerzo; quiero que sientan que el objetivo logrado también es de ustedes y que la fuerza que me ayudó a conseguirlo fue su apoyo.

Al Ingeniero Ernesto Caihuara por su gran apoyo y consejo con el cual he llegado a realizar la más grande de mis metas, por sus palabras de aliento que me impulsaron a superarme a mí misma y que me dieron la firme convicción de continuar con mi formación.

A todos mis docentes por brindarme sus conocimientos y experiencias, en especial al Ing. Bernardo Echart que fue una pieza fundamental en la culminación de mis estudios.

Al laboratorio de operaciones unitarias, a cargo del Ing. Gustavo Moreno, por permitirme realizar mi proyecto en sus instalaciones.

A mis compañeros Miguel Martínez, Mabel, José Luis, Carla y Elsa no solo por haber compartido conocimientos conmigo sino por darme su amistad sincera.

A Alejandro por creer en mí aun cuando yo misma dejaba de hacerlo y haber motivado mi formación académica siendo el apoyo que necesitaba para terminar mi carrera profesional.

Al Licenciado Julio Rodríguez y el licenciado Ronald Hosse Sahonero por haberme brindado su confianza y colaboración para la realización de este proyecto.

Al Doctor Marcelo Bascopé por toda su predisposición para la realización de mis análisis de laboratorio en el Centro de Investigaciones Químicas.

Y a mi familia por compartir bellos momentos a mi lado en el transcurso de este tiempo.

GRACIAS

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Pág.
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.1.1 Breve reseña histórica del jabón cálcico	1
1.1.2 Beneficios del jabón cálcico.....	8
1.1.3 Antecedentes sobre la elaboración de jabón cálcico a nivel internacional	10
1.1.3.1 Antecedentes sobre la elaboración de jabón cálcico en España.....	10
1.1.3.2 Antecedentes sobre la elaboración de jabón cálcico en Colombia	11
1.1.3.3 Antecedentes sobre la elaboración de jabón cálcico en México	11
1.1.4 Mercado nacional y local de jabón cálcico	12
1.1.5. Disponibilidad de la materia prima	15
1.2 Justificación e importancia del proyecto.....	17
1.2.1 Justificación técnica	17
1.2.2 Justificación económica	17
1.2.3 Justificación social	18
1.2.4 Justificación ambiental.....	18
1.3. OBJETIVOS	20
1.3.1 Objetivo general	20
1.3.2 Objetivos específicos	20

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

	Pág.
2.1 MATERIA PRIMA.....	21
2.1.1 Sebo de res	21
2.1.2 Características y composición química del sebo de res	21
2.1.3 Caracterización del sebo de res	23
2.1.3.1 Análisis físicos	23
2.1.3.1.1 Densidad.....	23
2.1.3.1.2 Índice de refracción.....	23
2.1.3.1.3 Viscosidad.....	24
2.1.3.1.4 Punto de fusión.....	24
2.1.3.2 Análisis químicos	24
2.1.3.2.1 Índice de saponificación.....	25
2.1.3.2.1.1 Saponificación.....	26
2.1.3.2.1.2 Velocidad de la reacción de saponificación	28
2.1.3.2.1.3 Alkali de saponificación: Hidróxido de calcio	29

2.1.3.2.2 Índice de acidez.....	31
2.1.3.2.3 Índice de yodo – Método Wijs.....	33
2.1.3.2.4 Índice de peróxido.....	34
2.1.3.2.5 Materia insaponificable.....	35
2.1.4 Aplicaciones del sebo de res	35
2.2 GRASAS Y ACEITES.....	36
2.2.1 Ácidos grasos	36
2.2.2 Glicéridos	39
2.2.2.1 Triglicéridos	39
2.2.2.2 Mono y diglicéridos	40
2.3 JABÓN CÁLCICO	41
2.3.1 Propiedades Jabón cálcico.....	42
2.3.2 Usos y aplicaciones del jabón cálcico.....	43
2.4 MÉTODOS DE OBTENCIÓN DEL JABÓN CÁLCICO.....	44
2.4.1 Saponificación a presión elevada.....	44
2.4.2 Saponificación a presión atmosférica	45
2.5 SELECCIÓN DEL PROCESO EXPERIMENTAL DE ELABORACIÓN DEL JABÓN CÁLCICO	45
2.5.1 Requerimientos de la calidad del producto terminado.....	48

CAPÍTULO III PARTE EXPERIMENTAL

	Pág.
3.1 Descripción del método de investigación	50
3.1.1 Descripción del proceso de elaboración jabón cálcico	52
3.1.1.1 Recolección de la materia prima.....	52
3.1.1.2 Picado del sebo de res	53
3.1.1.3 Refrigeración del sebo de res	53
3.1.1.4 Fusión del sebo de res	54
3.1.1.5 Análisis del sebo de res acondicionado.....	55
3.1.1.6 Saponificación del sebo de res con álcali hidróxido de calcio.....	55
3.1.1.7 Trituración del jabón cálcico.....	58
3.1.1.8 Secado del jabón cálcico	58
3.1.1.9 Empacado jabón cálcico.....	59
3.1.1.10 Almacenamiento temporal de jabón cálcico	59
3.2 Diseño Experimental.....	59
3.2.1 Planteamiento de la hipótesis.....	59
3.2.2 Pasos para realizar el diseño factorial	59
3.2.2.1 Elección de la variable a medir: respuesta	60
3.2.2.2 Elección de las variables de operación: factores.....	60
3.2.2.2.1 Temperatura	60
3.2.2.2.2 Tiempo	60

3.2.2.3 Planificación de experimentos	60
3.2.2.3.1 Diseño factorial 3k	61
3.3 Balance de materia y energía del proceso	63
3.3.1 Diagrama de flujo del proceso de saponificación	63
3.3.2 Balance de materia	66
3.3.2.1 Operación 1. Acondicionamiento de la materia prima.....	66
3.3.2.2 Operación 2. Separación de la Materia Prima.....	68
3.3.2.3 Operación 3. Transformación de la materia prima procesada.....	69
3.3.2.3.1 Hidróxido de calcio	70
3.3.2.3.2 Butil hidroxil tolueno	72
3.3.2.3.3 Jabón formado.....	72
3.3.2.3.4 Rendimiento (conversión de la materia prima a producto)	74
3.3.3 Balance de energía	77
3.3.3.1 Balance de energía para la extracción del aceite de sebo de res	77
3.3.3.2 Balance de energía para la saponificación del aceite de sebo de res	79

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

	Pág.
4.1 Análisis de la materia prima.....	82
4.1.1 Resultados de los análisis de la materia prima.....	83
4.1.1.1 Acidez, Índice de refracción, de peróxidos y saponificación.....	83
4.1.1.2 Composición de la materia prima	84
4.1.2 Resultado de los análisis del producto final	86
4.2 Resultado de las pruebas experimentales de elaboración de jabón cálcico	87
4.3 Análisis estadístico del diseño experimental.....	91
4.3.1 Temperatura vs Índice de saponificación.....	95
4.3.2 Tiempo vs Índice de saponificación.....	96
4.4 Cálculos y resultados del balance de materia y energía	97
4.5 Análisis estimativo de los costos de producción a escala laboratorio.....	98

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Pág.
5.1 Conclusiones	101
5.2 Recomendaciones.....	103

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla I-1 Composición Jabón Cálculo (MAGNAPAC)	11
Tabla I-2 Composición Jabón Cálculo (GANAGRAS)	11
Tabla I-3 Composición Jabón Cálculo (GANAFAT AG)	12
Tabla I-4 Datos estadísticos de Importación Gestión 2010-2015 de las sales de ácido palmítico y sus ésteres a Bolivia	13
Tabla I-5 Producción de alimento balanceado FABA Gestión 2011-2015.....	14
Tabla I-6 Cantidad mensual de sebo bovino visceral promedio de reses faenadas en el Matadero Frigorífico Municipal de Tarija	16
Tabla II-1 Características y composición en ácidos grasos de los sebos de buey.....	22
Tabla II-2 Propiedades físicas y químicas del hidróxido de calcio.....	31
Tabla II-3 Valores de energía de las grasas que comúnmente se añaden a los alimentos porcinos y avícolas	36
Tabla II-4 Ácidos grasos saturados	38
Tabla II-5 Algunos ácidos grasos insaturados	39
Tabla II-6 Composición en glicéridos de grasas vegetales y animales típicas	41
Tabla II-7 Contenido de materia seca, calcio y energía bruta de sales cálcicas de ácidos grasos	43
Tabla II-8 Escala de Calificación por Puntuación del 1 al 10.....	46
Tabla II-9 Selección del proceso de saponificación.....	46
Tabla II-10 Matriz de decisión para el tipo de proceso de producción de Jabón Cálculo.....	48
Tabla II-11 Requerimientos para un Jabón Cálculo de calidad.....	49
Tabla III-1 Material de laboratorio	52
Tabla III-2 Niveles de variación de los factores	62
Tabla III-3 Codificación de las variables	62
Tabla III-4 Diseño Factorial para el proceso de saponificación	63
Tabla III-5 Corrientes de proceso	64
Tabla IV-1 Parámetros de análisis de la materia prima: Acidez, índice de refracción e índice de peróxidos	83
Tabla IV-2 Parámetros de análisis de la materia prima: Acidez, índice de saponificación e índice de peróxidos	83
Tabla IV- 3 Parámetros máximos del índice de acidez e índice peróxidos para el sebo de res	84
Tabla IV-4 Composición de la materia prima.....	85
Tabla IV-5 Peso molecular del sebo de res acondicionado	85
Tabla IV-6 Parámetros de análisis del producto final.....	86
Tabla IV-7 Variable respuesta obtenida de las interacciones del proceso de elaboración de jabón cálcico	88
Tabla IV-8 Resumen de resultados obtenidos experimentalmente en el desarrollo del proceso de elaboración de jabón cálcico.....	89
Tabla IV-9 Datos para el análisis de varianza.....	92

Tabla IV-10 Factores inter-sujetos.....	93
Tabla IV-11 Análisis de Varianza.....	93
Tabla IV-12 Historial de iteraciones.....	94
Tabla IV-13 Estimaciones de los parámetros.....	94
Tabla IV-14 ANOVA ^a	95
Tabla IV-15 Resumen del balance de materia.....	98
Tabla IV-16 Resumen del balance de energía.....	98
Tabla IV-17 Costos de producción.....	99

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

	Pág.
Diagrama I-1 Proceso para la alimentación de animales rumiantes y composición para uso en el mismo.....	1
Diagrama I-2 Piensos para rumiantes, su producción y un aparato para uso en el mismo.....	4
Diagrama I-3 La producción de sal de ácido graso para la composición de la dieta	6
Diagrama I-4 Proceso por lotes para la producción de sal de metal alcalinotérreo de ácidos grasos	7
Diagrama I-5 Procedimiento de fabricación de jabones cálcicos para alimentación animal.....	7
Diagrama III-1 Proceso de elaboración de jabón cálcico.....	51
Diagrama III-2 Diagrama de flujo del proceso de elaboración de jabón cálcico.....	65
Diagrama III-3 Acondicionamiento de la Materia Prima	66
Diagrama III-4 Picadora de sebo de res	66
Diagrama III-5 Refrigeración de sebo de res picado	67
Diagrama III-6 Fusión de sebo de res picado.....	67
Diagrama III-7 Separación de la materia prima acondicionada.....	68
Diagrama III-8 Calentamiento de la materia prima acondicionada	69
Diagrama III-9 Saponificación del aceite de sebo de res.....	70
Diagrama III-10 Trituración del jabón cálcico.....	75
Diagrama III-11 Secado del jabón cálcico.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-1 Estimación de la producción de FABA Gestión 2015-2020.....	14
Figura 1-2 Demanda de Jabón Cálcico por FABA	15
Figura 2-1 Hidrólisis básica (Saponificación).....	25
Figura 2-2 Hidrólisis de un triglicérido.....	26
Figura 2-3 Saponificación de grasas o aceites con Ca(OH) ₂	27
Figura 2-4 Velocidad de la reacción de saponificación	29
Figura 2-5 Enranciamiento hidrolítico	32
Figura 2-6 Enranciamiento oxidativo	33
Figura 2-7 Enranciamiento cetónico	33
Figura 2-8 Oxidación activa.....	35

Figura 2-9 Cadena de ácidos grasos saturados e insaturados.....	37
Figura 2-10 Cadena de triglicéridos.....	40
Figura 2-11 Cadena de mono y diglicéridos	40
Figura 4-1 Variación del índice de saponificación respecto a la temperatura	96
Figura 4-2 Variación del índice de saponificación respecto al tiempo	97

ÍNDICE DE FOTOS

	Pág.
Foto 3-1 Desechos de sebo visceral del Matadero Frigorífico Municipal de Tarija...	53
Foto 3-2 Cargado de desechos de sebo visceral al digestor	54
Foto 3-3 Recepción y almacenamiento de sebo de res procesado	55
Foto 3-4 Calentado de sebo acondicionado	56
Foto 3-5 Mezclado del sebo calentado con hidróxido de calcio	57
Foto 3-6 Saponificación en autoclave	57
Foto 3-7 Jabón cálcico triturado.....	58

NÓMINA DE ANEXOS

ANEXO I

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL SEBO DE RES

ANEXO II

ESPECIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS

ANEXO III

NORMAS IBNORCA

ANEXO IV

TABLAS

ANEXO V

RESULTADOS DE ANÁLISIS DEL PRODUCTO FINAL

NOMENCLATURA, ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA UTILIZADA

mg	miligramos
g	gramos
mEq	miliequivalente
kg	kilogramos
ml	mililitros
mm	milímetros
cm ²	centímetro cuadrado
bar	unidad de medida de presión, bares
kPa	kilopascales
kcal	kilocalorías
cp	capacidad calorífica
°C	grados celcius
BS	base seca
UN Comtrade	United Nations Commodity Trade Statistics Database.
CEANID	Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo.
ITA	Instituto Tecnológico de alimentos.
CIQ	Centro de Investigaciones Químicas.
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences.
FEDNA	Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.

