

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**ELABORACIÓN DE JABÓN DURO A PARTIR DE ACEITE
USADO, PROVENIENTE DE FRITURAS DE POLLO POR EL
MÉTODO DE REACCIÓN EN CALIENTE**

Por:

LUZ MARIELA CHAMBILLA CHOQUE

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

Septiembre de 2016

TARIJA-BOLIVIA

V°B°

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

Ing. Silvana Paz Ramírez
**VICEDECANA FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

APROBADO POR:

TRIBUNAL:

Ing. Cecilia Calderón P.

Ing. María Luz Cáceres M.

Ing. David Bladés Medrano

“El tribunal calificador del presente proyecto, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo ellos únicamente responsabilidad del autor”.

DEDICATORIA A MIS PADRES

Mamá y papá lindas palabras que me enseñaron a decir desde niña.

Papá, quiero decir algo antes de que sea demasiado tarde y el día de mañana no estés por eso quiero decirte lo que siento.

Te quiero.

Sé que nunca te lo digo. Tal vez porque me da pena, pero en silencio y en mi mundo, siempre pienso en ti y pienso cómo estarás.

Sé que a veces soy egoísta porque me encierro en mis cosas. Pero eso no quiere decir que no te quiero, a lo mejor no sé cómo demostrarlo y quiero que sepas esto papá:

Te quiero porque...

Porque entre más humano te veo más te quiero y te admiro. Saber que eres tan humano como yo eso sí es de importancia, porque sé cuánto sufres. Sé que a veces tienes problemas pero lo guardas en tu silencio con mi madre para no preocuparnos.

Sentirte como yo de carne y hueso, sentir que sientes como yo, que eres capaz de levantarte ante alguna derrota y volver a empezar de nuevo, pero para hacerlo mejor. Eso para mí es de importancia

Porque desde niña, la más linda palabra que me enseñaste a decir "papá", que hoy digo con cariño, emoción, orgullo y sobre todo con amor.

Por eso te digo esto antes de que sea demasiado tarde.

Mamá, tú que siempre estás conmigo, ahora quiero decirte lo mucho que significas para mí porque no quiero que sea tarde.

Y después no haber podido haberte dicho esto.

Tu corazón es bueno, se preocupa por sus hijos. Entiende. Les das consejos y se preocupa por ellos. Por eso hoy quiero que sepas esto:

Te agradezco porque...

Antes que nada, porque eres mi madre. Me cargaste 9 meses en tu vientre y porque desde ahí acariciaste mi frágil cuerpo.

Por enseñarme a decir esa linda palabra que hoy me gusta decir con amor y cariño: "mamá".

He logrado saber de tus desvelos y de tus sufrimientos. Sé cuánto sufres cuando lloro.

Sé que hay veces que no necesitamos tantas palabras para expresar lo que sentimos. Solo con una palabra sabemos cuánto nos quieren.

Y sé que ya soy una adolescente pero soy muy sensible. Que con cualquier cosita me siento triste o me alegre, pero hay veces que necesito de tus consentimientos y necesito tu ternura. Tu calor. Tus consejos que me enseñan sobre la vida.

Quiero agradecerte por haberme cargado 9 meses en tu vientre, por darme de tu pecho, por darme la vida, tu sangre. Por darme tu tiempo, tu espacio y parte de tu cuerpo.

Y le doy gracias a Dios por darme el mejor regalo de mi vida. Gracias por tu amor incondicional que me das a tu manera. Por el tiempo que tomas en mí y te preocupas.

Por eso les digo hoy:

Gracias por su tiempo. Su amor. He logrado saber de sus desvelos y los he visto pensado en mi futuro. Ahora se, que de tanto que me quieren, sufren más que yo cuando me regañan o son duros.

El poder y la persona misma desaparecerán, pero la virtud de unos grandes padres vivirá para siempre.

Los quiero con toda mi alma Edwin Chambilla y Martha Choque.

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos:

En primer lugar a Dios, por su eterno e inmenso amor que lo demuestra guiando mi corazón en cada paso que doy en el camino de la vida.

A mis padres por su interminable apoyo en todo momento de mi vida, por sus enseñanzas, consejos y por su eterna paciencia y perdón ante mis constantes errores.

A mis hermanos, por el pilar fundamental en mi vida, por todo su apoyo incondicional.

Y a toda mi familia por todo el cariño que me han dado siempre.

A mi esposo Cesar, por su interminable amor que en todo momento ha sido apoyo y fuerza, por la paciencia y ternura con que respondía en mis momentos de enojo y desesperación.

A mi hijito Thiago Gael, porque ha sido otra persona afectada en mis momentos difíciles y por ser en gran parte la inspiración para lograr un futuro mejor.

A todos mis compañeros de la carrera de Ingeniería Química, por compartir juntos largas jornadas de trabajo y estudio.

A la UAJMS y al cuerpo de docentes de la carrera de Ingeniería Química por hacer posible mi formación profesional.

A la Ing. Adriana Amézaga por su guía y apoyo.

GRACIAS.

El éxito no nos lo brinda el reconocimiento ajeno. Es el resultado de aquello que plantaste con amor. Cuando llega el momento de cosechar, puedes decir: “Lo he conseguido”.

Paulo Coelho

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

	Pág.
Antecedentes.....	1
Objetivos.....	5
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos.....	5
Justificación.....	5

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

	Pág.
1.1 Jabón.....	8
1.2 Tipos de jabones.....	8
1.2.1 Jabones duros.....	9
1.2.2 Jabones blandos.....	9
1.2.3 Jabón de origen animal.....	9
1.3 Clasificación y aplicación de los jabones.....	9
1.4 Propiedades fisicoquímicas de los jabones.....	10
1.4.1 Solubilidad.....	11
1.5 Poder detergente de los jabones.....	12
1.6 Materias primas para la elaboración del jabón duro.....	13
1.6.1 Aceites vegetales.....	14
1.6.1.1 Ácidos grasos saturados.....	14
1.6.1.2 Ácidos grasos insaturados.....	14
1.6.2 Aceites comestibles usados.....	18
1.6.2.1 Caracterización del aceite usado.....	21
1.6.2.1.1 Índice de saponificación.....	22
1.6.2.1.2 Índice de peróxido.....	22
1.6.2.1.3 Índice de acidez.....	22
1.6.3 Hidróxido de sodio.....	23
1.6.3.1 Propiedades físicas y químicas.....	24

	Pág.
1.7 Saponificación.....	25
1.7.1 Mecanismo de la reacción de saponificación.....	26
1.7.2 Tablas de saponificación.....	27
1.8 Métodos de obtención del jabón.....	29
1.8.1 Reacción en frío.....	29
1.8.2 Reacción en caliente.....	30
1.9 Selección del proceso para obtención del jabón duro.....	31
1.10 Modo de operación.....	33
1.10.1 Proceso continuo.....	33
1.10.2 Proceso discontinuo (Batch).....	33
1.10.3 Elección del reactor.....	34
1.10.4 Alternativa seleccionada.....	34
1.11 Velocidad de reacción.....	36
1.11.1 Determinación de la cinética de saponificación.....	36
1.12 Requerimientos de calidad del producto terminado.....	38

CAPÍTULO II

PARTE EXPERIMENTAL

	Pág.
2.1 Introducción.....	40
2.2 Recolección de la materia prima.....	40
2.3 Caracterización de la materia prima.....	41
2.3.1 Descripción física del aceite.....	41
2.3.2 Determinación del índice de saponificación.....	41
2.3.3 Determinación del índice de acidez e índice de peróxido.....	43
2.4 Caracterización de diferentes jabones duros existentes en el mercado.....	43
2.4.1 Índice de saponificación.....	43
2.4.2 Porcentaje de humedad.....	44
2.4.3 pH.....	44
2.4.4 Dureza.....	44
2.5 Diseño experimental.....	45

	Pág.
2.5.1 Planteamiento de hipótesis.....	45
2.5.2 Pasos para realizar el diseño factorial.....	45
2.5.2.1 Elección de la variable a medir: respuesta.....	46
2.5.2.2 Elección de las variables de operación: factores.....	46
2.5.2.3 Elección de los intervalos de operación para cada una de las variables de operación: niveles.....	46
2.5.2.3.1 Temperatura.....	48
2.5.2.3.2 Tiempo.....	48
2.5.2.3.3 Concentración de la solución de hidróxido de sodio.....	48
2.5.2.4 Planificación de experimentos.....	48
2.6 Descripción del proceso de elaboración del jabón duro.....	51
2.6.1 Principales etapas en el proceso de elaboración de los jabones duros.....	53
2.6.1.1 Acondicionamiento materia prima.....	53
2.6.1.1.1 Filtrado.....	53
2.6.1.2 Etapa de saponificación.....	55
2.6.1.2.1 Descripción de la etapa de saponificación.....	55
2.6.1.3 Secado y moldeado.....	58
2.7 Equipos, material de laboratorio y reactivos.....	58

CAPÍTULO III

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

	Pág.
3.1 Metodología de obtención de resultados.....	59
3.1.1 Características de la materia prima.....	59
3.1.1.1 Características físicas.....	59
3.1.1.2 Índice de saponificación, índice de acidez e índice de peróxido.....	59
3.2 Resultados obtenidos de la caracterización de los jabones existentes en el mercado.....	62
3.3 Resultados obtenidos de las principales etapas en el proceso de elaboración de los jabones duros.....	63
3.3.1 Acondicionamiento de la materia prima.....	63

	Pág.
3.3.1.1 Filtrado.....	63
3.3.2 Etapa de saponificación.....	65
3.3.3 Resultados de secado del jabón duro.....	66
3.1.2 Análisis de los resultados.....	67
3.1.1 Recolección de datos.....	67
3.1.2.1 Análisis de los datos en el programa SPSS.....	68
3.2.2 Obtención de muestras para la velocidad de reacción.....	72
3.2.3 Método de análisis de datos.....	73
3.2.4 Resultados y discusión.....	75
3.3 Control de calidad del producto final.....	81
3.4 Comparación de resultados.....	83
3.5 Balance de materia y energía.....	84
3.5.1 Balance de materia.....	84
3.5.1.1 Filtración.....	84
3.5.1.2 Saponificación.....	86
3.5.2 Balance de energía.....	92
3.5.2.1 Balance de energía para la saponificación.....	92
3.6 Rendimiento (conversión de la materia prima a producto).....	93

CAPÍTULO IV

COSTO DEL PROYECTO

	Pág.
4.1 Estimación de costos para la elaboración del jabón duro, para el análisis experimental efectuado.....	95
4.2 Costo unitario del jabón duro.....	98

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Pág.
5.1 Conclusiones.....	99
5.2 Recomendaciones.....	102
BIBLIOGRAFÍA.....	103

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Jabones elaborados en Bolivia.....	3
Tabla I – 1 Propiedades fisicoquímicas de los jabones.....	10
Tabla I – 2 Dureza de jabones de diferentes aceites y grasas.....	11
Tabla I – 3 Solubilidad de jabón puro.....	11
Tabla I – 4 Características fisicoquímicas del aceite vegetal.....	15
Tabla I – 5 Composiciones de ácidos grasos en aceite vegetales.....	17
Tabla I – 6 Cambios físicos y químicos de tres triacilglicéridos sometidos a una simulación de un proceso de fritura (185°C durante 74 horas).....	20
Tabla I – 7 Características fisicoquímicas de los aceites usados.....	21
Tabla I – 8 Valores de referencia de materia prima.....	23
Tabla I – 9 Propiedades físicas y termodinámicas.....	24
Tabla I – 10 Tablas de índice de saponificación de aceites y grasas.....	28
Tabla I – 11 Ventajas y desventajas de los métodos de elaboración de Jabón duro....	31
Tabla I – 12 Matriz de decisión para selección de proceso.....	32
Tabla I – 13 Escala de calificación por puntuación del 1 al 10.....	32
Tabla I – 14 Parámetros de los valores de jabones comerciales.....	39
Tabla II – 1 Pruebas realizadas en el laboratorio para determinación de variables....	47
Tabla II – 2 Niveles de variación de los factores.....	49
Tabla II – 3 Diseño factorial.....	50
Tabla II – 4 Plan de experimentación.....	51
Tabla II – 5 Características del papel filtro.....	54
Tabla II – 6 Pruebas realizadas para la elaboración del jabón duro.....	55
Tabla III – 1 Características físicas del aceite usado.....	59
Tabla III – 2 Índice de saponificación aceite usado.....	60
Tabla III – 3 Índice de acidez aceite usado.....	60
Tabla III – 4 Índice de peróxido aceite usado.....	61
Tabla III – 5 Datos obtenidos caracterización de la materia prima.....	61
Tabla III – 6 Comparación entre aceite vegetal usado y aceite vegetal nuevo.....	62
Tabla III – 7 Propiedades físicas jabones duros existentes en el mercado.....	63
Tabla III – 8 Datos obtenidos filtración al vacío.....	64

	Pág.
Tabla III – 9 Detalle de etapa de saponificación.....	65
Tabla III – 10 Porcentaje humedad del jabón duro.....	66
Tabla III – 11 Parámetros obtenidos diseño factorial.....	68
Tabla III – 12 Datos introducidos al programa SSPS para cálculo del análisis de varianza univariante.....	69
Tabla III – 13 Factores inter-sujetos.....	69
Tabla III – 14 Pruebas de los efectos inter-sujetos.....	70
Tabla III – 15 Variables introducidas/eliminadas.....	71
Tabla III – 16 Resumen del modelo ^b lineal general.....	71
Tabla III – 17 Anova ^b	71
Tabla III – 18 Coeficientes ^a	72
Tabla III – 19 Resultado del índice de saponificación e índice de acidez a diferentes tiempos.....	73
Tabla III – 20 Valores del grado de conversión a intervalos de 10 minutos.....	76
Tabla III – 21 Valores de las pendientes para determinar la función que representa la cinética de saponificación.....	78
Tabla III – 22 Valores de las pendientes para determinar la cinética de saponificación.....	79
Tabla III – 23 Control de calidad del producto final.....	82
Tabla III – 24 Propiedades físicas de los jabones duro elaborados.....	82
Tabla III – 25 Comparación del jabón obtenido y jabones comerciales.....	83
Tabla IV – 1 Detalle de servicios directos.....	95
Tabla IV – 2 Detalle de servicios indirectos.....	96
Tabla IV – 3 Detalle de materia prima y reactivos químicos.....	96
Tabla IV – 4 Detalle de materiales.....	96
Tabla IV – 5 Detalle de materiales de escritorio.....	97
Tabla IV – 6 Costo total.....	97
Tabla IV – 7 Costo unitario jabón duro.....	98

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Acrilamida en los alimentos fritos.....	6
Figura I – 1 Poder detergente.....	12
Figura I – 2 Estructura de un ácido graso saturado y un ácido graso insaturado.....	15
Figura I – 3 Ejemplo de saponificación de un triglicérido.....	25
Figura I – 4 Reacción de saponificación detallada.....	26
Figura I – 5 Proceso discontinuo (Batch).....	35
Figura II – 1 Diagrama de flujo del proceso de elaboración de jabón duro.....	52
Figura II – 2 Etapa de saponificación.....	56
Figura II – 3 Resumen de balance de materia etapa de filtración y saponificación....	91

ÍNDICE DE FOTOS

	Pág.
Foto 2 – 1 Aceite usado.....	40
Foto 2 – 2 Determinación índice de saponificación.....	42
Foto 2 – 3 Filtración del aceite usado.....	54
Foto 2 – 4 Reactor Batch – saponificación.....	57
Foto 2 – 5 Saponificación del aceite usado.....	57
Foto 2 – 6 Muestras obtenidas del jabón duro.....	58
Foto 3 – 1 Jabones duros elaborados.....	84

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica III – 1 Gráfica de la reacción de saponificación en la producción de jabón duro.....	77
Gráfica III – 2 Gráfica de representación del modelo cinético de la reacción de saponificación.....	81

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 MATERIA PRIMA DISPONIBLE

- 1 - A Encuesta
- 1 - B Materia prima disponible
- 1 - C Modificación en la Composición de Ácidos Grasos presentes en Aceite de Soya sometido a Estrés Térmico (200 – 220°C)

ANEXO 2 NORMAS IBNORCA

- 2 - A Índice de saponificación
- 2 - B Índice de peróxidos
- 2 - C Índice de acidez

ANEXO 3 EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

- 3 - A Balanza Analítica
- 3 - B Baño María
- 3 - C Agitador
- 3 - D Reactor Batch
- 3 - E Filtro de Membranas
- 3 - F pH Metro
- 3 - G Analizador de Humedad Electrónica
- 3 - H Material de Laboratorio
- 3 - I Reactivos

ANEXO 4 TABLAS

- 4 - A Calores Específicos de los Aceites Vegetales
- 4 - B Calor específico de soluciones acuosas (20°C)
- 4 - C Densidades de soluciones de Soda Cáustica a varias Temperaturas
- 4 - D Gravedad Específica-Concentración para soluciones de Soda Cáustica 60 °F (15,6 °C)
- 4 - E Tabla de Calores Específicos

ANEXO 5 RESULTADO DE ANÁLISIS