

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



“OBTENCIÓN DE ACEITE CRUDO DE MAÍZ”

Por:

JANETH BARRO CAZÓN

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

Agosto 2017

TARIJA-BOLIVIA

V°B°

M. Sc. Ing. Silvana Paz Ramírez

DECANA

M. Sc. Ing. Marlene Simons Sánchez

VICEDECANA

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

Ing. Jimena Durán Durán

Ing. Adalid Aceituno Cáceres

Ing. Freddy López Zamora

ÍNDICE

Contenido	Página
Advertencia	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Resumen	iv

INTRODUCCIÓN

Antecedentes	1
Origen del maíz	1
Producción y rendimiento del maíz	1
Producción mundial de aceite de maíz	6
Objetivos	8
Objetivo general	8
Objetivos específicos	8
Justificación del proyecto	9

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Aceite vegetal	14
1.2 Materia prima	15
1.2.1 Materia prima indirecta	15
1.2.1.1 Usos industriales del maíz	17
1.2.2 Materia prima directa	19
1.3 Variedades de maíz	22
1.3.1 Variedades de importancia en nuestro medio	22

Contenido	Página
1.3.1.1 IBTA-Algarrobal 101	22
1.3.1.2 IBTA-Algarrobal 102.....	23
1.3.1.3 IBTA-Algarrobal 103.....	23
1.3.1.4 IBTA-Algarrobal 105.....	23
1.3.1.5 IBTA-Algarrobal 108	23
1.3.1.6 IBTA-Erquis 1	23
1.3.1.7 IBTA-Erquis 2	23
1.3.1.8 IBTA-Erquis 3	24
1.3.1.9 IBTA-Zudañez 1	24
1.3.1.10 IBTA-Ibo 201	24
1.3.1.11 IBTA-Ibo 202	24
1.3.2 Variedades nativas	24
1.3.2.1 Variedad morocho.....	24
1.3.2.2 Variedad cubano dentado.....	25
1.3.2.3 Variedad Pairumani-Aychasara	25
1.3.2.4 Variedad pisankalla.....	25
1.3.2.5 Variedad kulli	25
1.4 Aceite de maíz	25
1.4.1 Características físico-químicas del aceite crudo de maíz	26
1.4.2 Ácidos grasos en el aceite de maíz	26
1.4.3 Beneficios y usos del aceite de maíz	29
1.5 Métodos de obtención de aceite	29

Contenido	Página
1.5.1 Métodos mecánicos.....	30
1.5.1.1 Extracción por prensado	30
1.5.1.2 Prensado en frío	30
1.5.2 Extracción por solvente	30
1.5.2.1 Procesos de extracción por percolación e inmersión.....	35
1.5.3 Extracción Soxhlet.....	37
1.5.4 Extracción supercrítica.....	39
1.5.4.1 Proceso de extracción supercrítica.....	40
1.5.4.2 Aplicaciones de la extracción supercrítica.....	41

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Descripción de la materia prima utilizada para el proceso de obtención del aceite crudo de maíz.....	43
2.2 Descripción y selección del método de investigación para el proceso de obtención del aceite crudo de maíz.....	44
2.3 Diseño experimental para el proceso de obtención del aceite crudo de maíz..	45
2.3.1 Factores y dominio experimental para el proceso de obtención del aceite crudo de maíz	46
2.3.2 Matriz de experimentos: diseño factorial 2 ³ para el proceso de obtención del aceite crudo de maíz	46
2.4 Descripción de los equipos utilizados en el proceso de obtención del aceite crudo de maíz	47
2.4.1 Termostato de inmersión.....	47

Contenido	Página
2.4.2 Procesador de alimentos	48
2.4.3 Balanza de humedad	49
2.4.4 Estufa	50
2.4.5 Balanza analítica	51
2.4.6 Tamiz vibratorio	52
2.4.7 Extractor Soxhlet	53
2.5 Descripción de los materiales y reactivos utilizados en el proceso de obtención del aceite crudo de maíz	55
2.6 Descripción del proceso de obtención del aceite crudo de maíz	56
2.6.1 Materia prima.....	57
2.6.2 Limpieza	58
2.6.3 Maceración.....	59
2.6.4 Degerminado.....	60
2.6.5 Secado	61
2.6.6 Molienda	62
2.6.7 Tamizado	63
2.6.8 Extracción	63
2.6.9 Recuperación del solvente	66
2.6.10 Almacenamiento	67
2.7 Balance de materia.....	68
2.7.1 Limpieza	69
2.7.2 Maceración.....	69
2.7.3 Degerminado.....	70

Contenido	Página
2.7.4 Secado	71
2.7.5 Molienda y tamizado	72
2.7.6 Extracción y recuperación del solvente	74
2.8 Balance de energía para el proceso de obtención del aceite crudo de maíz	75
2.8.1 Consumo energético etapa de maceración.....	76
2.8.2 Consumo energético etapa de secado de germen.....	76
2.8.3 Consumo energético etapa de molienda	76
2.8.4 Consumo energético etapa de tamizado.....	77
2.8.5 Consumo energético etapa de extracción y recuperación del solvente.....	77
2.8.6 Estimación de costos del consumo energético para el proceso de obtención del aceite crudo de maíz	78

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis de la materia prima utilizada para el proceso de obtención del aceite crudo de maíz	81
3.1.1 Composición del grano de maíz.....	81
3.1.2 Contenido de humedad de la materia prima	83
3.2 Presentación de resultados para el proceso de obtención del aceite crudo de maíz	85
3.2.1 Presentación de resultados para la etapa de limpieza	85
3.2.2 Presentación de resultados para la etapa de maceración.....	86
3.2.3 Presentación de resultados para la etapa de secado del germen de maíz.....	88
3.2.4 Presentación de resultados para la etapa de molienda del germen de maíz..	92

Contenido	Página
3.2.5 Presentación de resultados para la etapa de tamizado	93
3.2.6 Presentación de resultados para la etapa de extracción	95
3.2.7 Presentación de resultados para la etapa de recuperación del solvente	96
3.3 Análisis estadístico del diseño experimental para el proceso de extracción del aceite crudo de maíz.....	97
3.3.1 Cálculo del análisis de varianza.....	97
3.4 Análisis y calidad del producto obtenido para el proceso de obtención del aceite crudo de maíz.....	100
3.5 Discusión de resultados para el proceso de obtención del aceite crudo de maíz	102
3.5.1 Composición del grano de maíz.....	102
3.5.2 Contenido de humedad de la materia prima	103
3.5.3 Cantidad de aceite crudo de maíz obtenido en la etapa de extracción.....	104
3.5.4 Influencia del tamaño de partícula.....	106
3.5.5 Influencia de la temperatura	107
3.5.6 Influencia del tiempo de extracción.....	109
3.5.7 Análisis y calidad del producto obtenido.....	110

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones.....	115
4.2 Recomendaciones	117
Referencias bibliográficas.....	119

Anexos

Índice de tablas

Tabla	Página
i-1 Producción mundial de maíz	3
i-2 Producción y rendimiento de maíz en Bolivia	5
i-3 Producción y rendimiento de maíz en Bolivia por departamentos.....	6
I-1 Composición física del grano de maíz	16
I-2 Distribución del aceite en las diferentes fracciones del grano de maíz según Inglett y Weber.....	21
I-3 Composición del germen de maíz en estado natural.....	21
I-4 Composición del germen de maíz secado	22
I-5 Características físico-químicas del aceite crudo de maíz.....	26
I-6 Composición de ácidos grasos del aceite de maíz	28
I-7 Extracción de aceite a diferentes tiempos	31
I-8 Extracción de aceite a diferentes cantidades de solvente.....	32
I-9 Extracción de aceite a diferentes temperaturas de solvente	33
I-10 Poder extractivo de diferentes tipos de solvente	33
I-11 Parámetros críticos de algunos fluidos.....	40
II-1 Factores y dominio experimental.....	46
II-2 Matriz de experimentos y plan de experimentación	47
II-3 Materiales utilizados	56
II-4 Cantidad de aceite crudo de maíz obtenido a diferentes tiempos de extracción.	64
II-5 Condiciones que registran el mejor resultado para el proceso de obtención del aceite crudo de maíz	66

Tabla	Página
II-6 Corrientes de entrada y salida para la molienda y tamizado por corrida y total	73
II-7 Consumo energético	78
II-8 Servicios Eléctricos de Tarija-Tarifas vigentes	79
II-9 Costos del consumo energético.....	80
III-1 Composición física del grano de maíz variedad IBTA-Algarrobal 102.....	82
III-2 Datos para la elaboración de la curva de secado en la determinación de la humedad del maíz.....	84
III-3 Resultados finales obtenidos en el analizador de humedad en la determinación de la humedad del maíz	85
III-4 Datos obtenidos en la etapa de limpieza.....	86
III-5 Datos para la elaboración de la curva de humedad vs tiempo para la etapa de maceración	87
III-6 Datos para la elaboración de la curva de secado del germen de maíz.....	89
III-7 Datos para la elaboración de la curva de secado de una muestra de germen después de secado en estufa	91
III-8 Datos finales obtenidos en el analizador de humedad de germen seco	92
III-9 Datos correspondientes a la etapa de molienda del germen	92
III-10 Datos del análisis granulométrico del germen molido	93
III-11 Datos del análisis granulométrico de germen molido para la curva N° malla vs % rechazo.....	94
III-12 Resultados para el proceso de extracción del aceite crudo de maíz de acuerdo al diseño experimental planteado.....	95
III-13 Datos correspondientes a la etapa de recuperación del solvente	96

Tabla	Página
III-14 Factores inter-sujetos.....	98
III-15 Análisis de varianza.....	98
III-16 Coeficientes	99
III-17 Resultados del análisis del aceite crudo de maíz obtenido.....	100
III-18 Perfil de ácidos grasos presentes en el aceite crudo de maíz	101
III-19 Comparación de la composición física del grano de maíz variedad IBTA- Algarrobal 102 y la composición del grano de maíz según bibliografía	102
III-20 Contenido de humedad del maíz según diferente bibliografía	104
III-21 Contenido de aceite en el germen del maíz según diferente bibliografía ...	105
III-22 Influencia del tamaño de partícula en la cantidad de aceite obtenido	106
III-23 Influencia de la temperatura en la cantidad de aceite obtenido.....	108
III-24 Influencia del tiempo en la cantidad de aceite obtenido.....	109
III-25 Comparación de los requisitos de calidad para el aceite crudo de maíz obtenido	111
III-26 Comparación del perfil de ácidos grasos presentes en el aceite crudo de maíz	113

Índice de figuras

Figura	Página
1-1 Partes principales del grano de maíz.....	16
1-2 Extracción con Soxhlet en el momento en que se produce el sifonamiento del solvente	38

Índice de gráficas

Gráfica	Página
3-1 Curva de secado – determinación de humedad del maíz.....	84
3-2 Humedad adquirida por el maíz en el transcurso del tiempo durante la etapa de maceración	87
3-3 Curva de secado – etapa de secado del germen.....	90
3-4 Curva de secado de una muestra de germen después de secado en estufa.....	91
3-5 Curva N° malla vs porcentaje de rechazo	94

Índice de diagramas

Diagrama	Página
II-1 Etapas del proceso experimental para la obtención del aceite crudo de maíz..	57

Índice de fotos

Foto	Página
1-1 Germen de maíz	20
2-1 Maíz de la variedad IBTA-Algarrobal 102	43
2-2 Termostato de inmersión.....	48
2-3 Procesador de alimentos.....	49
2.4 Balanza de humedad.....	50
2.5 Estufa.....	51
2-6 Balanza analítica	52
2-7 Tamiz vibratorio.....	53
2-8 Extractor Soxhlet.....	54
2.9 Accesorios del extractor Soxhlet	55

Foto	Página
2-10 Desechos separados en la etapa de limpieza.....	58
2-11 Maceración del maíz	59
2-12 Germen separado del resto del maíz.....	60
2-13 Secado de germen en estufa	61
2-14 Molienda de germen.....	62
2-15 Tamizado de germen	63
2-16 Aceite crudo de maíz extraído.....	65
2-17 Germen de maíz antes y después de la extracción del aceite.....	65
2-18 Unidad de calentamiento del extractor Soxhlet.....	67
2-19 Aceite crudo de maíz.....	68
3-1 Principales componentes del grano de maíz variedad IBTA-Algarrobal 102 ..	83
3-2 Diferencia en el rendimiento del aceite crudo de maíz obtenido tomando en cuenta diferente tamaño de partícula	107
3-3 Diferencia en la cantidad de aceite crudo de maíz obtenido tomando en cuenta diferente temperatura en el proceso de extracción	108
3-4 Diferencia en la cantidad de aceite crudo de maíz obtenido tomando en cuenta diferente tiempo de extracción	110

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

Dedico este trabajo primeramente a Dios porque es mi razón de existir, el que me da la vida y el que hizo posible este trabajo. También dedico este trabajo a mis padres y hermanos que siempre estuvieron a mi lado.

Un agradecimiento profundo a Dios, porque me dio la fuerza y sabiduría para llegar al día de hoy, y que a pesar de todo Él jamás me ha abandonado. Agradezco a mis padres por su apoyo y paciencia. Agradezco a mis amigas, con las que pude compartir buenos momentos en la universidad, en la vida diaria y hacer amistad.

Agradezco al Centro de Análisis Investigación y Desarrollo CEANID en la persona del Ing. Adalid Aceituno por la colaboración prestada y así hacer posible el presente trabajo de investigación.