



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL
EXTRACTO ACUOSO DE LA SEMILLA DE LINAZA VARIEDAD MARRÓN (*Linum
usitatissimum* L.) APLICADO A COSMÉTICOS MEDIANTE TÉCNICA DE MACERACIÓN
DINÁMICA**

Elidia María Castillo Armas

Asesorado por la Inga. Telma Maricela Cano Morales e
Ing. Mario José Mérida Meré

Guatemala, marzo de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL
EXTRACTO ACUOSO DE LA SEMILLA DE LINAZA VARIEDAD MARRÓN (*Linum
usitatissimum* L.) APLICADO A COSMÉTICOS MEDIANTE TÉCNICA DE MACERACIÓN
DINÁMICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ELIDIA MARÍA CASTILLO ARMAS

ASESORADO POR LA INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES
E ING. MARIO JOSÉ MÉRIDA MERÉ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, MARZO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno (a.i.)
EXAMINADOR	Ing. César Alfonzo García Guerra
EXAMINADOR	Ing. Víctor Herbert de León Morales
EXAMINADOR	Ing. Jorge Emilio Godínez Lemus
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que estableció la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL
EXTRACTO ACUOSO DE LA SEMILLA DE LINAZA VARIEDAD MARRÓN (*Linum
usitatissimum* L.) APLICADO A COSMÉTICOS MEDIANTE TÉCNICA DE MACERACIÓN
DINÁMICA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 31 de mayo de 2012.



Elidia María Castillo Armas



Guatemala, 25 de octubre de 2016

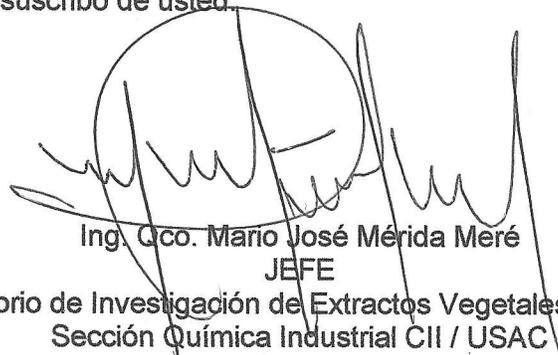
Ingeniero
Carlos Salvador Wong Davi
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Estimado Ingeniero Wong:

Por medio de la presente HACEMOS CONSTAR Que hemos revisado y dado nuestra aprobación al Informe Final del Trabajo de Graduación titulado "EVALUACION DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL EXTRACTO ACUOSO DE LA SEMILLA DE LINAZA VARIEDAD MARRÓN (*Linum usitatissimum* L.) APLICADO A COSMÉTICOS, MEDIANTE TÉCNICA DE MACERACIÓN DINÁMICA", de la estudiante de Ingeniería Química Elidia María Castillo Armas quien se identifica con el carné estudiantil número 2006-18798.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,


Ing. Qco. Mario José Mérida Meré
JEFE
Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales
Sección Química Industrial CII / USAC
Asesor




Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales
Profesora Investigadora Titular IX
Sección Química Industrial
Centro de Investigaciones de Ingeniería/USAC
Asesora





Guatemala, 23 de enero de 2017.
 Ref. EIQ.TG-IF.002.2017.

Ingeniero
 Carlos Salvador Wong Davi
 DIRECTOR
 Escuela de Ingeniería Química
 Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Wong:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo 030-2012 le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Solicitado por la estudiante universitaria: **Elidia María Castillo Armas**.
 Identificada con número de carné: **2006-18798**.
 Previo a optar al título de **INGENIERA QUÍMICA**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA
 DEL EXTRACTO ACUOSO DE LA SEMILLA DE LINAZA VARIEDAD MARRÓN
 (*Linum usitatissimum L.*) APLICADO A COSMÉTICOS MEDIANTE TÉCNICA DE
 MACERACIÓN DINÁMICA**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorada por los Ingenieros Químicos: **Telma Maricela Cano Morales** y **Mario José Mérida Meré**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


 Ing. Adolfo Narciso Gramajo Antonio
 COORDINADOR DE TERNA
 Tribunal de Revisión
 Trabajo de Graduación



C.c.: archivo





Ref.EIQ.TG.014.2017

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación de la estudiante, **ELIDIA MARÍA CASTILLO ARMAS** titulado: **"EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL EXTRACTO ACUOSO DE LA SEMILLA DE LINAZA VARIEDAD MARRÓN (*Linum usitatissimum* L.) APLICADO A COSMÉTICOS MEDIANTE TÉCNICA DE MACERACIÓN DINÁMICA"**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Carlos Salvador Wong Davi
Director
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, marzo 2017

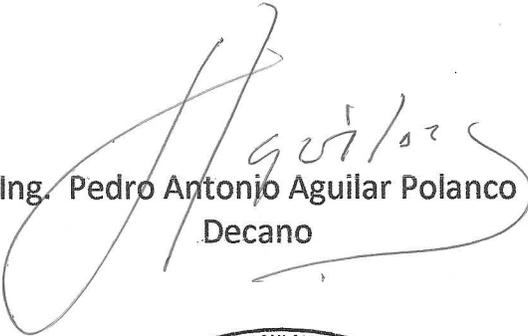
Cc: Archivo
CSWD/ale



DTG. 143.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL EXTRACTO ACUOSO DE LA SEMILLA DE LINAZA VARIEDAD MARRÓN (*Linum usitatissimum* L.) APLICADO A COSMÉTICOS MEDIANTE TÉCNICA DE MACERACIÓN DINÁMICA**, presentado por la estudiante universitaria: **Elidia María Castillo Armas**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, marzo de 2017

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser una importante influencia en mi carrera y por darme la sabiduría para poder obtener este título.
Mis padres	Otto Castillo y Horalia Armas de Castillo, por su amor, sacrificio y apoyo incondicional.
Mi esposo	Gustavo Gabriel, por su amor, comprensión y apoyo incondicional.
Mi hija	Cristel Amaya Gabriel Castillo, por ser mi luz, motivación e inspiración para cumplir esta meta.
Mis hermanos	Claraluz Castillo y Daniel Castillo, por su apoyo, y que esto sea una motivación para alcanzar sus metas.
Mis abuelos	Simeón Castillo, Clara Luz Martínez, Olegario Armas y Natividad Hernández (q.e.p.d.), por sus sabios consejos y por ser las estrellas que nos cuidan desde el cielo.
Mis suegros	Antonio Gabriel y Beatriz López, por su apoyo incondicional.

Tíos y tías

Por el apoyo brindado en las buenas y en las malas.

Sobrinos

María Luz, Edgar Daniel, Otto Francisco Cano Castillo e Ivan Antonio, Angelito Castillo Castillo, por su cariño, y que esto sea una motivación para alcanzar sus metas.

Compañeros

Por su amistad y su apoyo en los buenos y malos momentos compartidos.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por las bendiciones recibidas y por cumplir su santa voluntad en mi vida.
Mis padres	Otto Castillo y Horalia Armas, por su sacrificio y su apoyo para que pudiera lograr esta meta.
Mi esposo	Gustavo Gabriel, por su amor y apoyo incondicional durante todos estos años compartidos.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudios que es y por formar académicamente profesionales competentes.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos y buscar siempre la mejora continua.
Mis asesores	Inga. Telma Cano e Ing. Mario Mérida, por brindarme sus conocimientos y experiencias. Gracias por su tiempo y paciencia.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
HIPÓTESIS.....	XXII
INTRODUCCIÓN	XXV
1. ANTECEDENTES	1
1.1. Justificación	4
1.2. Determinación del problema.....	6
1.2.1. Definición.....	6
1.2.2. Delimitación	6
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Origen del lino	7
2.2. Descripción.....	7
2.3. Morfología.....	8
2.3.1. Flores.....	8
2.3.2. Fruto o semilla	9
2.3.3. Tallo principal.....	9
2.4. Hábitat	10
2.5. Agricultura	10
2.5.1. Clima y suelo	10

2.5.2.	Variedad de semillas apropiadas a la producción de linaza	11
2.6.	Composición química de la semilla	12
2.6.1.	Ácidos grasos.....	13
2.6.2.	Carbohidratos.....	13
2.6.3.	Fibra dietética.....	13
2.6.3.1.	Fibra dietética insoluble.....	14
2.6.3.2.	Fibra funcional o soluble.....	14
2.6.3.3.	Fibra total	14
2.6.3.4.	La celulosa	14
2.6.3.5.	Los mucílagos	15
2.6.3.6.	La lignina	15
2.7.	Usos de la linaza	16
2.8.	Métodos de extracción sólido-líquido	17
2.8.1.	Clasificación de los métodos de extracción sólido-líquido	18
2.8.1.1.	Percolación.....	18
2.8.1.2.	Extracción Soxhlet.....	19
2.8.1.3.	Maceración.....	19
2.9.	Preparación del sólido.....	20
2.9.1.	Materiales orgánicos e inorgánicos	20
2.9.2.	Material soluble rodeado de material insoluble	21
2.9.2.1.	Sustancia soluble	21
2.9.2.2.	Materiales biológicos.....	21
2.9.3.	Velocidad de lixiviación	22
2.9.4.	Naturaleza del disolvente	22
2.9.4.1.	Fluidos incompresibles.....	23
2.9.4.2.	Fluidos compresibles.....	23
2.9.4.3.	Fluidos supercríticos	23

2.9.5.	Relación sólido/líquido.....	23
2.9.6.	Factores que influyen en la eficiencia de lixiviación	24
2.9.6.1.	Temperatura	24
2.9.6.2.	Agitación.....	24
2.9.6.3.	El pH.....	25
2.9.6.4.	El tiempo de extracción	25
2.9.6.5.	Estado de división de materia.....	26
2.9.7.	Materia prima.....	26
2.9.7.1.	Cultivo de la semilla.....	26
2.9.7.2.	Recolección	26
2.9.7.3.	Procesamiento postcosecha.....	27
2.9.7.4.	Almacenamiento	27
2.9.7.5.	Molienda	28
2.9.7.6.	Proceso de extracción de mucílago de linaza	28
2.9.7.7.	Concentración del extracto	29
2.9.7.7.1.	Extractos fluidos	29
2.9.7.7.2.	Extractos blandos	29
2.9.7.7.3.	Extractos secos	29
2.9.7.8.	Monitoreo del proceso	29
2.9.7.8.1.	Densidad	30
2.9.7.8.2.	Pérdida de peso del sólido	30
2.9.7.8.3.	pH.....	30
2.9.7.8.4.	Viscosidad.....	30
2.9.7.8.5.	Color.....	31
2.9.8.	Análisis del extracto acuoso	31
2.9.8.1.	Ensayos cuantitativos	32

	2.9.8.1.1.	Humedad.....	32
	2.9.8.1.2.	Determinación de cenizas.....	32
	2.9.8.1.3.	Contaminación microbiológica	33
	2.9.8.1.4.	Índice de hinchamiento.....	33
	2.9.8.1.5.	Índice de refracción.....	33
	2.9.8.2.	Análisis fitoquímico.....	33
	2.9.8.2.1.	Cromatografía de gases	34
	2.9.8.2.2.	Cromatografía de capa fina.....	35
	2.9.8.2.3.	Cromatografía líquida de alta resolución.....	35
	2.9.8.2.4.	Espectro infrarrojo.....	36
	2.9.8.2.5.	Espectro ultravioleta.....	36
	2.9.8.2.6.	Espectrometría de masas	37
	2.9.8.2.7.	Análisis proximal	37
2.10.	Tipos de fijadores.....		37
	2.10.1.	Brillantinas.....	37
	2.10.2.	Gominas.....	38
	2.10.3.	Ceras.....	38
	2.10.4.	Geles.....	38
2.11.	El cabello.....		39
	2.11.1.	Estructura biológica.....	39
	2.11.2.	Estructura química	40
	2.11.2.1.	Queratina.....	40

	2.11.2.2.	Puentes salinos	41
2.11.3.		Estructura física	41
	2.11.3.1.	Permeabilidad.....	42
	2.11.3.2.	Carga eléctrica.....	42
	2.11.3.3.	Elasticidad	43
	2.11.3.4.	Resistencia a la tracción.....	44
	2.11.3.5.	Plasticidad	44
	2.11.3.6.	Color del cabello	45
3.		DISEÑO DE METODOLOGÍA	47
3.1.		Variables.....	47
	3.1.1.	Variables de control	47
	3.1.2.	Variables fijas	48
	3.1.3.	Variables dependientes	48
	3.1.4.	Variables dependientes para la formulación del gel.....	49
3.2.		Determinación del campo de estudio	50
3.3.		Recursos humanos disponibles.....	50
3.4.		Recursos materiales disponibles	50
	3.4.1.	Recurso inmobiliario disponible	51
	3.4.2.	Cristalería	52
	3.4.3.	Equipo	52
	3.4.4.	Reactivos.....	55
3.5.		Técnica cuantitativa.....	56
	3.5.1.	Diagrama de flujo aplicando la técnica cuantitativa.....	57
3.6.		Recolección y ordenamiento de la información	60
	3.6.1.	Muestreo.....	60
	3.6.2.	Variables de entrada.....	61

3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	63
3.7.1.	Descripción del método experimental	63
3.7.1.1.	Preparación de la materia prima	63
3.7.1.2.	Lixiviación de mucílagos por maceración dinámica	65
3.7.1.3.	Filtración al vacío	67
3.7.1.4.	Concentración	67
3.7.2.	Medición de propiedades físicas del extracto acuoso.....	68
3.7.2.1.	Color.....	68
3.7.2.2.	Determinación de la densidad.....	69
3.7.2.3.	Determinación del porcentaje de humedad	70
3.7.2.4.	Determinación de sólidos totales extraíbles.....	71
3.7.2.5.	Determinación del pH.....	72
3.7.2.6.	Determinación del índice de refracción.....	72
3.7.2.7.	Determinación de la viscosidad.....	73
3.7.2.8.	Determinación del rendimiento.....	74
3.7.3.	Medición del contenido químico	75
3.7.3.1.	Análisis proximal	75
3.7.4.	Formulación de gel natural para el cabello.....	76
3.7.5.	Extracto acuoso de linaza	76
3.7.5.1.	Propiedades físicas del extracto utilizado en la formulación	77
3.7.6.	Procedimiento para la formulación del gel.....	77
3.7.7.	Envasado y etiquetado.....	78

3.7.8.	Medición de los parámetros de calidad del producto.....	79
3.7.8.1.	Características organolépticas.....	79
3.7.8.2.	Pruebas físicas del producto final	80
3.7.8.3.	Pruebas químicas	80
3.7.8.4.	Análisis microbiológico y pruebas de anaquel.....	81
3.7.8.5.	Perfil de viscosidad.....	81
3.7.8.6.	Propiedades de rendimiento	82
3.8.	Análisis estadístico	84
3.8.1.	Análisis de varianza (ANOVA).....	84
3.8.2.	Análisis de varianza de dos factores para la densidad del extracto acuoso	87
3.8.3.	Análisis de varianza de dos factores para la humedad del extracto acuoso.....	88
3.8.4.	Análisis de varianza de dos factores para los sólidos totales extraídos	90
3.8.5.	Análisis de varianza de dos factores para el pH del extracto acuoso de la semilla de linaza	91
3.8.6.	Análisis de varianza de dos factores para el índice de refracción del extracto acuoso de la semilla de linaza	92
3.8.7.	Análisis de varianza de dos factores para el rendimiento del extracto acuoso de la semilla de linaza	94
3.8.8.	Análisis de varianza de dos factores para la viscosidad del extracto acuoso de la semilla de linaza	95

4.	RESULTADOS.....	97
4.1.	Propiedades físicas del extracto acuoso	97
4.2.	Contenido químico del extracto acuoso	108
4.3.	Análisis microbiológico del extracto	111
4.4.	Elaboración del gel de cabello	111
4.4.1.	Formulación.....	112
4.4.2.	Propiedades físicas del producto	112
4.4.3.	Envasado y etiquetado.....	118
4.4.4.	Análisis microbiológico y pruebas de anaquel.....	120
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	121
	CONCLUSIONES.....	131
	RECOMENDACIONES	133
	BIBLIOGRAFÍA.....	135
	APÉNDICES.....	139

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Flor de lino	8
2.	Semillas de lino	9
3.	Tipos de semillas	12
4.	Estructura química de la queratina.....	40
5.	Diagrama de flujo de proceso	58
6.	Trituración de la semilla de linaza	64
7.	Equipo de tamizaje.....	65
8.	Sistema de maceración dinámica con reflujo	66
9.	Filtración al vacío	67
10.	Concentración del extracto acuoso	68
11.	Comparación del color de las muestras	69
12.	Medición de la densidad.....	70
13.	Medición de la humedad	71
14.	Medición del pH	72
15.	Medición del índice de refracción.....	73
16.	Medición de la viscosidad	74
17.	Balón con el extracto sólido y seco	75
18.	Extracto acuoso obtenido a 90 °C y semilla entera de 2 mm.....	76
19.	Producto terminado	78
20.	Producto final de las fórmulas 1, 2 y 3	79
21.	Prueba de rendimiento en cabello con variaciones de humedad y forma.....	82

22.	Comparación del color del extracto acuoso de semilla de linaza entera.....	97
23.	Comparación del color del extracto acuoso de semilla de linaza molida. Tamiz 12.....	98
24.	Comparación del color del extracto acuoso de semilla de linaza molida. Tamiz 14.....	99
25.	Comparación del color del extracto acuoso de semilla de linaza molida. Tamiz 16.....	99
26.	Densidades del extracto acuoso de las semillas de linaza.	100
27.	Humedad del extracto acuoso de las semillas de linaza.....	102
28.	Sólidos totales del extracto acuoso de las semillas de linaza.....	103
29.	pH del extracto acuoso de las semillas de linaza	104
30.	Viscosidad del extracto acuoso de las semillas de linaza.....	106
31.	Índice de refracción del extracto acuoso de las semillas de linaza.....	107
32.	Rendimiento porcentual total del extracto acuoso	109
33.	Viscosidad del producto.....	113
34.	Humedad del producto.....	114
35.	pH del producto.....	115
36.	Índice de refracción del producto.....	116
37.	Perfil de viscosidad del producto final.....	117
38.	Porcentaje de retención del producto	118
39.	Recipiente de plástico de 400 gramos.....	119
40.	Etiqueta de presentación del producto.....	119
41.	Producto final.....	120

TABLAS

I.	Determinación de las variables independientes	47
II.	Determinación de los parámetros fijos	48
III.	Variables dependientes.....	49
IV.	Datos de variables de entrada	61
V.	Recolección de datos experimentales.....	62
VI.	Descripción del número de tamiz y tamaño de apertura	65
VII.	Propiedades físicas del extracto	77
VIII.	Propiedades físicas del gel para cabello obtenido a 90 °C y tamaño de partícula de 2 mm.....	80
IX.	Especificación de límites microbianos, expresados en UFC/g o UFC/cm ³	81
X.	Porcentaje de retención del producto en el cabello lacio expuesto a humedad relativa de 90 % y a 21 °C, por 24 horas.. ..	83
XI.	Porcentaje de retención del producto en el cabello rizado expuesto a humedad relativa de 90 % y a 21 °C, por 24 horas	83
XII.	Experimento de dos factores.....	85
XIII.	Análisis de varianza para dos factores.....	86
XIV.	Análisis de varianza para la densidad del extracto acuoso	87
XV.	Experimento de dos factores para la densidad	88
XVI.	Experimento de dos factores para la humedad.....	89
XVII.	Análisis de varianza para la humedad del extracto acuoso.....	89
XVIII.	Experimento de dos factores para los sólidos totales extraídos.....	90
XIX.	Análisis de varianza para los sólidos totales extraídos	91
XX.	Análisis de varianza para el pH del extracto acuoso de la semilla de linaza... ..	91
XXI.	Experimento de dos factores para el pH	92
XXII.	Experimento de dos factores para el índice de refracción.....	93

XXIII.	Análisis de varianza para el índice de refracción del extracto acuoso de la semilla de linaza	93
XXIV.	Experimento de dos factores para el rendimiento del extracto acuoso de la semilla de linaza	94
XXV.	Análisis de varianza para el rendimiento del extracto acuoso de la semilla de linaza	95
XXVI.	Análisis de varianza para la viscosidad del extracto acuoso de la semilla de linaza	95
XXVII.	Experimento de dos factores para la viscosidad del extracto acuoso de la semilla de linaza	96
XXVIII.	Modelo de correlación de la figura 26	101
XXIX.	Modelo de correlación de la figura 27	102
XXX.	Modelo de correlación de la figura 28	104
XXXI.	Modelo de correlación matemática de la figura 29	105
XXXII.	Modelo de correlación matemática de la figura 30	106
XXXIII.	Modelo de correlación matemática de la figura 31	108
XXXIV.	Análisis proximal del extracto acuoso de la semilla de linaza.....	110
XXXV.	Recuento de coliformes totales del extracto acuoso.....	111
XXXVI.	Ingredientes para una muestra de 2 500 g de linaza.....	112
XXXVII.	Modelo matemático y correlación de la figura 33.....	113
XXXVIII.	Modelo matemático y correlación de la figura 34.....	114
XXXIX.	Modelo matemático y correlación de la figura 35.....	115
XL.	Modelo matemático y correlación de la figura 36.....	116
XLI.	Modelo matemático y correlación de la figura 37.....	117
XLII.	Análisis microbiológico y recuento total de coliformes.....	120

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cP	Centipoises. Unidad de viscosidad
°C	Grados Celsius
°F	Grados Fahrenheit
g	Gramos
α	Letra griega <i>alpha</i>
β	Letra griega <i>beta</i>
<	Mayor que
>	Menor que
ml	Mililitros
mm	Milímetro
nm	Nanómetro
rpm	Revoluciones por minuto
Ku	Unidades Krebs de viscosidad
v/v	Volumen sobre volumen. Unidad de concentración

GLOSARIO

Alamina	Es uno de los aminoácidos que forman las proteínas de los seres vivos. Es el aminoácido más pequeño después de la glicina y se clasifica como hidrofóbico.
Albuminoide	Sustancia que presenta en disolución el aspecto y las propiedades de la clara de huevo, de las gelatinas o de la cola de pescado. Proteína natural presente en muchos tejidos orgánicos.
Aleurona	Sustancia proteica de reserva, existe en las semillas de ciertas plantas en forma de granos microscópicos.
Arabinoxilano	Son polisacáridos que se encuentran en el salvado y la cubierta exterior de granos como el trigo, el centeno y la cebada.
Carotenoide	Los carotenoides son pigmentos orgánicos del grupo de los isoprenoides que se encuentran de forma natural en plantas y otros organismos fotosintéticos como algas, algunas clases de hongos y bacterias.
Cianogénético	Es un metabolito secundario de las plantas que cumple funciones de defensa, ya que al ser hidrolizado por alguna enzima libera cianuro de hidrógeno, proceso llamado cianogénesis.

Esteárico	El ácido esteárico es un ácido graso saturado, presente en aceites y grasas animales y vegetales. A temperatura ambiente es un sólido parecido a la cera.
Fitoestrógenos	Son compuestos químicos no esteroideos, que se encuentran en los vegetales pero son similares a los estrógenos humanos y con acción similar u opuesta a ellos.
Glucósido	Los glucósidos son moléculas compuestas por un glúcido, generalmente monosacárido, y un compuesto no glucídico.
Glutámico	El ácido glutámico es uno de los 20 aminoácidos que forman parte de las proteínas. No es nutriente esencial porque en el hombre puede sintetizarse a partir de otros compuestos.
Lecitina	Sustancia orgánica abundante en las células animales y vegetales. Se emplea en la elaboración de ciertos alimentos como la margarina o el chocolate, y en cosméticos y farmacia.
Leucina	Es un aminoácido utilizado por las células para sintetizar proteínas. Reduce la degradación de tejido muscular, se encuentra en tejidos de hígado y tejido adiposo.

Lignan	Los lignanos son metabolitos secundarios de las plantas, encontrados en las semillas de lino, de calabaza, de ajonjolí, entre otros, en cantidades muy reducidas.
Lignina	Es una clase de polímero orgánico complejo que forma materiales estructurales importantes en los tejidos de soporte de plantas. Es particularmente importante en paredes celulares de la madera y la corteza, entre otros.
Lisina	Es un aminoácido componente de las proteínas sintetizadas por los seres vivos. Es un aminoácido esencial para los seres humanos.
Oleico	El ácido oleico es un ácido grasomonosaturado de la serie omega 9, típico de los aceites vegetales como el aceite de oliva, cártamo, aguacate, entre otros. Ejerce una acción beneficiosa en los vasos sanguíneos, reduciendo el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares.
Oligoelemento	Elemento químico que se halla en muy pequeñas cantidades en las células de los seres vivos y es indispensable para el desarrollo normal del metabolismo. Tanto la ausencia como el exceso pueden ser perjudiciales para el organismo.

Polisacárido	Se encuentran entre los glúcidos y cumplen funciones diversas. Son polímeros cuyos constituyentes son monosacáridos que se unen repetitivamente mediante enlaces glucosúricos.
Serina	Es un aminoácido polar, no esencial, ya que el cuerpo humano es capaz de sintetizarlo de la dieta. Se produce a partir de metabolitos como la glicina.
Tanino	Sustancia muy astringente que se extrae de la corteza de algunos árboles, como el castaño o el roble, y se emplea principalmente en el curtido de pieles y en la elaboración de ciertos fármacos.
Treonina	Es uno de los veinte aminoácidos que componen las proteínas. Se obtiene de un proceso casi preferentemente de fermentación por parte de los microorganismos. También se puede obtener por aislamiento, a partir de hidrolizados de proteínas para su uso farmacéutico.
Valina	Es uno de los veinte aminoácidos codificados por el ADN. Es uno de los aminoácidos esenciales, forma parte integral del tejido muscular, puede ser usado para conseguir energía por los músculos en ejercitación, posibilita un balance de nitrógeno positivo e interviene en el metabolismo muscular y en la reparación de tejidos.

RESUMEN

El presente trabajo describe la evaluación del rendimiento y caracterización fisicoquímica del extracto acuoso de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*) a nivel laboratorio aplicado a la industria de cosméticos, mediante la elaboración de un gel fijador para el cabello a base de extracto de linaza. Para esto se establecieron 4 tamaños de partícula en función de 3 temperaturas, se evaluó el proceso de extracción y se procedió a la evaluación del extracto, determinando sus propiedades fisicoquímicas.

Para la extracción del mucílago se aplicó el método de maceración dinámica, modificando la temperatura. Se estableció una relación sólido-líquido (1:10) y se evaluó el proceso de extracción durante una hora, monitoreando el proceso por medio de la determinación de la densidad, viscosidad, pH, índice de refracción y sólidos totales extraíbles. La recuperación del mucílago se realizó por filtración a través de un tamiz o por medio de filtración al vacío, para luego concentrar el extracto por rotaevaporación. También se evaluó el rendimiento y se realizó un análisis proximal para determinar el contenido del extracto acuoso.

Se realizaron pruebas de rendimiento y pruebas microbiológicas para determinar el tiempo de vida del producto y, por último, se elaboró el gel natural para el cabello a base de linaza.

OBJETIVOS

General

Evaluar el rendimiento y las propiedades fisicoquímicas del extracto acuoso de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*) aplicado a cosméticos, obtenido a nivel laboratorio mediante la técnica maceración dinámica.

Específicos

1. Comparar el rendimiento del extracto acuoso obtenido de la semilla de linaza (*Linum usitatissimum L.*) en función de 4 tamaños de partícula.
2. Determinar el rendimiento y las propiedades fisicoquímicas del extracto acuoso de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*), en función del tamaño de partícula de la semilla y la temperatura de la solución extractora, evaluada mediante la técnica de maceración dinámica.
3. Determinar las propiedades fisicoquímicas, como índice de refracción y análisis proximal del extracto acuoso para cada tamaño de partícula.
4. Elaborar gel fijador para el cabello con elementos naturales, biodegradables, que conserven el medio ambiente y mantengan el moldeado de un buen peinado.

HIPÓTESIS

Existe diferencia significativa en el rendimiento y las propiedades fisicoquímicas del extracto acuoso de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*), en función del tamaño de partícula de la semilla y la temperatura de la solución extractora, evaluada mediante la técnica de maceración dinámica.

Hipótesis estadística

Ho₁: el rendimiento, pH, densidad, viscosidad, color, índice de refracción y sólidos solubles totales del extracto acuoso que se obtiene de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*), extraída a nivel laboratorio por la técnica de maceración dinámica, sí se ven afectados por el tamaño de partícula de la semilla.

Ho₂: el rendimiento, pH, densidad, viscosidad, color, índice de refracción y sólidos solubles totales del extracto acuoso que se obtiene de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*), extraída a nivel laboratorio por la técnica de maceración dinámica, sí se ven afectados por la temperatura de la solución extractora.

$$\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq 0$$

Hi₁: El rendimiento, pH, densidad, viscosidad, índice de refracción y sólidos solubles totales del extracto acuoso que se obtiene de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*), extraída a nivel laboratorio por

la técnica de maceración dinámica, no se ven afectados por el tamaño de partícula de la semilla.

Hi₂: El rendimiento, pH, densidad, viscosidad, índice de refracción y sólidos solubles totales del extracto acuoso que se obtiene de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*), extraída a nivel laboratorio por la técnica de maceración dinámica, no se ven afectados por la temperatura de la solución extractora.

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = 0$$

INTRODUCCIÓN

Guatemala ha sido considerada como centro de origen y diversidad de algunas especies aromáticas y plantas medicinales, entre las que se encuentra la semilla de linaza, cultivo de mucha importancia en el mundo, ya que dichas semillas son cultivadas con fines industriales como, por ejemplo: alimento para animales, consumo humano e industria textil.

La semilla de linaza es conocida por su alto contenido de fibra soluble e insoluble, y por su capacidad de suavizar el intestino grueso y prevenir el estreñimiento. La variedad de semilla de linaza variedad marrón se cultiva para el consumo humano y es de color café, mientras que el sabor tiene un parecido a la nuez. También se extrae de esta aceite para consumir.

El presente trabajo tiene como objetivo la evaluación del rendimiento y caracterización fisicoquímica del extracto acuoso obtenido de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*), aplicado a cosméticos, mediante la técnica de maceración dinámica a nivel laboratorio.

El extracto acuoso, también conocido como mucílagos o fibra soluble, es una sustancia gomosa que se encuentra debajo de la cubierta de la semilla (cáscara), que tiene las propiedades de bloquear el exceso de acidez y actúa como un laxante natural para suavizar y proteger la delicada flora intestinal y mejorar la regularidad sin efectos secundarios. La fibra soluble de la semilla de linaza evita la reabsorción de los ácidos digestivos, reduce la absorción de colesterol contenido en los alimentos y aumenta la cantidad de colesterol que

es excretada por el organismo. El mucílago de la linaza ayuda la estabilización y modulación de la glucosa en la sangre.

Para la extracción del mucílago se aplicó el método de maceración dinámica, estableciendo 4 tamaños de partícula de la semilla, y en dichos tamaños se evaluaron tres temperaturas para determinar el efecto de la combinación de dichos parámetros. Se estableció una relación sólido-líquido de 1:10 y el tiempo de extracción fue de una hora. Con el extracto obtenido se determinó la densidad, viscosidad, sólidos totales extraíbles, índice de refracción y pH.

La recuperación del mucílago se realizó por filtración a través de un tamiz o por medio de filtración al vacío, para luego concentrar el extracto en el rotaevaporador. Con el extracto acuoso obtenido se evaluó el rendimiento y se determinó el contenido químico presente en cada muestra, según el tamaño de partícula trabajada.

Luego de haber caracterizado fisicoquímicamente el extracto acuoso, se procedió a formular el gel natural para el cabello a base de linaza, al cual se le agregó el perseverante y estabilizante de pH. Al producto obtenido se le realizaron pruebas establecidas en la Norma Técnica Guatemalteca (COGUANOR NTG 30-003) y el Reglamento Técnico Centroamericano (RTC 71.03.45:07). Dichas normas especifican parámetros de calidad en productos cosméticos.

1. ANTECEDENTES

Se tiene conocimientos que desde hace 4 000 años antes de Cristo en países mediterráneos se cultivaba el lino para la obtención de fibra textil, y desde hace unos 2 000 años se usaba como medicamento, según se puede constatar en numerosos restos arqueológicos encontrados en Egipto y la antigua Babilonia. Actualmente se distribuye por muchos países como planta cultivada, aunque ha disminuido su cultivo para usos textiles y ha aumentado su uso para farmacéuticos por sus propiedades curativas.

La riqueza botánica y cultural de Guatemala ha sido puesta de manifiesto en múltiples formas, especialmente en tradiciones y usos sobre la medicina natural. La validación científica y la caracterización biológica y química de plantas medicinales, sirven de base para proponer alternativas de uso popular que contribuyen a realizar prácticas terapéuticas a bajo costo. En un estudio sobre medicina tradicional guatemalteca se encontró a la linaza como planta usada en medicina popular, frecuentemente adquirida en los mercados municipales, importada de Canadá, es por eso que es llamada linaza canadiense.

“La mayoría de la flora medicinal de Guatemala se recolecta, ya que no existen estudios que indiquen tecnificación agrícola de domesticación o cultivo, en algunos casos su explotación es masiva. Agrega que según escasos estudios agroeconómicos preliminares, estos cultivos son poco rentables en las escalas trabajadas, aunque existe demanda en los mercados nacionales e internacionales; así mismo se aprecia que no se tiene en totalidad datos

agrícolas que demuestren su rentabilidad y si las condiciones climáticas producen los principios de interés terapéutico.”¹

Durante más de una década, en la Sección de Química Industrial del CII/USAC, se ha trabajado en diversos proyectos de Investigación en materia de extracción de aceites esenciales y oleorresinas, con el propósito de brindar un valor agregado y encontrar alternativas de desarrollo a diferentes especies vegetales. Sin embargo, se han realizado pocos estudios en cuanto a la caracterización de extractos acuosos (mucílagos) de plantas medicinales.

En el 1998, Telma Cano y Benjamín Piedrasanta ejecutaron el proyecto CONCYT (71-97), denominado *Determinación de la factibilidad de la extracción-destilación de aceites esenciales de jengibre, ajo y ajonjolí, como productos de exportación*, en el cual, tanto para ajo como para jengibre, se variaron los métodos de extracción y el tamaño de lote, utilizando los métodos de arrastre con vapor directo y arrastre con vapor utilizado, maceración y el método de hidrodestilación; todo eso con el apoyo del Doctor Nicolai Sharapin de la Universidad Federal Fluminense de Niteroi, Brasil, y el Licenciado Armando Cáceres de la Facultad de Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

En el 2002, Telma Cano, Blanca Chávez, Jorge Godínez y David Monzón ejecutaron el proyecto (06-25), PUIDI-DIGI, denominado *Obtención y caracterización del aceite esencial y oleorresina de la pimienta negra (Pipernigrum L.) Cultivada en Guatemala*, evaluando tres distintos tamaños de lote para la extracción de aceite esencial. La extracción de aceite esencial y fijo

¹ CÁCERES, Armando; et al. *Plantas de uso medicinal en Guatemala*. Guatemala: Editorial Universitaria, USAC, 1996. P. 402

se realizó en triplicado con un tiempo de extracción de 4 horas, un tamaño de partícula entre 1 190 y 841 micrones y 15 % de humedad.

En el 2008, Mario Mérida Meré realizó su trabajo de graduación *Extracción y caracterización fisicoquímica del tinte natural obtenido del exocarpo del coco (cocos nucifera), como aprovechamiento del desecho de fuentes comerciales*. Fue asesorado por la ingeniera Telma Maricela Cano Morales. Se utilizaron 3 tipos de solventes (agua, etanol al 50 % (v/v) y etanol al 95 % (v/v)), con 3 repeticiones para cada una, resultando 9 extracciones en total. Esta investigación reviste especial interés, debido a que los resultados obtenidos de la misma ayudarán a establecer los parámetros necesarios para desarrollar, a nivel industrial, la extracción no solamente de tintes naturales de la especie forestal estudiada, sino también de otras especies vegetales afines.

En el 2009, Adrián Soberanis realizó el trabajo de graduación *Evaluación de propiedades de la oleorresina de cardamomo (Elletteriacardamomum, L. Matton) obtenida a nivel laboratorio utilizando dos métodos de lixiviación a tres diferentes temperaturas*, en el cual concluyó que existe una diferencia significativa en el rendimiento porcentual de la oleorresina de cardamomo obtenida en cada uno de los métodos de extracción en función de la temperatura, así como que el método con mayor rendimiento de oleorresina de cardamomo es la maceración dinámica a 25 °C, ya que este es inversamente proporcional a la temperatura.

En el 2009, Claudia Beatriz Montenegro Franco realizó el trabajo de graduación denominado *Estudio experimental de la operación unitaria de separación sólido-líquido a nivel laboratorio, mediante la evaluación de diversos parámetros de interacción influyentes y de respuesta*. Fue asesorada por el ingeniero químico César Alfonso García Guerra. En el informe se identifican los

factores más importantes a considerar al momento de realizar una extracción sólido-líquido.

Finalmente, en el 2011, Romy Carlota Godínez Morales realizó el trabajo de graduación en la Sección de Química Industrial del CII/USAC, asesorada por el ingeniero químico Cesar Alfonso García Guerra, denominado *Evaluación del rendimiento, caracterización fisicoquímica y fitoquímica de la fracción lipídica en la semilla del melón variedad honeydew (Cucumis melo L.) obtenida a nivel laboratorio mediante la técnica de extracción Soxhlet, utilizando tres solventes: etanol, metanol e isopropanol.*

1.1. Justificación

La semilla de linaza es la fuente más rica en el reino vegetal de ácidos grasos omega-3. Estas grasas son cruciales para la salud humana, la mayoría de personas son deficientes en este nutriente. Además de los omega-3, los dos componentes restantes de la linaza son lignanos y fibra soluble e insoluble; estos se están estudiando por sus aportes a la salud y para su uso en alimentos. Los lignanos, por ejemplo, son antioxidantes y son llamados fitoestrógenos debido a su comportamiento parecido al estrógeno en las células humanas. Las semillas contienen fibra compuesta de hemicelulosa, celulosa y ligninas; la infusión o maceración de semillas en agua se usa para tratar afecciones gastrointestinales como la colitis, disentería, estreñimiento, gastritis, inflamación, hemorragias y úlcera; genitourinarias como la cistitis, gonorrea, inflamación e infección urinaria y nefritis; y respiratorias tales como amigdalitis, faringitis, neumonía, resfrío y tos. Se recomienda también como mascarilla facial para una limpieza profunda del cutis, paño, manchas, acné, espinillas, y es excelente para la calvicie, entre otros aspectos.

El cabello muy ondulado suele ser difícil de manejar, ya que las escamas de su cutícula con frecuencia están abiertas, lo que lo convierte en un tipo de cabello quebradizo, que no refleja la luz y que tiende a ser seco, absorbiendo mucho la humedad del ambiente y, por consiguiente, puede que se rize hasta ser incontrolable. Por lo general, las personas con este tipo de cabello emplean productos específicos para el cabello rizado, como espumas o geles que, aunque efectivos, no dejan de ser químicos.

El extracto acuoso obtenido de las semillas de linaza es una opción natural estupenda para moldear el cabello y utilizarlo como gel, aplicándolo en el cabello recién lavado o incluso seco, para definir las ondas y dejar un efecto similar a la espuma sin provocar un daño.

La fracción de mucílago se utiliza en productos alimenticios, especialmente como agente para aumentar la viscosidad del pan. También se puede usar en productos cosméticos y medicinales. Por tanto, es importante mencionar que la fracción de mucílago representa alrededor del 0,5 – 10 % del peso de la semilla. Este porcentaje varía de acuerdo al tipo de semilla, es decir que la cantidad de mucílago en la semilla marrón es diferente al de la semilla dorada.

Por lo anterior se considera que el estudio de caracterización fisicoquímica del extracto acuoso de la semilla de linaza variedad marrón, brinda alternativas de desarrollo de nuevos productos naturales, elaborados a base de dicho extracto, ya que en Guatemala no se encuentran antecedentes de estudios realizados en cuanto a la extracción de mucílagos de la semilla de linaza, por lo que es importante evidenciar la falta de conocimiento que tienen las personas sobre la diversidad de aplicaciones en la industria farmacéutica y cosmética.

1.2. Determinación del problema

En la actualidad el cabello muy ondulado es muy difícil de manejar, debido a la presencia de humedad en el ambiente y, por consiguiente, se riza hasta ser incontrolable. Existen productos cosméticos que fijan el cabello y le dan una textura suave y brillante, y aunque son efectivos, no dejan de ser químicos, ya que son elaborados sintéticamente.

Se pretende elaborar gel natural a base de extracto de linaza, con perseverante que sea amigable con el medio ambiente y que no dañe el cabello. Sin embargo, para elaborar el gel fijador para el cabello, se evaluará el rendimiento y se caracterizarán las propiedades fisicoquímicas del extracto acuoso para garantizar la calidad del producto.

1.2.1. Definición

Evaluar el rendimiento y las propiedades fisicoquímicas del extracto acuoso de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*) aplicado a cosméticos, obtenido a nivel laboratorio mediante la técnica de maceración dinámica.

1.2.2. Delimitación

El presente estudio se realizó a escala laboratorio y está delimitado por los siguientes aspectos: el tamaño de partícula, la temperatura de la solución extractora, el tiempo de extracción, los reactivos y sus cantidades para la formulación del gel, los equipos para ser utilizados en la misma, el control del método extractivo y la evaluación de la calidad del producto.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Origen del lino

El cultivo del lino fue una de las ocupaciones principales durante gran parte del siglo XIX y principios del XX, utilizando para ello los terrenos más llanos y productivos. El primer uso de linaza fue registrada en el sur de Mesopotamia, donde la linaza fue cosechada desde 5 000 años antes de Cristo. Los griegos, romanos y egipcios antiguos usaban la linaza como un alimento.

Como fibra textil, el lino comenzó a cultivarse hace unos 5 000 años, tuvo mucha importancia dentro del imperio Egipcio, ya que las momias eran enterradas con telas de lino. Posteriormente, los romanos extendieron su cultivo a lo largo de todo su imperio.

Los términos “linaza” y “semilla de lino” generalmente se utilizan como substitutos; sin embargo, los norteamericanos utilizan el término “linaza” cuando el producto se utiliza para alimento humano, y el término “semilla de lino” cuando el producto se utiliza para propósitos industriales, como el piso de linóleo. En Europa, el término “semilla de linaza” identifica aquellas variedades que se utilizan para fabricar lino.

2.2. Descripción

La semilla del lino o linaza, con nombre científico (*Linum usitatissimum L.*), proviene de una planta herbácea llamada lino, la cual tiene un tallo cilíndrico de hasta 1 m de altura, hojas lanceoladas, flores solitarias de color azul o blanco

que aparecen en posición terminal y frutos en forma de cápsula. Es de la familia de las lináceas, su tallo se utiliza para confeccionar tela y su semilla llamada linaza se utiliza para extraer harina (harina de linaza) y aceite (aceite de linaza).

2.3. Morfología

La planta del lino es considerada como una hierba debido a la forma particular de su tallo, que no es leñoso. A continuación se describen otras características de sus órganos:

2.3.1. Flores

Flores azul-morado o blancas, pétalos delgados, cadis de 5 foliolos, 5 pétalos unguiculados, estambres unidos en la base y 5 estilos. La figura 1 ilustra una flor de color azul-morado con las características descritas con anterioridad:

Figura 1. **Flor de lino**



Fuente: *Cómo bajar de peso ya*. www.comobajardepesoya.com.
Consulta: 13 de marzo del 2012.

2.3.2. Fruto o semilla

Los frutos son capsulares, secos y redondos, 7-9 mm, divididos en 5 cámaras, en cada una dos semillas parduzcas y brillantes separadas por un tabique. La semilla de linaza es plana y ovalada, con un borde puntiagudo, es de color marrón o dorado. Este se determina a través de la cantidad de pigmento en la cubierta exterior de la semilla, entre más pigmentación más oscura es la semilla. El color de la semilla se modifica fácilmente a través de técnicas simples de cultivo. La figura 2 ilustra la forma de las semillas de lino:

Figura 2. **Semillas de lino**



Fuente: *Buena salud*. www.buenasalud.net. Consulta: 13 de marzo del 2012.

2.3.3. Tallo principal

Planta herbácea anual, se caracteriza por su alto y frágil tallo, erguido y delgado, casi siempre ramificado en su parte superior, tiene hojas oblongas, lanceoladas, alternas, sésiles, simples y enteras.

2.4. Hábitat

La planta es muy poco cultivada en Guatemala pero mayormente cultivada en otras regiones del mundo.

“Nativa de Asia, cultivada extensivamente en Europa y Norte América. Se ha aclimatado a Sur América y Centro América, donde se cultiva en pequeña escala, crece fácilmente a partir de semillas. Se cultiva en el Altiplano central de Guatemala y en las Verapaces.”²

2.5. Agricultura

Crece mejor en suelo ligero, bien drenado, pleno sol, es fácil de propagar la semilla. Se siembra directamente en terreno trabajado, las raíces son muy delgadas.

No fertilizar hasta que la planta esté bien desarrollada; la atacan grillos y algunos gusanos. La fibra y las semillas se colectan juntas al inicio de la floración, se dejan madurar en el tallo y luego secar al sol. Se almacenan en recipientes herméticos, ya que las semillas son susceptibles a la humedad.³

2.5.1. Clima y suelo

Cuando se cultiva el lino para fibra, la calidad de esta viene determinada, en parte, por la variedad y principalmente por el clima, la humedad y templanza del ambiente, de luz suave, unidas a una siembra espesa; aumentan la longitud

² CÁCERES, Armando, et al. *Plantas de uso medicinal en Guatemala. Guatemala Editorial Universitaria, USAC, 1996. p. 402*

³ *Ibídem.*

y desarrollan las bellas características de uniformidad, resistencia y elasticidad de las fibras.

Por el contrario, un ambiente seco, un cielo siempre despejado y las alternativas de calor y frío, dan fibras cortas, bastas y quebradizas, con mayor proporción de estopa y, por tanto, de menor valor.

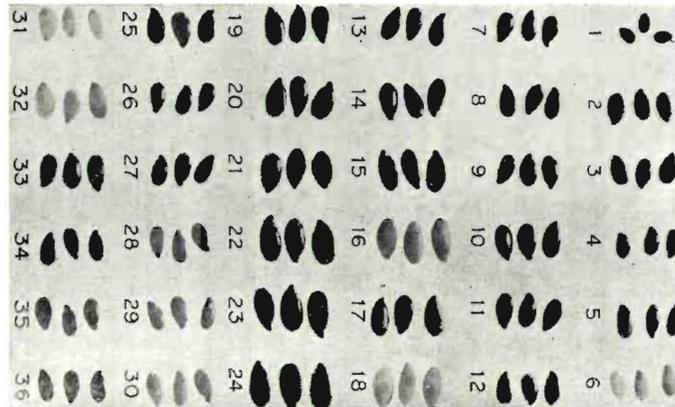
El cultivo actual de linaza, cuya extensión es incomparablemente mayor, puede encontrarse en todos los climas y zonas, con la única diferencia de sembrarse en primavera en climas muy fríos y constituir una siembra de otoño en los templados y cálidos. Como quiera que sea, el lino cultivado con esta finalidad soporta, una vez nacido, mejor que otras plantas, temperaturas de cuatro y seis grados bajo cero, pero no resiste las heladas en la época de floración.

2.5.2. Variedad de semillas apropiadas a la producción de linaza

Las especies vegetales originarias de las plantas cultivadas, cuando se desarrollan espontáneamente, necesitan de ciertos medios naturales para su multiplicación, así mismo, las semillas de lino necesitan de varias características de su hábitat para desarrollar sus distintas variedades de tamaño y de tonalidades de color, que llegan desde amarillo claro, dorado o verdoso, hasta el pardo oscuro.

El color de la semilla se determina a través de la cantidad de pigmento en la cubierta exterior de la semilla; entre más pigmentación, más oscura es la semilla. En la figura 3 se muestran las diversas formas que pueden tener dichas semillas, dependiendo de la región en donde fueron cultivadas.

Figura 3. Tipos de semillas



Fuente: *Buena salud*. www.buenasalud.net. Consulta: 13 de marzo del 2012.

La semilla de linaza de color café es rica en ácido alfa-linolénico (AAL), el cual es un ácido graso omega-3, es la semilla de linaza que más comúnmente se produce en Canadá. La semilla de linaza de color amarillo puede ser de dos tipos: el primer tipo, es una variedad desarrollada en los EE.UU. denominada Omega, la cual es tan rica en AAL como la linaza café, el segundo tipo es una variedad de linaza totalmente diferente denominada solin, la cual es baja en AAL.⁴

2.6. Composición química de la semilla

Las semillas contienen aleurona, edestina, ácidos grasos (30 – 40 %) como glicéridos de ácidos linoleicos (60 %), linoleico (20 %), esteárico (8 %) y oleico (12 %), globulina, lecitina, lipasa, proteasa, taninos, ácido clorogénico y amino ácidos (ácido aspártico y glutámico, serina, treonina, glutamina, valina, prolina, asparagina, lisina, alamina, leucina); β -sitosterol, nicotinamida, neolinustatina, linustatina y linusitamarina; se obtiene de 20 -40 % de aceite que contienen

⁴ Consejo Canadiense de la Linaza; et al. *Linaza-Un producto premier de la salud y nutrición*. Canadá: Consejo canadiense de la linaza, 2015. p. 13.

glucósidos cianogénicos, linamarina, sustancias albuminoides, azúcares, almidón, goma, ácidos galacturónico y manurónico.⁵

2.6.1. Ácidos grasos

“Históricamente, la linaza ha sido valorada por su abundancia de grasas, la cual provee una mezcla única de ácidos grasos. Los ácidos grasos son componentes orgánicos que se encuentran en prácticamente todos los alimentos.”⁶ La Linaza contiene una mezcla de ácidos grasos, rica en ácidos grasos poliinsaturados, particularmente en ácido alfa-linolénico (AAL o ALN como se abrevia algunas veces), el cual es el ácido graso esencial omega-3 y el ácido linoléico (AL), el cual es el ácido graso esencial omega-6. Estos dos ácidos grasos poliinsaturados son esenciales para los humanos, es decir, deben ser obtenidos de las grasas y aceites de los alimentos debido a que el cuerpo no los produce.

2.6.2. Carbohidratos

La linaza es baja en carbohidratos (azúcares y almidones), suministrando únicamente 1 g por cada 100 g. Por esta razón, la linaza contribuye poco a la ingestión total de carbohidratos.

2.6.3. Fibra dietética

La fibra se presenta como estructura material en las paredes celulares de las plantas y tiene importantes beneficios para la salud de los humanos. Existen dos tipos principales de fibras:

⁵ CÁCERES, Armando, et al. *Plantas de uso medicinal en Guatemala. Guatemala Editorial Universitaria, USAC, 1996. p. 402*

⁶ *Ibíd.*

2.6.3.1. Fibra dietética insoluble

Consiste en carbohidratos vegetales no digeribles y otros materiales que se encuentran intactos en las plantas. Las semillas enteras de linaza y la linaza molida son fuentes de fibra dietética.

2.6.3.2. Fibra funcional o soluble

Consiste en carbohidratos no digeribles que han sido extraídos de las plantas, purificados y agregados a los alimentos y otros productos. Los mucílagos extraídos de las semillas de linaza y agregados a los laxantes o jarabes para la tos son una fibra funcional.

2.6.3.3. Fibra total

Es igual a la suma de la fibra insoluble y la fibra funcional o soluble. “La fibra total representa alrededor del 28 % del peso de las semillas de linaza sin desgrasar”⁷. Las mayores fracciones de fibra en la linaza son:

2.6.3.4. La celulosa

Es la parte insoluble de la fibra dietética, principal estructura material en las paredes celulares de las plantas.

⁷ Consejo Canadiense de la Linaza, *La Linaza-antiguo grano rico en beneficios para la salud y la cocina*, p. 6

2.6.3.5. Los mucílagos

Tipo de polisacárido que se torna viscoso una vez que se mezcla con agua u otros fluidos. El mucílago de la linaza consiste en tres distintos tipos de arabinoxilanos que forman grandes agregaciones en solución y contribuyen a sus cualidades de gel.

Los mucilagos son polisacáridos heterogéneos, formados por diferentes azúcares y en general llevan ácidos urónicos, se caracterizan por formar disoluciones coloidales viscosas y geles en agua. La diferencia entre goma y mucílago es difícil y se suele equiparar todo con gomas. Actualmente se considera que la diferencia está en que los mucílagos son constituyentes normales de las plantas, mientras que las gomas son productos que se forman en determinadas circunstancias, mediante la destrucción de membranas celulares y la exudación. Las gomas más importantes están en la familia de las leguminosas. Mientras los mucílagos están en plantas inferiores, en plantas superiores (plantaginaceas, tiliaceas, linaceas) y en órganos (raíz de altea, hoja de malva, flor de la violeta, semillas de lino).

2.6.3.6. La lignina

Una fibra altamente ramificada que se encuentra dentro de las paredes celulares de plantas leñosas. Las ligninas están relacionadas con un componente similar denominado lignanos, ambos son partes de las paredes celulares de las plantas y están asociados con los carbohidratos de las paredes celulares. Las ligninas contribuyen a la fuerza y rigidez de las paredes celulares, los lignanos son fitoquímicos, cuyo papel en la nutrición humana, particularmente en la prevención del cáncer, es estudiado activamente.

2.7. Usos de la linaza

La infusión o maceración de semillas en agua se usa para tratar afecciones gastrointestinales (colitis, disentería, estreñimiento, gastritis, inflamación, hemorragias y úlcera), genitourinarias (cistitis, gonorrea, inflamación e infección urinaria, nefritis) y respiratorias (amigdalitis, faringitis, neumonía resfrío, tos).⁸

“Tópicamente las semillas se usan machacadas en cataplasma para la inflamación gástrica y enfermedades urinarias (ardor al orinar, nefritis, cistitis, blenorragia).⁹ También como emplasto y unguento en gota, reumatismo, afecciones dérmicas (abscesos, carbunco, eczema, escaldaduras, herpes, llagas, quemaduras, raspones úlceras).

“El aceite se usa para el tratamiento de hemorroides, eczema, artritis y arteoesclerosi”.¹⁰ El aceite se usa con agua de cal o con partes iguales de jugo de limón para formar un linimento. Posee propiedad purgante y es poco atacado por el jugo gástrico. El aceite también es usado en la industria de barnices, pinturas, curtiembre y esmaltado. La harina se usa en cataplasmas, que se aplican calientes sobre las contusiones e inflamaciones, del tallo se fabrica un hilo de lino fino de gran valor por su tensilidad, tordilidad y posibilidades de blanqueo.

Con el consumo regular de semillas de linaza, la piel se vuelve más suave y aterciopelada, pues es útil para la piel seca y piel sensible a los rayos del sol y

⁸ MARTÍNEZ, Maximinio; et al. *Plantas medicinales de México*. México: Ediciones Botas, 1992 p. 93.

⁹ STANDLEY, Paul C.; STEYERMARK, Julián A.; et al. *Flora of Guatemala*. USA: Chicago Natural Museum, 1946 p. 324.

¹⁰ STANDLEY, op. cit p. 95

es ideal para problemas en la piel, tales como: psoriasis y eczema. Se recomienda también como mascarilla facial para una limpieza profunda del cutis, el paño, manchas, acné, espinillas, entre otros. Es excelente para la calvicie, también es útil en tratamiento de la caspa y como gel para fijar y nutrir el cabello.

2.8. Métodos de extracción sólido-líquido

La lixiviación, o extracción sólido-líquido, es un proceso en el que un disolvente líquido pasa a través de un sólido pulverizado para que se produzca la elución de uno o más de los componentes solubles del sólido. Es un proceso por el cual se extrae uno o varios solutos de un sólido, mediante la utilización de un disolvente líquido. Ambas fases entran en contacto íntimo y el soluto o los solutos pueden difundirse desde el sólido a la fase líquida, lo que produce una separación de los componentes originales del sólido.

Industrialmente la lixiviación se utiliza para preparar pociones, para ello se toma la droga (generalmente una planta medicinal o semillas), se pulveriza y se mezcla con el menstruo (alcohol o agua), se coloca en un lixivador y se deja macerando el tiempo requerido.

También se le puede decir lixiviación al tratamiento de los minerales concentrados y otros materiales que contienen metales. La lixiviación se efectúa por medio de un proceso húmedo con ácido que disuelve los minerales solubles y los recupera en una solución cargada de lixiviación. Es de uso práctico en la minería mediante la cianuración del oro y otros minerales.

2.8.1. Clasificación de los métodos de extracción sólido-líquido

El proceso de extracción sólido- líquido varía en función de la escala de producción, de la naturaleza y calidad de la materia prima, así como de la naturaleza del solvente. Se clasifican en:

- Métodos que proporcionan equilibrio entre la concentración del soluto y el residuo:
 - Lixiviación
 - Maceración estática
 - Maceración dinámica

- Método donde la materia prima se agota completamente:
 - Percolación
 - Repercolación
 - Extracción en contracorriente
 - Extracción Soxhlet

2.8.1.1. Percolación

La percolación consiste en hacer pasar el solvente a través de la materia prima, hasta su extracción exhaustiva completa. La percolación simple comprende la extracción exhaustiva de la materia prima con el solvente siempre renovado o con el solvente ya utilizado, como en el caso de la repercolación. En pequeña escala, este método se realiza en aparatos denominados percoladores

de cuerpo cilíndrico o cónico, provistos de un grifo en la parte inferior, para regular el flujo del solvente.

2.8.1.2. Extracción Soxhlet

Este es un método de extracción sólido-líquido que hace uso del extractor Soxhlet. Este extractor consta de cuatro partes o unidades principales, siendo estas: condensador, unidad de extracción, matraz y dedal; adicionalmente se necesitan mangueras y plancha de calentamiento.

Para realizar una extracción Soxhlet se coloca una cantidad de materia prima seca en el dedal de celulosa, seguidamente se deposita en la unidad de extracción y se adapta al matraz que contiene el solvente que separará las fracciones solubles. Cuando este solvente llegue a su punto de ebullición, formará vapor que ascenderá por la pared interna del extractor, acto seguido se condensa y cae al dedal que contiene el material vegetal, luego, por efecto de sifón, el extracto cae hacia el balón que contiene al solvente formando un ciclo, y se repite el proceso de ciclo en ciclo hasta agotar el material vegetal.

2.8.1.3. Maceración

El proceso de maceración consiste en poner en contacto la materia prima y el solvente, durante cierto tiempo. Se trata de un proceso que da como resultado un equilibrio de concentración entre la materia prima y el solvente. Depende de factores que están unidos a la materia prima, como por ejemplo: naturaleza, el tamaño de partícula, contenido de humedad y relación materia prima/solvente y factores que están relacionados con el solvente, como por ejemplo, la selectividad y la cantidad.

El rendimiento del extracto disminuye cuando la relación materia prima/solvente aumenta. El hinchamiento de la materia prima es factor importante, porque aumenta la permeabilidad de la pared celular y la difusión del solvente. Existen 2 tipos de maceración: el proceso clásico de maceración estática, que consiste en dejar la materia prima en contacto con el solvente durante varios días, con agitación ocasional y es sumamente lento; y la maceración dinámica, para abreviar el tiempo de operación. En este la materia prima y el solvente deben mantenerse en movimiento constante. Tanto la maceración estática como la maceración dinámica pueden ser ejecutadas a una temperatura ambiente o a temperaturas más elevadas.

2.9. Preparación del sólido

Para preparar adecuadamente los materiales a los que se les extraerán los componentes de importancia es necesario tomar en cuenta el método que se utilizará, el tipo de material que se usará y la existencia de materiales orgánicos o inorgánicos dentro de la muestra, entre otras cosas.

2.9.1. Materiales orgánicos e inorgánicos

El método de preparación del sólido depende en alto grado de la proporción del constituyente soluble presente, de su distribución en el material sólido original, de la naturaleza del sólido, que puede estar constituido por células vegetales o el material soluble estar totalmente rodeado por una matriz de materia insoluble, y del tamaño de partícula original.

2.9.2. Material soluble rodeado de material insoluble

Si la materia soluble está rodeada de una matriz de materia insoluble, el disolvente se debe difundir hacia el interior para ponerse en contacto y disolver el material soluble, y después difundirse hacia afuera. Esto ocurre en muchos procesos hidrometalúrgicos en los que se lixivian sales metálicas de minerales metálicos. En estos casos se procede a una trituración y molienda previa de los materiales para aumentar la velocidad de lixiviación, pues de esta manera las porciones solubles quedan más accesibles a la acción del disolvente.

2.9.2.1. Sustancia soluble

Si la sustancia soluble está en solución sólida o ampliamente distribuida en la totalidad del sólido, la acción de lixiviación del disolvente forma canales pequeños, esto hace que el paso de disolvente adicional resulte más fácil, por lo cual se puede prescindir de la molienda a tamaños muy pequeños. La molienda de las partículas es innecesaria cuando el material soluble está disuelto en una solución adherida al sólido, entonces se puede emplear un simple lavado similar al de precipitados químicos.

2.9.2.2. Materiales biológicos

Los materiales biológicos tienen estructura celular y los constituyentes solubles suelen estar dentro de las células. En ocasiones, la velocidad de lixiviación es bastante baja, debido a que las paredes celulares forman una resistencia adicional a la difusión. No obstante, es poco práctico moler los materiales biológicos a tamaño suficientemente pequeño para exponer el contenido de las células individuales. Las remolachas de azúcar se cortan en rebanadas delgadas cuneiformes para que durante la lixiviación sea más

pequeña la distancia necesaria para que el disolvente acuoso se difunda y llegue a las células individuales.

2.9.3. Velocidad de lixiviación

La velocidad de difusión del soluto a través del sólido y la del disolvente hasta la superficie del sólido suelen ser la resistencia que controla el proceso global de lixiviación y dependen de diversos factores. Si el sólido está constituido por una estructura inerte porosa, con el soluto y el disolvente localizados en los poros del sólido, la difusión a través del sólido poroso se puede describir como una difusividad efectiva. Se requieren entonces la fracción de espacios huecos y la sinuosidad. En sustancias biológicas o naturales hay complejidades adicionales debido a la presencia de células. La velocidad de transporte de disolvente en la masa que se va a lixiviar o de la fracción soluble en el disolvente o de la solución de extracto del material insoluble, o alguna combinación de esas velocidades, pueden ser importantes. Es posible que exista una resistencia externa como una reacción química que pueda afectar a la velocidad de la lixiviación.

2.9.4. Naturaleza del disolvente

La selección del disolvente pretende que sea capaz de disolver rápidamente todos los principios y la menor cantidad de materia inerte. Esta propiedad está dada de acuerdo a la constante dieléctrica del solvente, punto de ebullición bajo y uniforme que permita eliminarlo rápidamente, pero evitando pérdidas por evaporación, no soluble en agua, químicamente inerte, para no reaccionar con los componentes de los aceites, no inflamable y barato. Los disolventes utilizados en procesos de lixiviación pueden ser principalmente fluidos incompresibles, compresibles o supercríticos.

2.9.4.1. Fluidos incompresibles

Aquellos fluidos en los que las variaciones de volumen son insignificantes a medida que aumenta la presión. Este tipo de fluidos son los más utilizados, los cuales a su vez pueden ser: disolventes polares (agua, acetona, etanol, entre otros); disolventes no polares tales como (hexano, benceno, heptano, entre otros).

2.9.4.2. Fluidos compresibles

Aquellos fluidos en los cuales, al variar la presión, su volumen también varía notablemente. En general todos los fluidos son compresibles cuando llegan a determinada velocidad, la cual debe ser cercana a la velocidad del sonido.

2.9.4.3. Fluidos supercríticos

Se encuentran en condiciones de presión y temperatura superiores a su punto crítico, por lo que poseen propiedades intermedias entre líquidos y gases. La propiedad más importante que presentan es su elevado poder disolvente en estado supercrítico.

2.9.5. Relación sólido/líquido

Al variar la proporción existente entre el sólido y el disolvente, pueden observarse cambios significativos en la eficiencia de lixiviación, pues esta dependerá de la solubilidad del soluto y la acción del disolvente durante la transferencia de masa. La proporción sólido/líquido incide en el área de

contacto, la cual también es importante para el proceso de difusión. En esta investigación se tomará una relación sólido- líquido 1:10.

2.9.6. Factores que influyen en la eficiencia de lixiviación

La lixiviación depende de factores que pueden ser medidos y controlados. Es fundamental conocerlos para garantizar el éxito de las disoluciones deseadas.

2.9.6.1. Temperatura

La disolución de las sustancias extraíbles es facilitada por el aumento de la temperatura; de la misma manera que la agitación, la temperatura contribuye al desplazamiento de la constante de equilibrio de saturación y aumenta la eficiencia del proceso. Sin embargo, muchos principios activos son termolábiles y pueden ser destruidos, total o parcialmente, a temperaturas elevadas. El aumento de la temperatura también puede causar la pérdida de sustancias volátiles, como por ejemplo, los componentes de aceites esenciales.

2.9.6.2. Agitación

La eficiencia del proceso extractivo es función del equilibrio de saturación del solvente. La agitación hace que nuevas cantidades de solvente, pobre en las sustancias extraíbles, entren en contacto con el sólido y un nuevo punto de equilibrio de saturación sea alcanzado.

“La transferencia de masa asegura una mezcla adecuada cuando corresponde a una cantidad de rpm adecuada, ya que si es demasiado alta también puede ocasionar problemas como salpicaduras que ocasionen la

acumulación de residuos en las paredes del recipiente; la agitación da una mayor eficiencia en la extracción debido a que disminuye la película de fluido que cubre la superficie del sólido en reposo y que actúa como una resistencia a la difusión”¹¹

2.9.6.3. El pH

El pH influye en la solubilidad de diversos compuestos, ya que permite la posibilidad de formación de sales. La obtención de alcaloides constituye un ejemplo clásico de la influencia del pH en el proceso de extracción.

2.9.6.4. El tiempo de extracción

“El tiempo de extracción depende principalmente del tamaño de la partícula y de la influencia de factores de transferencia de masa y de operación.”¹¹ Esta variable es resultante de todos los factores mencionados previamente, el tiempo de extracción debe ser suficiente para permitir la separación de los compuestos de interés, aunque se debe prestar atención para que no sea excesivo. Prolongar el tiempo de extracción más allá del estrictamente necesario no influye en el proceso negativamente, pero sí influye en los costos del consumo de energía y de mano de obra no necesaria, lo que acarrea un encarecimiento del proceso industrial.

¹¹ MONTENEGRO, Claudia Beatriz; et al. *Estudio experimental de la operación unitaria de separación sólido-líquida a nivel laboratorio, mediante la evaluación de diversos parámetros de interacción influyentes y de respuesta.* p. 96

2.9.6.5. Estado de división de materia

Teóricamente, la eficiencia del proceso extractivo sería mayor cuanto menor sea el tamaño de las partículas, ya que así se obtiene una mayor área de contacto con el solvente. En la práctica, la presencia de partículas muy finas dificulta los procesos de percolación, pues se presenta compactación y formación de falsas vías en los procesos de maceración, en donde las partículas pasan al extracto, haciendo necesaria la realización de la etapa adicional de filtración, la cual no siempre es de fácil ejecución.

2.9.7. Materia prima

El proceso de obtención de la materia prima inicia desde la obtención en el medio de la misma, la recolección por medio de métodos tecnológicos o rudimentarios, el almacenamiento y transporte, hasta llegar a la clasificación de la materia prima en donde se inicia su transformación. A continuación se detallan los procesos por los que la semilla de lino es sometida.

2.9.7.1. Cultivo de la semilla

Cuando se cultiva el lino para fibra, la calidad de esta viene determinada, en parte, por la variedad y principalmente por el clima, la humedad y templanza del ambiente que, de luz suave, unida a una siembra espesa, aumenta la longitud y desarrolla las bellas características de uniformidad.

2.9.7.2. Recolección

Para cada planta medicinal existe un momento adecuado para realizar su recolección. La determinación de los principios activos permite establecer con

exactitud el tiempo correcto de la recolección. Sin embargo, para las plantas cuyos principios activos todavía no se conocen, pueden aplicarse algunas reglas generales.

Las plantas herbáceas y las hojas deben recolectarse cuando se inicia la floración; algunas plantas permiten más de un corte. A veces, cuando hay períodos secos y lluviosos muy definidos, la recolección de hojas se hace durante el período seco, lo que permite que la planta se regenere durante el período de lluvias.

2.9.7.3. Procesamiento postcosecha

El procesamiento post cosecha tiene como objetivo la conservación de las características físicas, químicas, organolépticas y farmacológicas de la droga vegetal. Un procesamiento postcosecha inadecuado da como resultado una materia prima de baja calidad, con pérdida de principios activos, así como un aumento de la carga microbiana y una pésima presentación comercial.

2.9.7.4. Almacenamiento

Por grandes que hayan sido los cuidados durante la recolección y el proceso de secado, las plantas pierden principios activos por degradación durante el almacenamiento. La conservación de la materia prima vegetal por períodos prolongados de tiempo depende de las condiciones de almacenamiento. Las condiciones apropiadas impiden que el producto tenga contacto con el sol, el polvo, los roedores, los insectos y otros factores de degradación, evitando la pérdida de principios volátiles.

El lugar en donde se va a realizar el almacenamiento debe ser limpio, sin incidencia de la luz solar directa. Los empaques que contienen las materias primas no deben colocarse directamente en el suelo, deben ser colocados en estantes.

2.9.7.5. Molienda

La molienda tiene como objetivo la disminución del tamaño de las partículas de la droga vegetal para adecuarla a la etapa siguiente del proceso de extracción. La extracción de una droga entera o dividida en fragmentos gruesos sería incompleta, por la pobre penetración del disolvente en el tejido vegetal, y sería igualmente muy lenta, una vez que las membranas celulares actúan como verdaderas barreras que dificultan el proceso de extracción.

2.9.7.6. Proceso de extracción de mucílago de linaza

El término extracción, desde el punto de vista farmacéutico, se refiere a la separación de porciones medicinales activas provenientes de tejidos vegetales o animales, selectivos. Los productos así obtenidos son líquidos relativamente impuros, semisólidos o sólidos, utilizados como elixires, extractos populares, extractos pulverizados o fluidos, jarabes, tinturas, decocciones e infusiones.

Para la extracción del mucílago se aplica el método de maceración dinámica, modificando la temperatura, velocidad de agitación, relación sólido líquido y tiempo de extracción, y recuperando el mucílago por filtración a través de un tamiz o por medio de filtración al vacío. Este proceso es bastante utilizado para las preparaciones en pequeña escala y a escala industrial; la maceración se limita a la fabricación de extractos a partir de materias primas vegetales ricas

en mucílagos. Las materias primas que contienen mucílagos se hinchan, de manera tal que pueden aumentar hasta en 4 veces su volumen original y dificultan el paso del solvente.

2.9.7.7. Concentración del extracto

Se pueden clasificar los extractos según la concentración de principio activo según su consistencia:

2.9.7.7.1. Extractos fluidos

Concentración de principio activo similar a la concentración de principio activo en la droga original. Consistencia líquida.

2.9.7.7.2. Extractos blandos

Concentración de principio activo superior a la de la droga original. Consistencia semisólida.

2.9.7.7.3. Extractos secos

Se obtienen por evaporación total del solvente y tienen una consistencia sólida.

2.9.7.8. Monitoreo del proceso

Existen diferentes parámetros que pueden medirse continuamente, entre estos están:

2.9.7.8.1. Densidad

Por medio del cambio en la densidad de la solución puede observarse el avance de la extracción, puesto que conforme transcurre el tiempo, la solución deberá volverse cada vez más densa debido a la presencia de más soluto extraíble.

2.9.7.8.2. Pérdida de peso del sólido

El sólido perderá peso debido al proceso de extracción de solutos a partir del mismo, por ello puede pesarse el sólido al inicio y al final del proceso completo, para determinar la cantidad extraída de solutos por medio de diferencia.

2.9.7.8.3. pH

Los mucílagos se disuelven dando disoluciones viscosas por hidrólisis. Pierden con facilidad algunos monosacáridos que llevan, pero queda siempre un núcleo más resistente que requiere de enzimas más enérgicas. El monitoreo del pH indica la forma en que se está llevando a cabo el proceso de extracción, ya que la solución extractora, conforme ocurre el proceso de extracción, puede irse acidificando, neutralizando, o bien alcalinizando, dependiendo del tipo de soluto que se está extrayendo y de la reacción que se lleve a cabo entre este y el disolvente.

2.9.7.8.4. Viscosidad

En un proceso de lixiviación, al igual que la densidad, la viscosidad de la solución aumenta con el tiempo debido a la presencia de mayor cantidad de

soluto extraíble y, ya que el extracto acuoso de linaza se obtiene en forma de gel, es indispensable determinar la viscosidad final del extracto, ya que es un parámetro que indicará la consistencia de gel que se va a formular, para evaluar si es necesario agregar un agente estabilizante que mejore la apariencia del producto.

2.9.7.8.5. Color

El color de la solución varía conforme ocurre la lixiviación, ya que conforme aumenta el tiempo de lixiviación se extraen más sólidos solubles que hacen que la solución se torne más coloreada.

2.9.8. Análisis del extracto acuoso

Se denominan así a los ensayos que se realizan sobre la droga entera, pulverizada o extractos de la planta. Servirán para detectar características del extracto, por medio de ensayos cuantitativos y cualitativos. Así mismo, se emplean análisis fitoquímicos con el propósito de conocer las propiedades de la semilla.

Los ensayos cuantitativos sirven para conocer propiedades o composiciones posibles de medir y monitorear en determinados períodos de tiempo. El análisis fitoquímico tiene por objetivo aislar, analizar y purificar la actividad biológica de las sustancias contenidas por la droga, es decir, se pretende conocer los componentes activos de la semilla de lino.

2.9.8.1. Ensayos cuantitativos

Estos ensayos permitirán determinar la cantidad existente de los componentes en las muestras, así como otras características físicas que puedan ser medidas y determinadas. Dentro de ellos, a continuación se mencionarán los que servirán más a la investigación.

2.9.8.1.1. Humedad

Se entiende por humedad el agua libre que contiene el material vegetal. Para una buena conservación ha de ser inferior al 10 %, para evitar los procesos enzimáticos y para expresar la valoración de los principios activos referidos a materia seca. Existen varios métodos para la determinación de la humedad.

2.9.8.1.2. Determinación de cenizas

Representan el contenido en sales minerales o en materia inorgánica de la droga. En condiciones rigurosas es constante y permite descubrir falsificaciones por otras drogas, tierras u otros minerales. Las cenizas dan una idea del contenido en materia mineral de la planta, que suele ser alrededor del 5 %. Su determinación es importante porque la materia mineral puede ser responsable de alguna acción farmacológica (por ejemplo, las sales de potasio son responsables de la acción diurética del equiseto, diente de león y ortosifón). También, si su contenido es elevado, puede ser indicador de contaminación por adición de materia mineral o tierra, especialmente en raíces.

2.9.8.1.3. Contaminación microbiológica

Por lo general, la planta se contamina al ser recolectada, disminuyendo la tasa en el proceso de secado. Sin embargo, los procesos de manipulación de la planta (trituration, embalaje, almacenamiento, entre otros) pueden aportar una contaminación suplementaria. Salvo excepciones, se permiten un máximo de 106 bacterias y 105 levaduras por gramo.

2.9.8.1.4. Índice de hinchamiento

Aplicable a drogas con mucílagos. Se define como el volumen en mililitros ocupado por 1 gramo de droga y mucílago después de su hinchamiento tras permanecer en contacto con un líquido acuoso. Por ejemplo, para el agar es > 15, para la semilla de lino > 4 si es droga entera y > 4,5 si es en polvo.

2.9.8.1.5. Índice de refracción

Viene dado por la relación entre la velocidad de la luz en el aire y en la sustancia de ensayo. Para su determinación se emplea el refractómetro de Abbe. Es un valor útil para establecer la pureza de los aceites esenciales, cuyos valores figuran en muchas de las farmacopeas.

2.9.8.2. Análisis fitoquímico

Los fitoquímicos son componentes naturales de las plantas que no son nutrientes esenciales para la vida a corto plazo, pero que sí aportan beneficios para la salud. El análisis fitoquímico ayuda a identificar esas sustancias que producen las plantas como parte de su metabolismo secundario.

La cromatografía se usa en el análisis fitoquímico, ya que se basa en la separación de las sustancias presentes en una mezcla compleja al poner esta en contacto con una fase móvil (líquido o gas) y otra estacionaria (sólida o líquida) que permanece fija. Los tres tipos más comunes son la cromatografía en capa fina (CCF), cromatografía de gases (CGL) y la de líquidos (HPLC).

Por medio de métodos espectrofotométricos se pueden rectificar los resultados cromatográficos, ya que muchos principios activos se pueden caracterizar químicamente a partir de los datos de cromatografía de gases y los espectros de masas, pero cuando existen dudas de tal caracterización, se recurre a los métodos espectrales como Infrarrojo, Ultravioleta y Resonancia Magnética Nuclear.

2.9.8.2.1. Cromatografía de gases

La cromatografía de gases o cromatografía gas-líquido (CGL) se emplea para sustancias volátiles o volatilizables, como son los aceites esenciales. Se emplea como fase móvil un gas, y como fase estacionaria un líquido contenido en una columna capilar, de diámetro muy pequeño y varios metros de longitud, que va enrollada en el interior del cromatógrafo. Se trabaja a alta temperatura, para que los componentes de la mezcla se mantengan volatizados.

Es la técnica más selectiva y la recomendada por la Farmacopea Europea como el método estándar para el análisis de los mismos. Permite separar e identificar aceites esenciales, alcanfor, ácidos vegetales, algunos alcaloides como los del opio y tabaco, resinas de *cannabis*, y compuestos esteroideos como sapogeninas y heterósidos cardiotónicos.

Es un método a la vez cuantitativo y cualitativo. Esta técnica, acoplada con Espectrometría de Masas (GC-MS), permite obtener el espectro de masas de cada componente, con el cual se obtiene el peso molecular e información estructural. Existen bases de datos con los espectros de masas de muchos componentes, recientemente se han desarrollado columnas cromatográficas quirales para la separación de componentes ópticamente activos.

2.9.8.2.2. Cromatografía de capa fina

Se emplea en controles de todo tipo de productos naturales, habiéndose establecido como método analítico muy importante en las farmacopeas modernas. Permite identificar de forma rápida y con bajo costo los componentes presentes en un determinado material vegetal. También se puede emplear como método semicuantitativo.

2.9.8.2.3. Cromatografía líquida de alta resolución

HPLC son las siglas en inglés de High Pressure Liquid Chromatography. Esta técnica permite separar e identificar moléculas de estructura química muy similar, incluso isómeros. Se aplica a compuestos no volátiles como heterósidos, alcaloides, lípidos, esteroides, glúcidos, flavonoides, y a sustancias termolábiles, como las proteínas y vitaminas.

Tanto la fase móvil como la estacionaria son líquidas, de distinta polaridad, de modo que la separación de las sustancias ocurre con base en este parámetro. Se trabaja a temperatura ambiente, pero se bombean las fases móviles a presión. El resultado en ambos casos (CGL y HPLC) es un

cromatograma, que muestra los compuestos separados y el área del pico de cada uno de ellos, que es proporcional a su concentración.

2.9.8.2.4. Espectro infrarrojo

El espectro infrarrojo permite detectar la presencia de grupos hidroxilo, carbonilo, anillos aromáticos, enlaces dobles C=C, entre otros. Para determinar el espectro basta con colocar una gota del componente en una celda de NaCl e introducirla en el espectrofotómetro. El Espectro IR de una molécula es como su “DNI”, característico de ella solamente, y se puede comparar con una base de datos de espectros.

2.9.8.2.5. Espectro ultravioleta

El espectro UV permite el reconocimiento de grupos funcionales y grupos cromóforos (grupos químicos capaces de absorber en UV). Por ejemplo, el limoneno presenta un máximo de absorción en 262 nm. En general, la espectrofotometría ultravioleta tiene una utilidad limitada en el estudio de la gran mayoría de los aceites esenciales terpénicos, ya que pocos terpenos tienen grupos cromóforos. Sin embargo, en la fracción no volátil de los aceites esenciales cítricos se encuentran componentes carotenoides o con núcleos heterocíclicos oxigenados (cumarinas, furocumarinas sustituidas y polimetoxiflavonas), lo que da a estas esencias un comportamiento característico en el UV. Esta particularidad se ha utilizado para la puesta a punto de métodos que permiten evaluar la calidad y la genuinidad, identificar el origen geográfico de una muestra, la tecnología empleada para su extracción o la época de producción del aceite.

2.9.8.2.6. Espectrometría de masas

En relación con el estudio de aceites esenciales, el acoplamiento de la cromatografía de gases (CGL) a la Espectrometría de Masa (GC-MS) es el que ha recibido mayor atención desde su introducción. La técnica acoplada GC-MS permite obtener el espectro de masas de cada componente separado por CGL. Se obtiene el dato de su peso molecular e información estructural. Existen bases de datos con los espectros de masas para la identificación química de muchos de los componentes de un aceite esencial u otros tipos de sustancias.

2.9.8.2.7. Análisis proximal

Se aplica, en primer lugar, a los materiales que se usarán para formular una dieta como fuente de proteína o de energía y a los alimentos terminados, como un control para verificar que cumplan con las especificaciones o requerimientos establecidos durante la formulación. Estos análisis nos indicarán el contenido de humedad, proteína cruda (nitrógeno total), fibra cruda, lípidos crudos, ceniza y extracto libre de nitrógeno en la muestra.

2.10. Tipos de fijadores

Dependiendo del tipo de fijador, las sustancias activas varían, así como las características del cosmético.

2.10.1. Brillantinas

Se puede decir que son los fijadores más antiguos que existen, son cosméticos que presentan como sustancias activas compuestos grasos,

principalmente aceites minerales. Estas sustancias aplicadas sobre el cabello dan el aspecto de estar mojado. Se pueden presentar con distintas consistencias: líquidas, sólidas o semisólidas. Para ello se utilizan espesantes. Como aditivos se incorporan perfumes y colorantes. Estos colorantes pueden tener la función de colorear el cabello con tonos de fantasía.

2.10.2. Gominas

Las sustancias activas son gomas que poseen muy buenas propiedades fijadoras, pero tienen el inconveniente que dejan el pelo áspero y rígido al tacto. No forman películas flexibles y tienden a quebrarse y formar escamas poco estéticas; al igual que las brillantinas, mantienen el cabello con aspecto de estar mojado.

2.10.3. Ceras

Están compuestos de ceras (animales o vegetales) y sustancias grasas, son buenos fijadores, especialmente indicados para mechas aisladas.

2.10.4. Geles

Gel se define como un sistema coloidal donde la fase continua es sólida y la fase dispersa se encuentra en estado líquido. Los geles tienen la capacidad de pasar de un estado a otro, por ejemplo al agitarse, pues su estructura cambia a fluidos y al permanecer en reposo su consistencia es sólida. A esta característica se le denomina tixotropía.

Es un sólido elástico, envuelve y atrapa el agua en una red tridimensional que se forma por las mismas partículas en suspensión. Al ser considerado

fijador se define como solución en agua y alcohol de alguna sustancia untuosa (no grasa) a la que se añade un espesante. También conocido por marcas comerciales como gomina, glostora, entre otros.

2.11. El cabello

El cabello es una continuación de la piel formada por queratina. La unión de las células del cabello siempre será unas con otras dando como resultado una queratina más dura, constituida por raíz y tallo, que se forman en el folículo de la dermis.

2.11.1. Estructura biológica

El cabello es una estructura filamentosa implantada en una cavidad de la epidermis denominada folículo piloso. El cabello se puede apreciar en dos partes:

- Raíz: es la parte interna del folículo, se separa de la papila del pelo y este se cae. Antes de que se desprenda, se inicia la formación de un nuevo cabello en la base del folículo.
- Tallo: es la parte externa y visible, está constituido por células queratinizadas y desvitalizadas. Al cortarlo de forma transversal se aprecia que lo forman tres zonas:
 - Cutícula exterior: envoltura de células aplanadas, queratinizadas y sin pigmentos. Se colocan una sobre otra en forma de tejado en dirección hacia la punta del pelo. El número de estratos celulares

o capaces en esta zona puede ser de dos a diez, dependiendo del grosor del pelo.

- Médula central: puede ser continua o discontinua dependiendo el tamaño del folículo, está constituida por una o más capas de células, lo que hace que no aparezca en todos los cabellos. Puede tener pigmentos o no, poco queratinizados y unidos entre sí.
- Corteza: es la mayor parte del cabello, compuesta por células alargadas, queratinizadas, muy unidas entre sí.

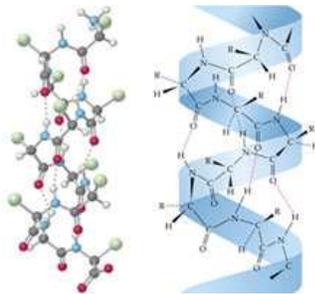
2.11.2. Estructura química

Aunque el cabello está formado por lípidos, agua, oligoelementos y pigmentos, los principales componentes y responsables de sus propiedades físico-químicas son las proteínas, especialmente la queratina.

2.11.2.1. Queratina

Proteína fibrilar y azufrada, característica de piel, uñas y cabello, formada por largas cadenas de aminoácidos unidos entre sí, formando fibras y haces. El principal compuesto de la queratina es el aminoácido cisteína, y de la proporción de este aminoácido dependerá la dureza o fragilidad de la queratina.

Figura 4. **Estructura química de la queratina**



Fuente: *Cabello básico*. www.cabellobasico.blogspot.com. Consulta: 15 julio 2012.

La cadena de aminoácidos que forma la queratina presenta una disposición helicoidal que se conoce como α -hélice o α -queratina, la cual mantiene su estabilidad por la atracción electrostática entre átomos de hidrógeno y oxígeno pertenecientes a dos aminoácidos de una misma cadena de queratina. Se denominan enlaces por puentes de hidrógeno, los cuales son débiles y se rompen con facilidad por el agua, el calor o estiramiento mecánico.

2.11.2.2. Puentes salinos

Las protobrillias se unen entre si y forman las microfibrillias, que a su vez unidas forman las fibrillas, estas se encuentran en las células de la corteza cementadas por una sustancia llamada matriz con la que se establecen enlaces de puentes de hidrógeno. Los puentes más fuertes son los de disulfuro, se denominan también puentes de azufre o puentes cisticos y son verdaderos enlaces químicos formados entre dos moléculas de cisteína pertenecientes a cadenas diferentes. Se sabe que son los que mantienen principalmente la cohesión en la estructura de la fibra queratinica, pero se puede decir que todos los puentes aseguran la cohesión de la molécula de queratina, tanto los de hidrógeno como los salinos. Todos los puentes contribuyen a que el cabello sea sólido y resistente, pero a la vez ofrecen la posibilidad de numerosas transformaciones cuando se alteran por determinadas acciones. Cuando los puentes de azufre se rompen por acción de agentes reductores fuertes, los puentes salinos aseguran que el cabello no se rompa y viceversa. El pelo entonces se hace más blando y deformable, lo que da la posibilidad de cambiar su forma.

2.11.3. Estructura física

El cabello como cuerpo físico es resistente y presenta varias propiedades:

2.11.3.1. Permeabilidad

Depende de la cutícula que, como ya se había mencionado, es la que se encarga de proteger al cabello de la entrada de sustancias. Hay dos maneras de que absorba agua el cabello, la primera al ser sumergido directamente al agua y la otra que lo atrape del ambiente.

El agua rompe los puentes de hidrógeno de la queratina y se coloca en los espacios intermoleculares de las cadenas de queratina, aumentando su diámetro y longitud, hinchando así el tallo. Al mojar el cabello, este se vuelve muy poroso, por lo que también absorbe sustancias alcalinas, permitiendo la entrada en el cabello de moléculas de tamaño considerable como los colorantes.

2.11.3.2. Carga eléctrica

El cabello, al ser materia, está constituido por átomos, los cuales forman moléculas, por esto presenta 3 características principales:

- Neutrones sin carga eléctrica
- Protones con carga positiva
- Electrones con carga negativa

La carga eléctrica es la cantidad de electrones que un cuerpo posee en defecto o exceso, con respecto a su estado normal. La configuración de la cutícula incluye los componentes libres de la queratina, que son los encargados de proporcionar esta característica al cabello. La disposición de las células de la cutícula hace que la superficie de los cabellos sea rugosa y se altere fácilmente por fricción.

Los átomos que intervienen son los que forman parte de los grupos químicos de la queratina, que se encuentran en las células de la cutícula. Estos adquieren carga eléctrica del mismo signo, por ello los cabellos electrizados se repelen entre sí. La resistencia eléctrica disminuye al aumentar la temperatura.

El cabello seco no es un buen conductor de la electricidad y presenta una alta resistencia eléctrica. Cuando se aplica peinado o cepillado los hilos de cabello acumulan electricidad estática y se repelen entre sí.

2.11.3.3. Elasticidad

La elasticidad es la propiedad mecánica más importante del cabello, gracias a ella puede cambiar su forma, volumen y longitud, volviendo a recuperar su forma original, una vez ha cesado la fuerza que ha provocado el estiramiento o deformación; consecuencia de ella son la resistencia a la atracción y plasticidad. Esta propiedad se debe a la capacidad de alargamiento que puede sufrir la molécula de queratina. El restablecimiento de las uniones primitivas es espontáneo una vez que deja de actuar la fuerza.

La elasticidad aumenta en presencia de agua, las moléculas de agua se sitúan entre las moléculas de queratina y rompen los puentes de hidrógeno, facilitando el paso de la estructura α a β , impidiendo que vuelvan a formarse los puentes y facilitando los cambios de forma, ya que la estructura es más flexible. Si se utiliza vapor de agua el alargamiento es mayor, ya que las temperaturas altas rompen también los puentes disulfuro de la queratina.

2.11.3.4. Resistencia a la tracción

El cabello es capaz de estirarse y soportar un peso de 60 a 110 g antes de romperse. La fuerza tensional depende del contenido de azufre, en especial de los puentes de disulfuro. Al estirar el cabello, las células de la corteza aumentan su longitud; si se continúa estirando se modifica la estructura de la queratina, por la debilidad de los puentes de hidrógeno. A mayor tensión se rompen los puentes de disulfuro y las membranas celulares. Si la fuerza es menor se recupera la elasticidad formándose nuevos puentes de disulfuro e hidrógeno. La resistencia se altera por tratamientos cosméticos o alteraciones en el tallo que dañen la queratina. El cabello es resistente a:

- La rotura: un cabello sano puede soportar una carga de 50-100 g. Puede verse alterada por algunos agentes químicos.
- El calor: un cabello resiste temperaturas de 140 °C cuando está seco; cuando está mojado resiste hasta 200 °C.
- La putrefacción: la estructura de la queratina y su contenido en azufre hacen el cabello muy resistente.
- Los cambios de pH: cuando la fibra capilar se somete a soluciones ácidas extremas, o alcalinas extremas, se debilita.

2.11.3.5. Plasticidad

Es la propiedad que permite cambiar de forma al cabello sin que el cabello recupere su forma natural al momento.

2.11.3.6. Color del cabello

Con el cabello ocurre lo mismo que con el resto de la materia que forma el universo, pues al recibir la luz blanca selecciona las radiaciones que son afines a su estructura molecular; algunas las absorbe y refleja las demás. En el ser humano el pigmento del cabello es puramente decorativo y no cumple ninguna función biológica, ya que no sirve como protección de la luz solar. Los pigmentos responsables del color del pelo son las melaninas.

3. DISEÑO DE METODOLOGÍA

3.1. Variables

Para lograr el cumplimiento de los objetivos y como resultado de la revisión bibliográfica de los métodos, se determinaron los parámetros de operación para el proceso de extracción de mucilagos de linaza. Se describen a continuación las variables que influyen en la determinación, así como las variables a medir y para determinar la variable respuesta.

3.1.1. Variables de control

Se utilizan para determinar indicadores cuantitativos. En la tabla I se muestran las variables independientes utilizadas para el extracto de linaza:

Tabla I. **Determinación de las variables independientes**

Análisis del proceso					
No.	Variable	Dimensional		Factor potencial de diseño	
				Constante	Variable
1	Tamaño de partícula 10 (2 mm), 12 (1.680 mm), 14 (1.40 mm) y 16 (1.18 mm)	milímetros	mm		X
2	Temperatura (50, 70 y 90 °C)	Celsius	°C		X
Análisis externo o variables de control externo					
3	Temperatura ambiente	Grados Celsius	°C	X	
4	Presión atmosférica	Libras/ pulgada ²	psi	X	

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Variables fijas

Estos son parámetros que no cambian al pasar el tiempo y pueden ser medidos. En la tabla II se muestran las variables fijas determinadas:

Tabla II. **Determinación de los parámetros fijos**

Análisis del proceso					
No.	Variable	Dimensional		Factor potencial de diseño	
				Constante	Variable
1	Variedad de semilla			X	
2	Relación de masa de sólido/volumen de solvente (1:10)	gramos/mililitros	g/ml	X	
3	Agitación (50 RPM)	revoluciones/min	rpm	X	
4	Tiempo de extracción (1 hora)	minutos	min	X	
5	Humedad del material vegetal < 10%.	Porcentaje	%	X	

Fuente: elaboración propia.

3.1.3. Variables dependientes

Estas variables dependen de los resultados de las variables independientes, los cuales determinan la existencia y cantidad detectada de los mismos. En la tabla III se describen las variables dependientes para la semilla de linaza:

Tabla III. **Variables dependientes**

Extracción y evaluación de las propiedades fisicoquímicas del extracto acuoso					
No.	Variable	Unidades		Factor potencial de diseño	
				Constante	Variable
1	Masa recuperada	gramos	g		X
2	Porcentaje recuperado	porcentaje	%		X
3	Cantidad presente de sólidos totales	gramos	g		X
4	Sólidos solubles totales	gramos	g		X
5	Densidad	gramos/mililitros	g/ml		X
6	Viscosidad	Centipoise	Cps		X
7	Humedad del extracto	porcentaje	%		X
8	Índice de refracción	-	-		X
9	Potencial de Hidrógeno	pH	pH		X
10	Color	-	-		X

Fuente: elaboración propia.

3.1.4. Variables dependientes para la formulación del gel

Estas variables son las mismas que se reportarán al momento de determinar las propiedades fisicoquímicas del extracto acuoso.

3.2. Determinación del campo de estudio

- Campo de estudio: Tecnología de Cosméticos.
- Área de investigación: creación de nuevos productos.
- Línea de investigación: extracciones industriales.
- Proceso: evaluación del rendimiento y caracterización fisicoquímica del extracto acuoso de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*) aplicado a cosméticos mediante la técnica de maceración dinámica, a escala laboratorio.
- Ubicación: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales - LIEXVE- Sección de Química Industrial, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Clima: temperaturas ambiente.

3.3. Recursos humanos disponibles

- Investigadora: M.E.P.U. Elidia María Castillo Armas
- Asesora: Inga. Telma Maricela Cano Morales
- Asesor: Ing. Mario José Mérida Meré

3.4. Recursos materiales disponibles

Estos recursos son todos aquellos con los que se contará al momento de iniciar la maceración de la linaza, tales como: inmobiliario, equipo de proyección personal, equipo tecnológico, cristalería, material, entre otros.

3.4.1. Recurso inmobiliario disponible

- Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -LIEXVE- Sección de Química Industrial, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. Aquí se realizó:
 - Extracción del mucílagos de linaza mediante la técnica de maceración dinámica.
 - Medición de los parámetros fisicoquímicos siguientes: humedad, densidad, sólidos solubles totales, viscosidad, índice de refracción y pH.
 - Concentración del extracto por rotaevaporación.
 - Elaboración y formulación del producto, aplicando el extracto acuoso de linaza.

- Laboratorio de Bromatología, Facultad de Veterinaria y Zootecnia, USAC. Aquí se realizó:
 - Análisis proximal del extracto acuoso de linaza

- Laboratorio de Microbiología, Facultad de Veterinaria y Zootecnia, USAC. Aquí se realizó:
 - Análisis de coliformes totales de extracto acuoso de linaza

- Laboratorio Microbiológico de Referencia –LAMIR- , Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC. Aquí se realizó:
 - Análisis de coliformes totales del producto elaborado.

3.4.2. Cristalería

- Balones
- Beackers
- Probeta
- Pipetas
- Matraz
- Picnómetro
- Vidrios de reloj
- Recipientes herméticos
- Agitadores magnéticos
- Embudo Buchner
- Condensador

3.4.3. Equipo

- Molino de disco manual:
 - Marca: Victoria
 - Presentación: estañado
 - Características: fabricado en fierro vaciado

- Plancha de calentamiento y agitación
 - Marca: CORNING
 - No. Serie: 420504195081
 - Modelo: PC-420
 - Voltaje: 120 V
 - Frecuencia: 60 Hz
 - Potencia: 698 W

- Bomba de vacío
 - Marca: Gast
 - Modelo: O523-VAFG588DX
 - Voltaje: 100 -115 V
 - Frecuencia: 50 Hz.
 - Potencia: ¼ Hp.
 - Revoluciones: 1725/1425 rpm
 - Hecha en Michigan, USA

- Balanza analítica
 - Marca: BOECO
 - Modelo: BBL31
 - Voltaje: 10-20 V
 - Frecuencia: 48-60 Hz.
 - Máxima capacidad: 210 g.
 - Lectura mínima: 0.0001 g
 - Hecha en Alemania

- Potenciómetro
 - Marca: WTW
 - Modelo: pH 330i
 - No. serie: 02280026
 - Voltaje: 6 V
 - Rango de medición:
 - 2 000 ... + 19 999 unidades de
 - pH; -2,00... +19,99 unidades de pH.
 - Hecho en Alemania.

- Lámpara estroboscópica
 - Marca: AMETEK
 - Modelo: R-200
 - No. Serie: 011188043
 - Voltaje: 117 V
 - Frecuencia: 50-60 Hz.
 - Rango de medición:
 - 200-6600 flash/min
 - Hecha en USA

- Rotaevaporador
 - Marca: Büchi
 - Modelo: R-200
 - Voltaje: 120 V
 - Frecuencia: 50/60 Hz
 - Potencia: 120 W

- Refractómetro
 - Marca: Fischer Scientific
 - Modelo: 334620
 - Voltaje: 120 V
 - Frecuencia: 60 Hz
 - Corriente: 0,08 A

- Cronómetro digital
 - Marca: CASIO

3.4.4. Reactivos

- Agua desmineralizada: el agua desionizada o desmineralizada es aquella a la cual se le han quitado los cationes, como los de sodio, calcio, hierro, cobre, entre otros; y aniones como el carbonato, fluoruro, cloruro, entre otros; todo mediante un proceso de intercambio iónico. Esto significa que al agua se le han quitado todos los iones excepto el H^+ , o más rigurosamente H_3O^+ y el OH^- , pero puede contener pequeñas cantidades de impurezas no iónicas como compuestos orgánicos.
- Trietanolamina: este producto químico se utiliza como ingrediente para balancear el pH en preparaciones cosméticas, de higiene y en productos de limpieza. Entre los productos cosméticos y de higiene en los cuales es usado con este fin se incluyen lociones para la piel, geles para los ojos, hidratantes, champúes, espumas para afeitarse, entre otros. Como trialcohol es una molécula con tres grupos hidroxilos, poseyendo la fórmula química $C_6H_{15}NO_3$. Como otras aminas, la trietanolamina actúa como una base química débil debido al par solitario de electrones en el átomo de nitrógeno. Se presenta como un líquido viscoso (aunque cuando es impuro puede presentarse como un sólido, dependiendo de la temperatura), límpido, color amarillo pálido, poco higroscópico y volátil, totalmente soluble en agua y miscible con la mayoría de los solventes orgánicos oxigenados. Posee un olor amoniacal suave.
- Fragancia: esencia de almendras amargas, es un producto de olor suave y muy agradable.
- Propil parabeno 99 % (Dicide PP): es un tipo de compuesto químico utilizados habitualmente en las industrias cosmética y farmacéutica. Actúan de manera efectiva como conservante en muchos tipos de fórmulas químicas. Estos compuestos y sus sales son usados principalmente por sus propiedades bactericidas y fungicidas. Pueden ser

encontrados en champús, cremas hidratantes, geles para el afeitado, lubricantes sexuales, medicamentos tópicos y parenterales, autobronceadores y dentífricos.

No es irritante para la piel, ojos y membranas mucosas a las dosis normales de uso compatible con la mayoría de los ingredientes utilizados en formulaciones cosméticas. Se degrada rápidamente en el medio ambiente. Dosis de uso: 0,05 a 0,15 % dada su sinergia con el Delcide MP. Normalmente se lo emplea en combinación con este, y está indicado para formulaciones de pH neutro o ligeramente ácido, muy baja solubilidad en agua, excelente efectividad contra hongos y levaduras.

- Carbopol: polímero del ácido acrílico, polvo blanco de olor ligeramente acético. Es un producto ácido que al ser neutralizado amplía satisfactoriamente su viscosidad, de ahí que se emplee para aumentar la viscosidad en un medio alcalino o previamente se neutralice con una base, facilitando entonces la formación del gel. Entre las bases utilizadas se emplean productos pertenecientes al grupo de las aminas etoxiladas como son los tensioactivos.

3.5. Técnica cuantitativa

Se desarrolló la técnica cuantitativa debido al fenómeno de interés, con el objetivo de comparar el porcentaje de rendimiento para cuatro tamaños de partícula y 3 temperaturas, por medio de gravimetría, ya que se determina la cantidad de sustancia midiendo el peso de la misma y determinando el rendimiento.

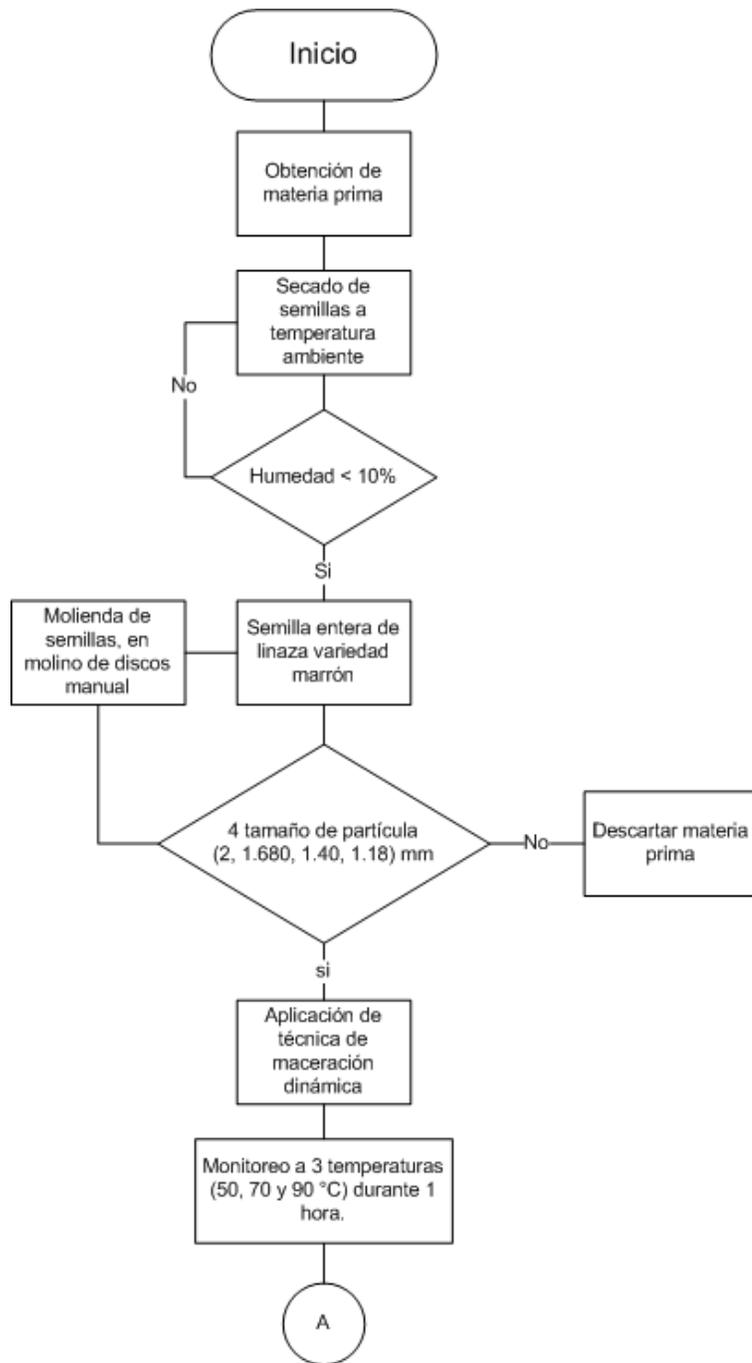
En la extracción por maceración dinámica, se realizaron procesos extractivos utilizando como solvente agua desmineralizada, en el que se llevó a

cabo extracciones a las temperaturas de 50 °C, 70°C y 90 °C, para cada tamaño de partícula, monitoreando la densidad, viscosidad, índice de refracción y pH.

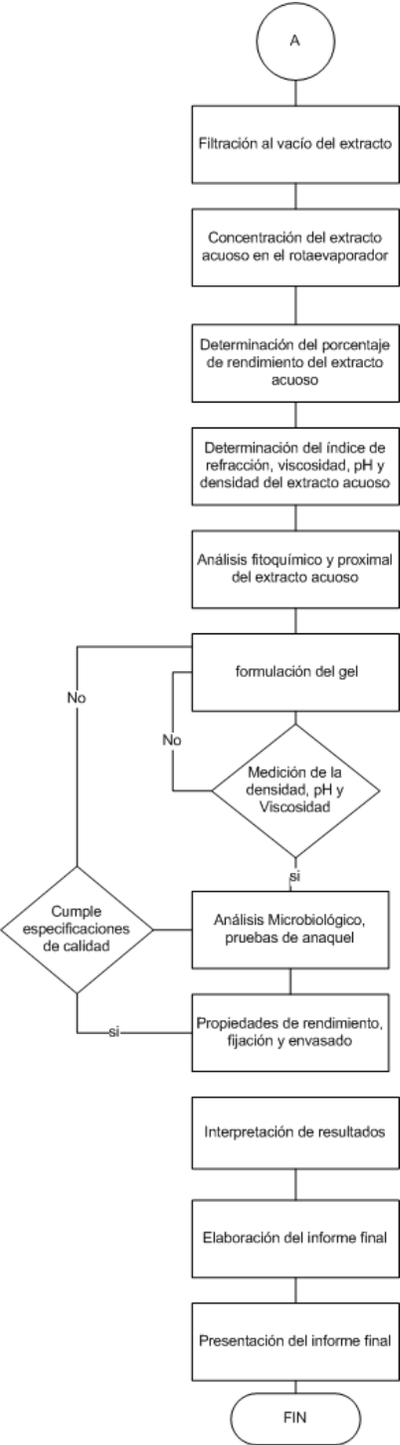
3.5.1. Diagrama de flujo aplicando la técnica cuantitativa

El diagrama de flujo de la figura 5 tiene por objetivo esquematizar los pasos y procedimientos que se realizan para la maceración de la semilla de linaza, de una forma ordenada desde la obtención de la materia prima hasta la fabricación del gel y el envasado, incluyendo el paso final de la redacción y presentación del informe de todo el trabajo realizado.

Figura 5. Diagrama de flujo de proceso



Continuación de la figura 5.



Fuente: elaboración propia.

3.6. Recolección y ordenamiento de la información

En este punto, se ordenan los datos lanzados por la etapa experimental en los laboratorios, por lo que se exponen las ecuaciones utilizadas para generarlos.

3.6.1. Muestreo

Para la realización de las extracciones a nivel laboratorio se necesitan resultados precisos, por lo que se tratará de disminuir los posibles errores utilizando un número de corridas adecuado para cada tiempo de extracción. Para conseguir lo anterior se utilizó una probabilidad de éxito del 85 %, por lo que conjuntamente la probabilidad de fracaso será de un 15 %, con un nivel de significancia del 4 %.

$$N = \frac{Z^2 PQ}{E^2}$$

Donde:

Z = confiabilidad

P = probabilidad de éxito

Q = probabilidad de fracaso (1 -P)

E = error estimado

N = número de corridas

Para la realización de la investigación se utilizó un error estimado del 40 %, con lo cual, utilizando la ecuación anterior, se obtiene la cantidad de corridas a utilizar:

$$N = \frac{(1,96)^2 * 0,85 * 0,15}{40^2}$$

$$N = 3,061275 = 3$$

Con el dato obtenido anteriormente se define que la cantidad de corridas a realizar para cada tamaño de partícula evaluado será de 3, con 3 diferentes temperaturas y 4 tamaños de partícula; con un total de 3 (número de corridas) X 3 (temperaturas) X 4 (tamaños de partícula) = 36 datos por variable a determinar.

3.6.2. Variables de entrada

Estos datos se describen también con anterioridad en las variables fijas. En la tabla IV se muestran ordenados con los tiempos definidos para su utilización. En la tabla V se muestra la recolección de los datos experimentales luego de haber realizado las corridas antes mencionadas.

Tabla IV. **Datos de variables de entrada**

Relación sólido/ líquido (1:10)	Por cada 100 ml de agua 10 gramos de semilla de linaza
Velocidad de agitación (rpm)	50 rpm
Tiempo de extracción (min)	1 hora
Humedad del sólido (%)	Semilla con humedad \leq 10 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Recolección de datos experimentales**

Tamaño de partícula (mm)	Temperatura °C	Corrida	Densidad (g/ml)	Viscosidad (Cps)	pH	Sólidos totales extraíble (g/ml)	índice de refracción	
TP1	T1	1	A1	B1	C1	D1	E1	
		2	A2	B2	C2	D2	E2	
		3	A3	B3	C3	D3	E3	
		Promedio	A	B	C	D	E	
		1	F1	G1	H1	I1	J1	
		2	F2	G2	H2	I2	J2	
		3	F3	G3	H3	I3	J3	
		Promedio	F	G	H	I	J	
		1	K1	L1	M1	N1	O1	
	2	K2	L2	M2	N2	O2		
	3	K3	L3	M3	N3	O3		
	Promedio	K	L	M	N	O		
	TP2	T2	1	P1	Q1	R1	S1	U1
			2	P2	Q2	R2	S2	U2
			3	P3	Q3	R3	S3	U3
Promedio			P	Q	R	S	U	
1			V1	W1	X1	Y1	Z1	
2			V2	W2	X2	Y2	Z2	
3			V3	W3	X3	Y3	Z3	
Promedio			V	W	X	Y	Z	
1			AB1	AC1	AD1	AE1	AF1	
2	AB2	AC2	AD2	AE2	AF2			
3	AB3	AC3	AD3	AE3	AF3			
Promedio	AB	AC	AD	AE	AF			

Fuente: elaboración propia.

3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

La formulación del gel para cabello con el extracto de linaza a partir de la maceración de la semilla lleva un proceso de ejecución, monitoreo y pruebas en los laboratorios de la universidad, así como la utilización de los equipos con los que se cuenta, por lo que la tabulación de resultados debe hacerse conforme se realiza cada proceso de la investigación.

3.7.1. Descripción del método experimental

Los tratamientos que se utilizaron para cumplir con los objetivos planteados fueron compuestos de la siguiente forma: semilla de linaza variedad marrón a nivel laboratorio, variando 4 tamaños de partícula de la semilla (2; 1,680; 1,40; 1,18mm), cada sistema o tamaño de partícula se evaluará a 3 temperaturas distintas: 50, 70 y 90 °C, y se realizarán 3 corridas por cada sistema con el fin de completar 36 tratamientos. Para la formulación del gel se realizaron 3 formulaciones y 3 corridas por cada una, para completar 9 tratamientos. A continuación se describe paso a paso el proceso.

3.7.1.1. Preparación de la materia prima

La semilla de linaza (*Linum usitatissimum L.*) variedad marrón se obtuvo en la Aldea Zaragoza Chimaltenango. Se localiza en una latitud Norte 17° 39' 00'' y una longitud Oeste de 90° 53' 26'', a una altura de 1 849 metros sobre el nivel del mar.

La semilla limpia y seca con humedad menor al 10 % se trituró en un molino de discos manual con el fin de disminuir el tamaño de partícula. La figura 6 ilustra el proceso de trituración de la semilla.

Figura 6. Trituración de la semilla de linaza



Fuente: parte experimental en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-, USAC.

Se tamizó la semilla entera y molida, con el objetivo de clasificar y obtener diferentes tamaños de partículas. De acuerdo al análisis granulométrico realizado en el apéndice 1, se determinaron los tamaños de partícula adecuados para realizar este estudio. En la figura 7 se ilustra el proceso de tamizado llevado a cabo en las instalaciones del Laboratorio de suelos de la USAC, con el equipo de tamizaje. Así mismo, en la tabla VI, se describen la batería de tamices utilizados y el tamaño de las aberturas de cada tamiz con base en el apéndice ya mencionado.

Figura 7. **Equipo de tamizaje**



Fuente: parte experimental en el Laboratorio de investigación de suelos de la USAC.

Tabla VI. **Descripción del número de tamiz y tamaño de apertura**

Tamaño	Numero de Tamiz	Tamaño de apertura(mm)
Granular	10	2
	12	1,680
	14	1,40
	16	1,18

Fuente: elaboración propia con base en el apéndice 1.

3.7.1.2. Lixiviación de mucílagos por maceración dinámica

En el proceso de extracción se establecieron 4 tamaños de partícula, en cada sistema se evaluaron 3 temperaturas (50 °C, 70 °C, 90 °C), realizando 3 corridas para cada sistema controlado en el laboratorio para obtener 36 tratamientos. El solvente y el material vegetal se colocaron en un balón, de

fondo plano, en un sistema de reflujo que permitió que la temperatura permaneciera constante, al igual que la agitación de 50 rpm, por tratarse de un sistema cerrado, y el tiempo de extracción fue de 1 hora por muestra. La figura 8 ilustra la forma en que se armó el sistema para aplicar maceración a las muestras.

Se utilizó agua desmineralizada como solvente. Debido a la elevada constante dieléctrica de dicho solvente, los mucílagos se hinchan e hidrolizan en presencia de agua y forman soluciones viscosas y geles no adherentes a pH entre 6 y 7. La relación entre el material vegetal y el solvente fue de 1:10, la cual fue establecida como la más conveniente en estudios previos relacionados con el método de maceración dinámica.

Figura 8. **Sistema de maceración dinámica con reflujo**



Fuente: parte experimental en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-,
USAC.

3.7.1.3. Filtración al vacío

Luego de obtener el extracto acuoso, se filtró la solución por medio de un sistema de vacío utilizando manta como filtro, el cual facilitó la separación de la semilla del extracto acuoso. La figura 9 ilustra el procedimiento descrito anteriormente para la separación de impurezas en la solución macerada.

Figura 9. Filtración al vacío



Fuente: parte experimental en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-, USAC.

3.7.1.4. Concentración

Para determinar el rendimiento del extracto acuoso se realizó el proceso de concentración del extracto por medio de la evaporación y separación del solvente mediante la aplicación de vacío a 744 mmHg y temperatura de 40 °C, parámetros propios del agua. La figura 10 muestra el proceso para la concentración del extracto.

Figura 10. **Concentración del extracto acuoso**



Fuente: parte experimental en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-,
USAC.

3.7.2. Medición de propiedades físicas del extracto acuoso

Estas conforman las principales características del extracto luego de la maceración y la preparación. Algunas de ellas se pueden apreciar a simple vista, otras llevan un estudio más detallado, por lo que se realizará un procedimiento para la medición de todas las características necesarias.

3.7.2.1. Color

El color del extracto se determinó de forma visual, comparando las soluciones a diferentes temperaturas y tamaños de partícula. La figura 11 muestra cómo fueron comparadas tres de las muestras y la tonalidad cambiante de clara a más oscura.

Figura 11. **Comparación del color de las muestras**



Fuente: parte experimental en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-, USAC.

3.7.2.2. **Determinación de la densidad**

Luego de filtrar el extracto acuoso se determinó la densidad por medio de un micro picnómetro de 1,067 mililitros y un peso aproximado de 3,2696 gramos. La figura 12 ilustra la medición descrita. Se realizaron los siguientes pasos:

- Se determinó el peso del picnómetro vacío.
- Se extrajo una alícuota de 1 ml de la solución preparada y se trasladó al picnómetro.
- Luego se determinó el peso del picnómetro conteniendo la solución y se pesó a temperatura ambiente.
- Para determinar la densidad se utilizó la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{\text{Peso del picnómetro con solución} - \text{Peso del picnómetro sin solución}}{\text{Volumen del picnómetro}}$$

Figura 12. **Medición de la densidad**



Fuente: parte experimental en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-, USAC.

3.7.2.3. Determinación del porcentaje de humedad

La humedad se determinó mediante alícuotas del extracto acuoso de aproximadamente 1 gramo, colocadas en bandejas de aluminio y en una balanza de determinación de humedad, la cual evaporó el solvente a una temperatura de 105 °C y determinó el porcentaje de humedad de la muestras.

La figura 13 muestra la balanza utilizada, así como el extracto acuoso. El equipo utilizado se encuentra en las instalaciones del Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -LIEXVE- de la USAC.

Figura 13. **Medición de la humedad**



Fuente: parte experimental en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-, USAC.

3.7.2.4. Determinación de sólidos totales extraíbles

Los sólidos extraíbles son las partículas que contenía la solución aún después de los procesos de filtración a los que fue sometido el extracto. Se determinaron mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Sólidos Totales extraíbles } \left(\frac{g}{ml}\right) = \rho_{\text{extracto acuoso}} \left(\frac{g}{ml}\right) * (100 - H(\%))$$

Donde:

$\rho_{\text{extracto acuoso}}$ = densidad del extracto acuoso (g/ml)

$H(\%)$ = porcentaje de humedad (%) ver 3.7.2.3

3.7.2.5. Determinación del pH

El pH del extracto acuoso se determinó por medio de potenciómetro y a temperatura ambiente. La figura 14 muestra el instrumento de medición del pH al momento de hacer el cálculo en una de las soluciones.

Figura 14. Medicion del pH



Fuente: parte experimental en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-, USAC.

3.7.2.6. Determinación del índice de refracción

Se realizó una limpieza al refractómetro Abbe con xilol para eliminar impurezas en el instrumento y asegurar una lectura más determinante. Se colocó una gota del extracto acuoso en el prisma y se procedió a leer el resultado. La figura 15 muestra la forma en que se midió el índice de refracción para la solución.

Figura 15. **Medición del índice de refracción**



Fuente: parte experimental en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEEXVE-,
USAC.

3.7.2.7. Determinación de la viscosidad

Para la determinación de la viscosidad se colocaron 500 ml del extracto en un recipiente a temperatura ambiente y se introdujo el agitador. La muestra fue agitada durante 5 minutos hasta que la mezcla se homogenizó, luego se leyó el resultado en la pantalla del viscosímetro Stormer en unidades KU o unidades Krebs y se realizó la conversión a unidades N.S/m², (cP) o centipoises.

Figura 16. **Medición de la viscosidad**



Fuente: parte experimental en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-,
USAC.

3.7.2.8. **Determinación del rendimiento**

El rendimiento se determinó pesando los residuos sólidos obtenidos del proceso de extracción y concentración del extracto acuoso de la semilla de linaza. El rendimiento se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \left(\frac{Pb_{LL} - Pb_V}{PM} \right) * 100$$

Donde:

Pb_{LL} = peso del balón lleno o con solución (g)

Pb_V = peso del balón vacío (g)

PM = peso de la muestras de semilla inicial (g)

La figura 17 muestra el balón con la solución listo para hacer la medición experimental.

Figura 17. **Balón con el extracto sólido y seco**



Fuente: parte experimental en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-, USAC.

3.7.3. Medición del contenido químico

Esta medición únicamente se realizará por medio del análisis proximal, para determinación de parámetros importantes para el extracto.

3.7.3.1. Análisis proximal

Es aplicado en primer lugar a los materiales que se usarán para formular una dieta como fuente de proteína o de energía, como un control para verificar que cumplan con las especificaciones o requerimientos establecidos durante la formulación. Estos análisis indicarán el contenido de humedad, proteína cruda (nitrógeno total), fibra cruda, lípidos crudos, ceniza y extracto libre de nitrógeno en la muestra. Este análisis fue realizado en el Laboratorio de Bromatología, Facultad de Veterinaria y Zootecnia de la USAC (ver apéndice 3).

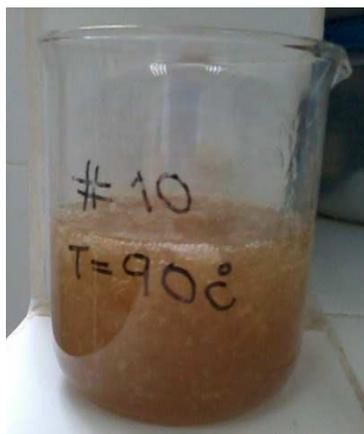
3.7.4. Formulación de gel natural para el cabello

Mediante la formulación se obtuvo un producto de aspecto uniforme, homogéneo, viscoso, hidrófilo, semisólido, semitransparente, coloidal, de fácil manipulación y extensibilidad sobre la superficie del cabello. Los ingredientes que constituirán el gel se mencionan a continuación con una explicación de su contenido.

3.7.5. Extracto acuoso de linaza

Después de haber concentrado el extracto acuoso obtenido mediante maceración dinámica se procede a preparar el gel para el cabello. Se determinó que el extracto con mayor rendimiento y con características físicas aceptables para realizar el producto fue el obtenido a una temperatura de 90 °C y tamaño de partícula de 2 mm (semilla entera) con número de tamiz de 10. En la figura 18 se muestra la solución acuosa.

Figura 18. **Extracto acuoso obtenido a 90 °C y semilla entera de 2 mm**



Fuente: parte experimental en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-, USAC.

3.7.5.1. Propiedades físicas del extracto utilizado en la formulación

Se determinó la viscosidad, humedad, pH e índice de refracción, siguiendo el mismo procedimiento establecido para el extracto acuoso. En la tabla VII se muestran las propiedades físicas obtenidas de la muestra de extracto acuoso en las tres corridas que se hicieron.

Tabla VII. Propiedades físicas del extracto

Formula	Viscosidad del extracto (cP)	Densidad (g/ml)	pH	Índice de refracción	Humedad (%)	Sólidos totales extraíbles (g)
1	69,700	0,994	6,500	1,337	96,957	3,024
2	76,610	0,994	6,500	1,337	96,957	3,024
3	98,540	0,994	6,500	1,337	96,957	3,024

Fuente: elaboración propia.

3.7.6. Procedimiento para la formulación del gel

La formulación del producto fue mediante pruebas preliminares, se realizaron 3 formulaciones y se reprodujeron 3 veces para obtener una mejor confianza en el experimento. Los pasos fueron los siguientes:

- Se mezcló el carbopol con el agua desmineralizada durante 10 minutos.
- Se agregó la Trietanolamina y el propil parebano y se mezcló nuevamente por 5 minutos.
- Se agregó la esencia gota a gota y se mezcló por 5 minutos.

- Luego se agregó el extracto acuoso de linaza y se mezcló hasta observar que el producto se volvió completamente homogéneo.
- Para determinar las cantidades de reactivos y extracto mezclado ver la sección de formulación en resultados.

3.7.7. Envasado y etiquetado

Luego de haber elaborado el producto, se determinaron los parámetros de calidad y se envasó en recipientes de plástico, conteniendo 400 gramos del producto final. Luego se le colocó la etiqueta que describe e identifica al producto. La figura 19 muestra el producto terminado con la presentación que se eligió para su distribución.

Figura 19. **Producto terminado**

PRODUCTO TERMINADO



Fuente: parte experimental en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-, USAC.

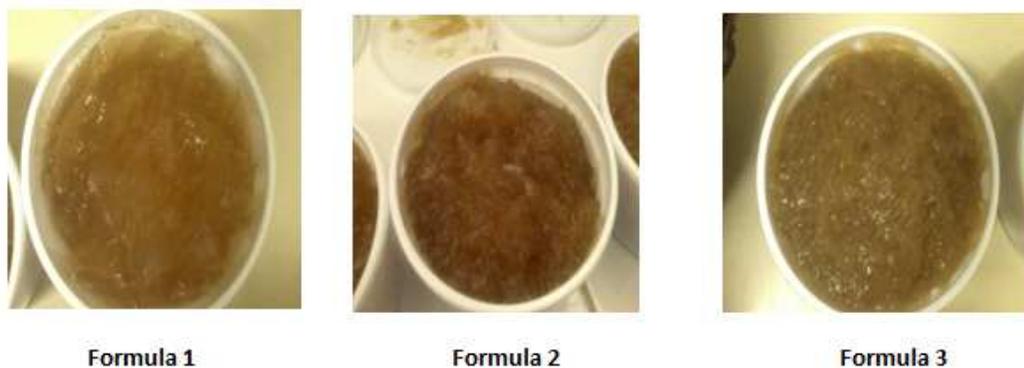
3.7.8. Medición de los parámetros de calidad del producto

De acuerdo al Reglamento Técnico Centroamericano 71.03.45:07, “Productos cosméticos. Verificación de la calidad”, en el inciso 5.2, se realizaron las siguientes pruebas de calidad:

3.7.8.1. Características organolépticas

Para el producto elaborado se evaluó de forma cualitativa y se determinó el aspecto en la fórmula 1. Tanto el color como la consistencia es adecuada comparada con los productos ya existentes en el mercado. En el caso de las fórmulas 2 y 3, la consistencia fue muy pastosa y el color a la vista no es agradable. En el caso del olor, se considera agradable para las 3 fórmulas, ya que se le agregó fragancia en cantidades aceptables. La figura 20 muestra la imagen de las tres fórmulas y el aspecto descrito:

Figura 20. Producto final de las fórmulas 1, 2 y 3



Fuente: parte experimental en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIXVE-, USAC.

3.7.8.2. Pruebas físicas del producto final

Las pruebas físicas determinadas en el producto fueron el pH, la densidad y la viscosidad, para las cuales se utilizó la misma técnica que en la determinación de los parámetros del extracto acuoso. La tabla VIII muestra esas propiedades.

Tabla VIII. **Propiedades físicas del gel para cabello obtenido a 90 °C y tamaño de partícula de 2 mm**

Formula	Viscosidad (cP)	Humedad (%)	pH	Índice de Refracción
1	105,1	96,470	7,300	1,337
2	124,2	93,76	7,64	1,337
3	138,4	94,390	7,760	1,337

Fuente: elaboración propia.

3.7.8.3. Pruebas químicas

Debido a que el ingrediente activo en el producto es el extracto acuoso de linaza, que es de origen natural, no se realizaron pruebas químicas, de acuerdo con CONSLEG: 1976I0768.

3.7.8.4. Análisis microbiológico y pruebas de anaquel

El análisis microbiológico debe efectuarse a todos los cosméticos, excepto a los que no sean susceptibles a la contaminación microbiológica por la propia naturaleza del cosmético. De acuerdo al Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 71.03.45:07, los límites microbianos son descritos en la tabla IX, en la que también se especifica el mercado objetivo del producto.

Tabla IX. **Especificación de límites microbianos, expresados en UFC/g o UFC/cm³**

Producto	Determinación	Especificación
Para bebé	Recuento total de mesófilos aerobios	$\leq 10^2$
	Recuento total de mohos y levaduras	$\leq 10^2$
Para el contorno de los ojos	Recuento total de mesófilos aerobios	No más de 5×10^2
	Recuento total de mohos y levaduras	$\leq 10^2$
Todos los otros	Recuento total de mesófilos aerobios	$\leq 10^3$
	Recuento total de mohos y levaduras	$\leq 10^2$

Fuente: *Reglamento técnico centroamericano*. RTCA 71.03.45:07. Tabla 1. P. 4

3.7.8.5. Perfil de viscosidad

De acuerdo a las 3 formulaciones, se evaluó el comportamiento de la viscosidad mediante la variación de la concentración del extracto acuoso. Se

realizó una gráfica que correlaciona la viscosidad en función de la concentración del extracto, la cual se encuentra en la sección de resultados (ver figura 37).

3.7.8.6. Propiedades de rendimiento

Esta prueba consistió en evaluar la duración del peinado y la retención del gel en el cabello, el cual fue sometido a una alta humedad relativa, aproximadamente de 90 %, y una temperatura de 70 °F (21°C). Se realizaron pruebas con mechones de cabello lacio y rizado; así mismo, se realizaron pruebas con el cabello húmedo y seco. A continuación, en la figura 21, se presentan las imágenes de dicho comparación:

Figura 21. **Prueba de rendimiento en cabello con variaciones de humedad y forma**



Cabello Liso y Crespo antes de la exposición



Cabello Liso y Crespo durante la exposición al producto, Muestra seca.



Cabello Liso y Crespo durante la exposición al producto, Muestras Húmedas.

Fuente: parte experimental en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-, USAC.

El porcentaje de retención de los rizos fue calculado a partir de la ecuación que se describe a continuación, y los resultados se muestran en la tabla X para cabello lacio y en la tabla XI para cabello rizado respectivamente.

$$\% \text{ Retención del rizo} = \frac{L - L_t}{L - L_0} * 100$$

Donde:

L = longitud del cabello totalmente extendida (25,4 cm)

L_0 = longitud del cabello antes de la exposición (cm)

L_t = longitud del rizo después de la exposición (cm)

Tabla X. **Porcentaje de retención del producto en el cabello lacio expuesto a humedad relativa de 90 % y a 21 °C, por 24 horas**

Muestra	Cabello Lacio							
	Cabello Seco				Cabello Húmedo			
	L (cm)	Lo (cm)	Lt (cm)	(%) de Retención del cabello	L (cm)	Lo (cm)	Lt (cm)	% de Retención del cabello
1	35,000	34,500	28,000	14,000	37,000	35,000	28,500	4,250
2	35,000	33,500	27,000	5,333	37,000	36,000	28,000	9,000
3	35,000	34,500	30,000	10,000	37,000	35,500	28,800	5,467
Promedio	35,000	34,167	28,333	9,778	37,000	35,500	28,433	6,239

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Porcentaje de retención del producto en el cabello rizado expuesto a humedad relativa de 90 % y a 21 °C, por 24 horas**

Muestra	Cabello Rizado							
	Cabello Seco				Cabello Húmedo			
	L (cm)	Lo (cm)	Lt (cm)	(%) de Retención del cabello	L (cm)	Lo (cm)	Lt (cm)	(%) de Retención del cabello
1	37,000	35,000	30,000	3,500	35,000	34,700	29,000	20,000
2	37,000	35,500	29,000	5,333	35,000	34,000	25,000	10,000
3	37,000	36,500	28,500	17,000	35,000	34,800	25,500	47,500
Promedio	37,000	35,667	29,167	8,611	35,000	34,500	26,500	25,833

Fuente: elaboración propia.

3.8. Análisis estadístico

Este análisis servirá para corroborar los resultados experimentales obtenidos y determinar si existe diferencia significativa en las hipótesis planteadas al principio del trabajo según se obtengan los resultados el análisis. Se necesita realizar un análisis bifactorial, ya que son dos los factores que afectan directamente las variables dependientes, es decir las propiedades fisicoquímicas evaluadas. Los dos factores a evaluar son: el tamaño de partícula y la temperatura del proceso de extracción del mucílago de linaza.

3.8.1. Análisis de varianza (ANOVA)

Es una técnica estadística que sirve para analizar la variación total de los resultados experimentales de un diseño en particular, descomponiéndolos en fuentes de variación independientes, atribuibles a cada uno de los efectos que constituyen el diseño experimental. Según el teorema de identidad de la suma de cuadrados, se obtienen tres medidas importantes de variabilidad, las cuales se presentan en la tabla XII, y que serán de utilidad para analizar los datos.

Tabla XII. Experimento de dos factores

Factor A	Factor B			Total	Media
Tamaño de partícula (mm)	Temperatura (°C)				
	50	70	90		
2	Y_{111}	Y_{121}	Y_{131}	T_1	X_1
	Y_{112}	Y_{122}	Y_{132}		
	Y_{113}	Y_{123}	Y_{133}		
1,680	Y_{211}	Y_{221}	Y_{231}	T_2	X_2
	Y_{212}	Y_{222}	Y_{213}		
	Y_{213}	Y_{223}	Y_{233}		
1,40	Y_{311}	Y_{321}	Y_{331}	T_3	X_3
	Y_{312}	Y_{322}	Y_{332}		
	Y_{313}	Y_{323}	Y_{333}		
1,18	Y_{411}	Y_{421}	Y_{441}	T_4	X_4
	Y_{412}	Y_{422}	Y_{432}		
	Y_{414}	Y_{424}	Y_{444}		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Análisis de varianza para dos factores**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F _o
Efecto principal				
A	SSA	a-1	$S_1^2 = \frac{SSA}{a-1}$	$f_1 = \frac{S_1^2}{S^2}$
B	SSA	b-1	$S_2^2 = \frac{SSB}{b-1}$	$f_2 = \frac{S_2^2}{S^2}$
Interacción de dos factores				
AB	SS(AB)	(a-1)(b-1)	$S_3^2 = \frac{SS(AB)}{(a-1)(b-1)}$	$f_3 = \frac{S_3^2}{S^2}$
Error	SSE	Ab(n-1)	$S^2 = \frac{SSE}{abn-1}$	
Total	SST	Abn-1		

Fuente: RAYMOND, Walpole. *Probabilidad y estadística*.

El criterio de evaluación fue la aplicación del factor de Fisher teórico con nivel de confianza de 95 %, con significancia de 0,05, $v_1 = 1$ y $v_2 = 14$. Si la f calculada es mayor a la f teórica, se rechazará la hipótesis planteada anteriormente. En la tabla XIII se muestran las ecuaciones que se usarán para calcular el factor. El análisis de varianza realizado permitió verificar si se aprueban o rechazan las siguientes hipótesis planteadas:

H_{o1} : el rendimiento, pH, densidad, viscosidad, índice de refracción y sólidos totales solubles del extracto acuoso que se obtiene de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*), extraída a nivel laboratorio por

la técnica de maceración dinámica, sí se ve afectado por el tamaño de partícula de la semilla.

Ho₂: el rendimiento, pH, densidad, viscosidad, color, índice de refracción y sólidos solubles totales del extracto acuoso que se obtiene de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*), extraída a nivel laboratorio por la técnica de maceración dinámica, sí se ve afectado por la temperatura de la solución extractora.

3.8.2. Análisis de varianza de dos factores para la densidad del extracto acuoso

Se realizó un análisis de varianza para evaluar el efecto que tienen los factores de tamaño de partícula y temperatura de la solución extractora en la densidad de extracto acuoso de la semilla de linaza, obteniendo las tablas siguientes, cuya descripción se encuentra en el análisis de resultados:

Tabla XIV. Análisis de varianza para la densidad del extracto acuoso

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Tamaño de Partícula	0,00094021	11	8,5473E-05	5,4833174	0,00035062	2,25851836
Temperatura	0,00016138	2	8,0689E-05	5,17637115	0,01437565	3,44335678
Error	0,00034293	22	1,5588E-05			
Total	0,00144452	35				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Experimento de dos factores para la densidad

Densidad del extracto acuoso de la semilla de linaza (g/ml)					
Factor A	Factor B			Total	Media
No. de Tamiz (mm)	Temperatura (°C)				
	50	70	90		
2	0,994	0,9852	0,9854	8,888	0,988
	0,977	0,9884	0,9959		
	0,985	0,9885	0,9892		
1,680	1,0007	1,0029	1,0041	5,952	0,992
	0,9883	0,9978	0,9992		
	0,9832	0,9910	0,9922		
1,40	1,0046	0,9977	1,0036	5,946	0,991
	0,9899	0,9927	0,9950		
	0,9872	0,9892	0,9922		
1,18	0,9893	0,9913	0,9978	5,977	0,996
	0,9950	0,9956	0,9979		
	0,9920	1,0010	0,9955		
Total	11,886	11,921	11,948	26,763	
Media	0,991	0,993	0,996		0,992

Fuente: elaboración propia.

3.8.3. Análisis de varianza de dos factores para la humedad del extracto acuoso

Se realizó un análisis de varianza para evaluar el efecto que tienen los factores de tamaño de partícula y temperatura de la solución extractora en la humedad de extracto acuoso de la semilla de linaza, obteniendo las tablas siguientes, cuya descripción se encuentra en el análisis de resultados:

Tabla XVI. Experimento de dos factores para la humedad

Humedad del extracto acuoso de la semilla de linaza (%)					
Factor A	Factor B			Total	Media
No. de Tamiz (mm)	Temperatura (°C)				
	50	70	90		
2	99,92	99,34	98,62	892,970	99,219
	99,55	99,21	98,91		
	99,56	99,11	98,75		
1.680	97,76	97,45	96,13	581,570	96,928
	97,29	97,20	96,16		
	97,74	97,10	96,08		
1.40	95,15	95,70	95,66	572,750	95,458
	95,18	95,77	95,68		
	95,25	95,41	95,46		
1.18	95,33	95,22	95,10	571,880	95,313
	95,39	95,28	95,18		
	95,47	95,34	95,22		
Total	1 163,590	1 162,130	1 156,950	2 619,170	
Media	96,966	96,844	96,413		96,730

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. Análisis de varianza para la humedad del extracto acuoso

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Tamaño de Partícula	89,6491417	11	8,14992197	50,6969698	4,9851E-13	2,25851836
Temperatura	2,02926667	2	1,01463333	6,31157399	0,00681738	3,44335678
Error	3,53666667	22	0,16075758			
Total	95,215075	35				

Fuente: elaboración propia.

3.8.4. Análisis de varianza de dos factores para los sólidos totales extraídos

Se realizó un análisis de varianza para evaluar el efecto que tienen los factores de tamaño de partícula y temperatura de la solución extractora en la cantidad de sólidos totales extraídos en el extracto acuoso de la semilla de linaza, obteniendo las tablas siguientes, cuya descripción se encuentra en análisis de resultados:

Tabla XVIII. Experimento de dos factores para los sólidos totales extraídos

Sólidos totales del extracto acuoso de la semilla de linaza (g/ml)					
Factor A	Factor B			Total	Media
No. de Tamiz (mm)	Temperatura (°C)				
	50	70	90		
2	0,0795	0,6502	1,3598	6,945	0,772
	0,4396	0,7808	1,0855		
	0,4334	0,8797	1,2365		
1,680	2,2415	2,5574	3,8860	18,294	3,049
	2,6783	2,7940	3,8368		
	2,2221	2,8739	3,8895		
1,40	4,8723	4,2899	4,3555	27,003	4,501
	4,7712	4,1991	4,2985		
	4,6890	4,5405	4,5047		
1,18	4,6201	4,7383	4,8894	28,014	4,669
	4,5871	4,6992	4,8101		
	4,4939	4,6648	4,7585		
Total	36,128	37,668	42,911	80,256	
Media	3,011	3,139	3,576		3,248

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Análisis de varianza para los sólidos totales extraídos**

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tamaño de Partícula	88,9286022	11	8,08441838	50,7514945	4,9295E-13	2,25851836
Temperatura	2,1073452	2	1,0536726	6,61463281	0,00563261	3,44335678
Error	3.50447226	22	0,15929419			
Total	94,5404197	35				

Fuente: elaboración propia.

3.8.5. **Análisis de varianza de dos factores para el pH del extracto acuoso de la semilla de linaza**

Se realizó un análisis de varianza para evaluar el efecto que tienen los factores de tamaño de partícula y temperatura de la solución extractora en el pH del extracto acuoso de la semilla de linaza, obteniendo las tablas siguientes, cuya descripción se encuentra en el análisis de resultados:

Tabla XX. **Análisis de varianza para el pH del extracto acuoso de la semilla de linaza**

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tamaño de Partícula	1,3932	11	0,12665455	1,43182344	0,22754013	2,25851836
Temperatura	1,72415	2	0,862075	9,74571568	0,00093134	3,44335678
Error	1,94605	22	0,08845682			
Total	5,0634	35				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Experimento de dos factores para el pH

pH del extracto acuoso de la semilla de linaza					
Factor A	FactorB			Total	Media
No. de Tamiz (mm)	Temperatura (°C)				
	50	70	90		
2	6,79	6,72	6,58	57,480	6,387
	6,05	6,63	5,84		
	6,07	6,70	6,10		
1,680	6,93	6,96	6,20	36,760	6,127
	6,07	6,95	5,35		
	6,20	6,12	6,07		
1,40	6,50	6,57	5,63	36,790	6,132
	5,93	6,63	5,99		
	6,08	6,30	5,86		
1,18	6,42	6,39	6,20	37,970	6,328
	6,70	6,19	6,23		
	6,69	6,16	6,00		
Total	76,430	78,320	72,050	169,000	
Media	6,369	6,527	6,004		6,243

Fuente: elaboración propia.

3.8.6. Análisis de varianza de dos factores para el índice de refracción del extracto acuoso de la semilla de linaza

Se realizó un análisis de varianza para evaluar el efecto que tienen los factores de tamaño de partícula y temperatura de la solución extractora en el índice de refracción del extracto acuoso de la semilla de linaza, obteniendo las tablas siguientes, cuya interpretación se encuentra en el análisis de resultados:

Tabla XXII. Experimento de dos factores para el índice de refracción

Indicé de refracción del extracto acuoso de la semilla de linaza					
Factor A	FactorB			Total	Media
No. de Tamiz (mm)	Temperatura (°C)				
	50	70	90		
2	1,335	1,336	1,337	12,026	1,336
	1,336	1,336	1,337		
	1,336	1,336	1,337		
1,680	1,337	1,337	1,337	8,022	1,337
	1,337	1,337	1,337		
	1,337	1,337	1,337		
1,40	1,337	1,337	1,337	8,022	1,337
	1,337	1,337	1,337		
	1,337	1,337	1,337		
1,18	1,337	1,337	1,337	8,022	1,337
	1,337	1,337	1,337		
	1,337	1,337	1,337		
Total	16,040	16,041	16,044	36,092	
Media	1,337	1,337	1,337		1,337

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. Análisis de varianza para el índice de refracción del extracto acuoso de la semilla de linaza

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Tamaño de Partícula	4,3056E-06	11	3,9141E-07	3,29787234	0,00828637	2,25851836
Temperatura	7,2222E-07	2	3,6111E-07	3,04255319	0,06814166	3,44335678
Error	2,6111E-06	22	1,1869E-07			
Total	7,6389E-06	35				

Fuente: elaboración propia.

3.8.7. Análisis de varianza de dos factores para el rendimiento del extracto acuoso de la semilla de linaza

Se realizó un análisis de varianza para evaluar el efecto que tienen los factores de tamaño de partícula y temperatura de la solución extractora en el rendimiento del extracto acuoso de la semilla de linaza, obteniendo las tablas siguientes, cuya interpretación se encuentra en el análisis de resultados:

Tabla XXIV. Experimento de dos factores para el rendimiento del extracto acuoso de la semilla de linaza

Rendimiento del extracto acuoso de la semilla de linaza (%)					
Factor A	Factor B			Total	Media
No. de Tamiz (mm)	Temperatura (°C)				
	50	70	90		
2	9,73	8,23	29,87	146,667	16,296
	18,10	9,17	30,93		
	7,53	8,03	25,07		
1.680	22,70	17,83	19,70	146,600	24,433
	21,23	25,40	24,43		
	25,23	24,50	25,80		
1.40	18,07	18,77	17,07	110,700	18,450
	17,70	17,50	19,00		
	18,23	18,10	20,17		
1.18	26,97	22,83	29,37	127,333	21,222
	19,00	24,37	20,00		
	25,67	20,77	17,53		
Total	230,167	215,500	278,933	531,300	
Media	19,181	17,958	23,244		20,100

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Análisis de varianza para el rendimiento del extracto acuoso de la semilla de linaza**

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tamaño de Partícula	455,304074	11	41,3912795	1,40894089	0,23711189	2,25851836
Temperatura	183,807963	2	91,9039815	3,12837097	0,06372452	3,44335678
Error	646,306852	22	29,3775842			
Total	1285,41889	35				

Fuente: elaboración propia.

3.8.8. **Análisis de varianza de dos factores para la viscosidad del extracto acuoso de la semilla de linaza**

Se realizó un análisis de varianza para evaluar el efecto que tienen los factores de tamaño de partícula y temperatura de la solución extractora en la viscosidad del extracto acuoso de la semilla de linaza, obteniendo las tablas siguientes, cuya interpretación se encuentra en el análisis de resultados:

Tabla XXVI. **Análisis de varianza para la viscosidad del extracto acuoso de la semilla de linaza**

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tamaño de Partícula	494232,703	11	44930,2457	3,22059417	0,00940861	2,25851836
Temperatura	1537863,03	2	768931,517	55,1169112	2,7032E-09	3,44335678
Error	306920,199	22	13950,9182			
Total	2339015,94	35				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. Experimento de dos factores para la viscosidad del extracto acuoso de la semilla de linaza

Viscosidad del extracto acuoso de la semilla de linaza (N.S/m ² , cP)					
Factor A	FactorB			Total	Media
No. de Tamiz (mm)	Temperatura (°C)				
	50	70	90		
2	275,00	525,00	615,00	4 185,000	465,000
	278,00	518,00	590,00		
	280,00	524,00	580,00		
1,680	360,00	520,00	740,00	3 490,400	581,733
	365,00	615,40	745,00		
	370,00	595,00	800,00		
1,40	367,00	580,70	925,00	3 802,300	633,717
	350,00	580,00	945,00		
	372,00	620,30	935,00		
1,18	520,40	522,00	1200,00	4 818,500	803,083
	518,00	825,00	1090,00		
	285,50	850,00	1250,00		
Total	4 340,900	7 275,400	10 415,000	16 296,200	
Media	361,742	606,283	867,917		620,883

Fuente: elaboración propia.

4. RESULTADOS

4.1. Propiedades físicas del extracto acuoso

Las propiedades físicas que fueron determinadas para este estudio son: color, viscosidad, humedad, pH, índice de refracción y sólidos totales, sobre los cuales, en el capítulo anterior, se describió como fueron extraídos.

En la figura 22 se muestra la comparación del color para el extracto acuoso de la semilla de linaza entera; para el tamiz número 10 y con variación de temperatura entre 50, 70 y 90 °C respectivamente, en la imagen se observa un aumento en el tono de color de claro a oscuro, de izquierda a derecha, a medida que fue aumentando la temperatura.

Figura 22. **Comparación del color del extracto acuoso de semilla de linaza entera**



Fuente: parte experimental en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-, USAC.

En la figura 23 se pueden observar las variantes del extracto de la semilla de linaza molida respecto a su color. Esta fue pasada por el tamiz número 12 (1,680 mm), con una variación de temperatura de 50, 70 y 90 °C respectivamente. Como se aprecia en la imagen, únicamente se observan ligeros cambios de tonalidad de claro a oscuro, a medida que fue en aumento la temperatura, de izquierda a derecha.

Figura 23. **Comparación del color del extracto acuoso de semilla de linaza molida. Tamiz 12**



Fuente: parte experimental en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEEXVE–,USAC.

En la figura 24 se muestra el extracto acuoso en la semilla de linaza molida, pasada por el tamiz 14 (1,40 mm), con variación de temperatura de 50, 70 y 90 °C, en donde no existe variación de color entre las muestras obtenidas a medida que aumenta la temperatura, de derecha a izquierda en la imagen. Este cambio físico puede ser perceptible a simple vista.

Figura 24. **Comparación del color del extracto acuoso de semilla de linaza molida. Tamiz 14**



Fuente: parte experimental en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIECVE-, USAC.

Figura 25. **Comparación del color del extracto acuoso de semilla de linaza molida. Tamiz 16**

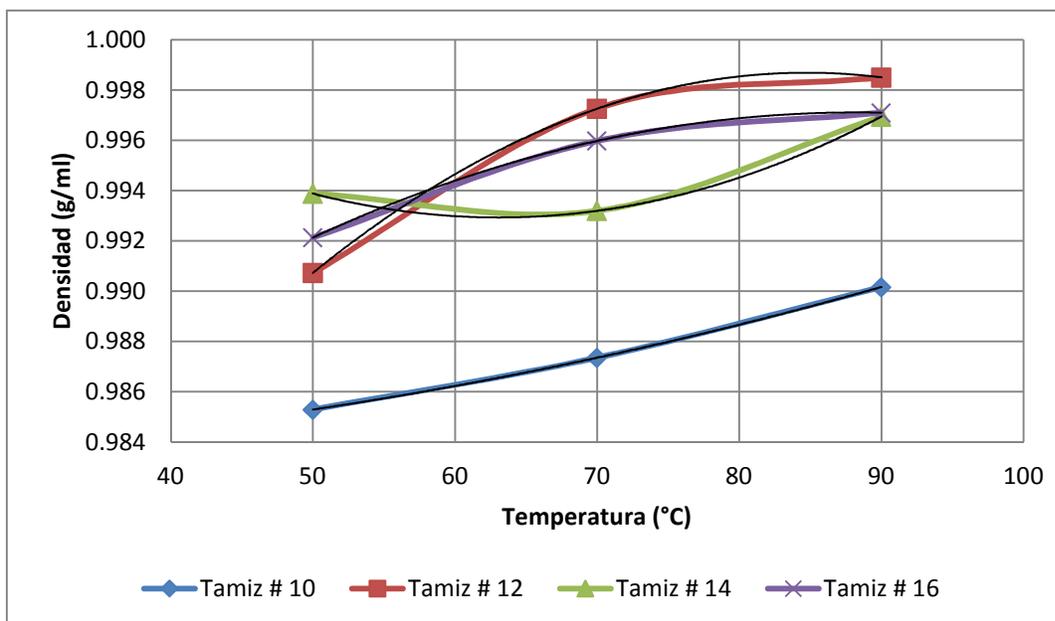


Fuente: parte experimental en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIECVE-, USAC.

En la figura 25 se muestra el extracto acuoso en la semilla de linaza molida, pasada por el tamiz 16 (1,18 mm), con variación de temperatura de 50, 70 y 90 °C, en donde la variación de color no existe entre las muestras obtenidas mientras aumenta la temperatura, de derecha a izquierda en la imagen. Este cambio físico es perceptible a simple vista.

En la figura 26 se muestran las gráficas del comportamiento de la densidad de cada muestra. A medida que aumenta la temperatura, cada muestra actúa de una forma distinta, por lo que en cada muestra se obtiene una densidad distinta, tomando en cuenta que a los 50 °C las muestras de linaza molida ya tienen una densidad que se encuentra por encima de la densidad de la muestra obtenida con semilla entera.

Figura 26. **Densidades del extracto acuoso de las semillas de linaza**



Fuente: elaboración propia con la ayuda de las tablas del apéndice 2.

La tabla XXVIII contiene los modelos matemáticos de la densidad para las gráficas de la figura 26, también la correlación de la densidad para cada muestra según el tamiz utilizado para clasificar el tamaño de partículas.

Tabla XXVIII. **Modelo de correlación de la figura 26**

No. de tamiz	Modelo Matemático	Correlación
10	$\rho = 9E-07(T^{\circ}C)^2 - 9E-06(T^{\circ}C) + 0,9834$	1
12	$\rho = -7E-06(T^{\circ}C)^2 + 11E-03(T^{\circ}C) + 0,9513$	1
14	$\rho = 6E-06(T^{\circ}C)^2 - 7E-04(T^{\circ}C) + 1,015$	1
16	$\rho = -3E-06(T^{\circ}C)^2 + 6E-04(T^{\circ}C) + 0,9706$	1

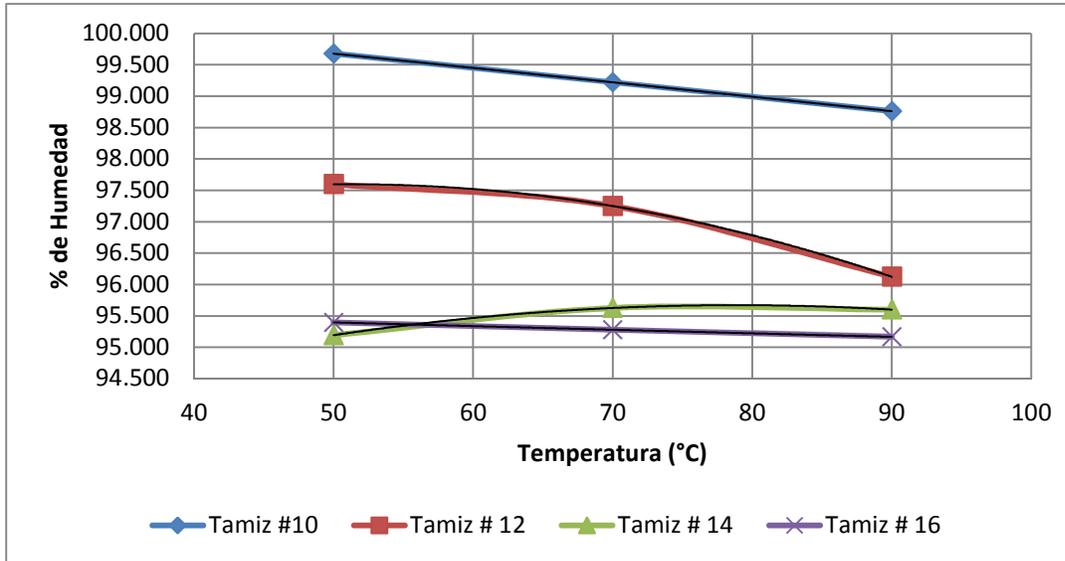
Fuente: elaboración propia, con base en datos experimentales de la figura 26.

La figura 27 grafica el porcentaje de humedad contenida de los extractos acuosos de linaza, en función de la temperatura. A medida que aumenta la temperatura disminuye la humedad concentrada en las muestras, así mismo el extracto de linaza entera es el que presenta mayor porcentaje de humedad al alcanzar la temperatura de 50 °C.

En todas las muestras presentes en las pruebas se observa que a medida que aumenta la temperatura, disminuye la humedad en los extractos; también a medida que las partículas son más pequeñas su concentración de humedad es inferior.

La tabla XXIX muestra los modelos matemáticos de las ecuaciones correspondientes y la correlación de cada modelo según el tamiz usado para la clasificación por tamaño.

Figura 27. **Humedad del extracto acuoso de las semillas de linaza**



Fuente: elaboración propia, con la ayuda de las tablas del apéndice 2.

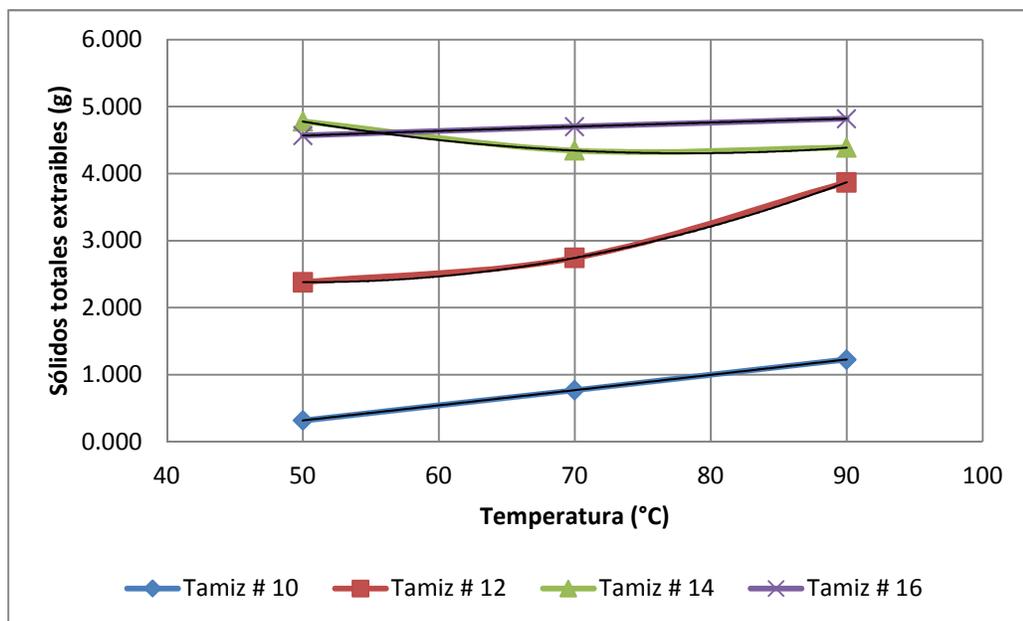
Tabla XXIX. **Modelo de correlación de la figura 27**

No. de tamiz	Modelo Matemático	Correlación
10	$H = -4E-06(T^{\circ}C)^2 - 223E-02(T^{\circ}C) + 100,8$	1
12	$H = -1E-03(T^{\circ}C)^2 + 997E-02(T^{\circ}C) + 95,05$	1
14	$H = -6E-04(T^{\circ}C)^2 + 907E-02(T^{\circ}C) + 92,09$	1
16	$H = 4E-06(T^{\circ}C)^2 - 63E-03(T^{\circ}C) + 95,703$	1

Fuente: elaboración propia, con la ayuda de los datos de la figura 27.

En la figura 28 se muestran las gráficas del contenido de sólidos totales extraíbles del extracto acuoso de la semilla de linaza variedad marrón, en función de la temperatura y el tamaño de partícula. A medida que la linaza se encuentra más molida se puede observar que el contenido de sólidos es mayor.

Figura 28. **Sólidos totales del extracto acuoso de las semillas de linaza**



Fuente: elaboración propia, con base en las tablas del apéndice 2.

La tabla XXX contiene los modelos matemáticos de la cantidad de los sólidos totales contenidos en los extractos para las gráficas de la figura 28, también la correlación de los modelos para cada muestra según el tamiz utilizado para clasificar el tamaño de partículas.

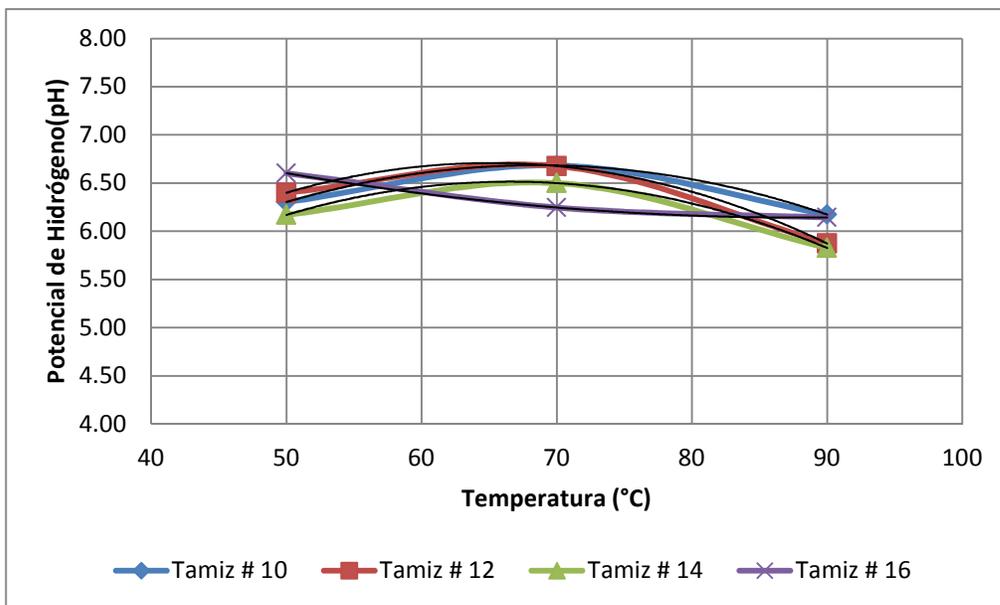
Tabla XXX. **Modelo de correlación de la figura 28**

No. de tamiz	Modelo Matemático	Correlación
10	$S= 8E-06(T^{\circ}C)^2+217E-02(T^{\circ}C)-0,7836$	1
12	$S=1E-03(T^{\circ}C)^2-97E-02(T^{\circ}C)+4,8332$	1
14	$S= 6E-04(T^{\circ}C)^2-932E-02(T^{\circ}C)+7,9469$	1
16	$S= -2E-05(T^{\circ}C)^2+9E-03(T^{\circ}C)+4,1643$	1

Fuente: elaboración propia, con la ayuda de los datos experimentales de la figura 28.

La figura 29 muestra las gráficas del potencial de hidrógeno (pH) del extracto acuoso de la semilla de linaza variedad marrón, en función de la temperatura y el tamaño de partícula.

Figura 29. **pH del extracto acuoso de las semillas de linaza**



Fuente: elaboración propia, con base en las tablas del apéndice 2.

La tabla XXXI contiene los modelos matemáticos del contenido de pH para los extractos de las gráficas de la figura 29, también la correlación de los modelos para cada muestra según el tamiz utilizado para clasificar el tamaño de partículas.

Tabla XXXI. **Modelo de correlación matemática de la figura 29**

No. de tamiz	Modelo Matemático	Correlación
10	$\text{pH} = -11\text{E}-03(\text{T}^\circ\text{C})^2 + 0,153(\text{T}^\circ\text{C}) + 1,4596$	1
12	$\text{pH} = -13\text{E}-03(\text{T}^\circ\text{C})^2 + 0,176(\text{T}^\circ\text{C}) + 0,9833$	1
14	$\text{pH} = -13\text{E}-03(\text{T}^\circ\text{C})^2 + 0,167(\text{T}^\circ\text{C}) + 0,9554$	1
16	$\text{pH} = 3\text{E}-04(\text{T}^\circ\text{C})^2 - 0,056(\text{T}^\circ\text{C}) + 8,6033$	1

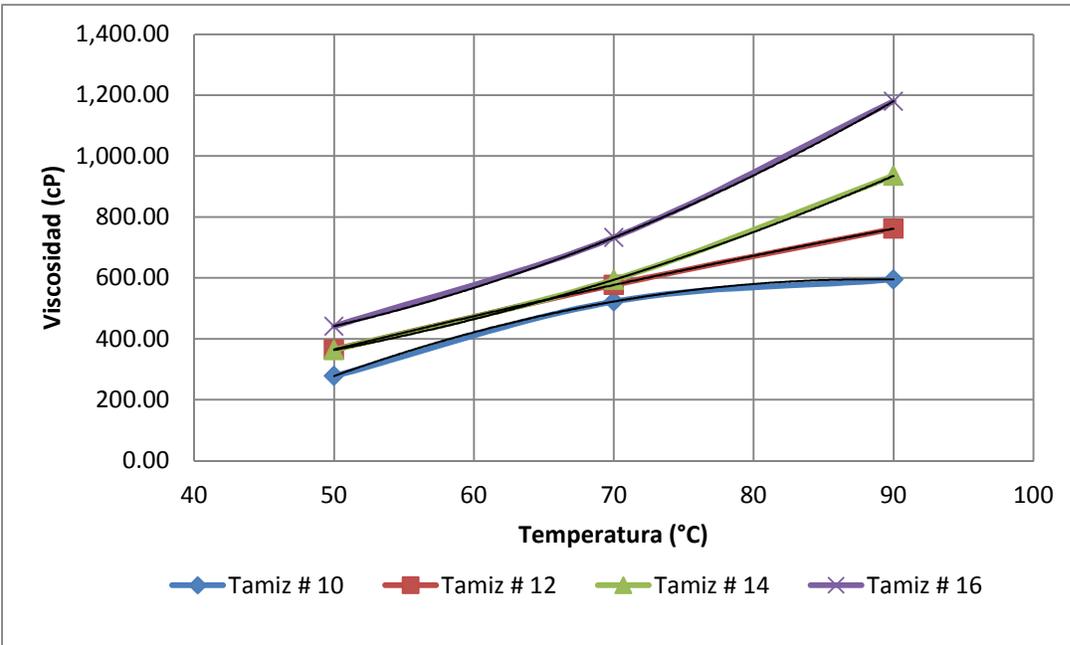
Fuente: elaboración propia, con base en datos experimentales de la figura 28.

En la figura 30 se muestra la gráfica de la viscosidad del extracto acuoso de la semilla de linaza variedad marrón. En función de la temperatura y el tamaño de partícula para las muestras dadas, se puede observar que la viscosidad de las muestras aumenta mientras aumenta la temperatura.

En la gráfica se ilustra que a medida que aumenta la temperatura la viscosidad aumenta, presentando un comportamiento directamente proporcional a la temperatura en los 4 tamaños de partícula evaluados.

La tabla XXXII contiene los modelos matemáticos de la viscosidad para los extractos de las gráficas de la figura 30, también la correlación de los modelos para cada muestra según el tamiz utilizado para clasificar el tamaño de partículas.

Figura 30. **Viscosidad del extracto acuoso de las semillas de linaza**



Fuente: elaboración propia, con ayuda de las tablas del apéndice 2.

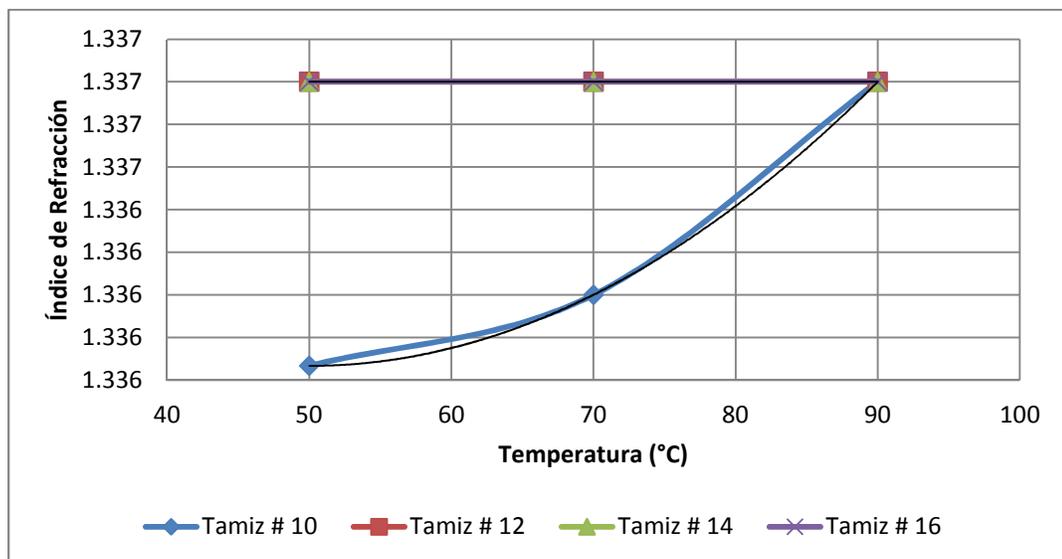
Tabla XXXII. **Modelo de correlación matemática de la figura 30**

No. de tamiz	Modelo Matemático	Correlación
10	$V = -0,215(T^{\circ}\text{C})^2 + 38,033(T^{\circ}\text{C}) - 1086,5$	1
12	$V = -0,034(T^{\circ}\text{C})^2 + 14,63(T^{\circ}\text{C}) - 282,33$	1
14	$V = 0,1383(T^{\circ}\text{C})^2 - 5,067(T^{\circ}\text{C}) + 270,5$	1
16	$V = 0,1958(T^{\circ}\text{C})^2 - 8,9433(T^{\circ}\text{C}) + 3,9899$	1

Fuente: elaboración propia, con ayuda de los datos experimentales de la figura 30.

La figura 31 contiene las gráficas del índice de refracción del extracto acuoso de la semilla de linaza variedad marrón, en función de la temperatura y el tamaño de partícula. No existe gran diferencia entre los extractos, únicamente en la semilla del tamiz 10 se presenta una variación significativa.

Figura 31. **Índice de refracción del extracto acuoso de las semillas de linaza**



Fuente: elaboración propia, con ayuda de las tablas del apéndice 2.

La tabla XXXIII contiene los modelos matemáticos del índice de refracción para los extractos de las gráficas de la figura 31, también la correlación de los modelos para cada muestra según el tamiz utilizado para clasificar el tamaño de partículas.

La linaza del tamiz 10 es la linaza que se trabajó entera y la que presentó un cambio de tonalidad significativo del color mientras se aumentaba el calor.

Tabla XXXIII. **Modelo de correlación matemática de la figura 31**

No. de tamiz	Modelo Matemático	Correlación
10	$IR = 8E-07 (T^{\circ}C)^2 - 8E-05(T^{\circ}C) + 1,3377$	1
12	$IR = -5E-17X + 1,337$	N/A
14	$IR = -5E-17X + 1,337$	N/A
16	$IR = -5E-17X + 1,337$	N/A

Fuente: elaboración propia, con ayuda de los datos experimentales de la figura 31.

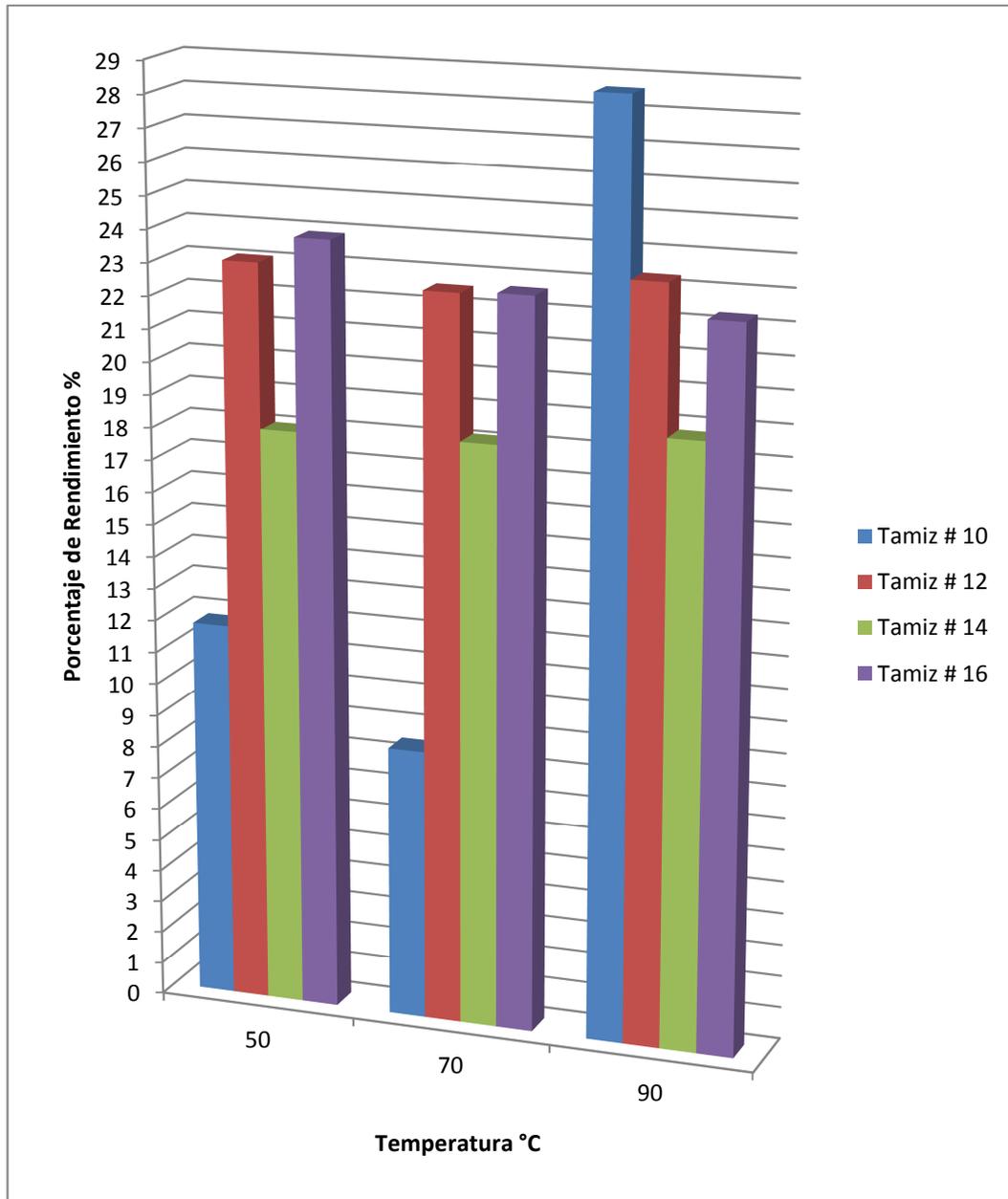
En la figura 32 se grafica el rendimiento porcentual total del extracto acuoso de la semilla de linaza variedad marrón, en función de la temperatura y el tamaño de partícula. La figura ilustra el comportamiento de los cuatro tamaños de partículas expuestos a las tres temperaturas experimentales.

Se observa que el extracto obtenido de la semilla entera, tamiz número 10 y a 90°C de temperatura, presentó mayor rendimiento comparado con los demás.

4.2. Contenido químico del extracto acuoso

En la tabla XXXIV se describe el análisis proximal del extracto acuoso de la semilla de linaza variedad marrón, en función de la temperatura y el tamaño de partícula, y también se ilustran las propiedades que pudieron ser analizadas en la semilla presentadas en porcentaje.

Figura 32. Rendimiento porcentual total del extracto acuoso



Fuente: elaboración propia, con la ayuda de las tablas del apéndice 2.

Tabla XXXIV. **Análisis proximal del extracto acuoso de la semilla de linaza**

No. Tamiz	Temperatura °C	Descripción	Base	Agua (%)	M.S.T. (%)	E.E. (%)	F.C. (%)	Proteína cruda (%)	Cenizas (%)	E.L.N. (%)	Calcio (%)	Fósforo (%)	F.A.D. (%)	F.N.D. (%)	Lignina (%)	Dig. Pepsina (%)	Dig. K.O.H. (%)	p.h.	E.B. cal/kg			
10	Ambiente	Semilla entera	Seca	6,630	93,370	13,850	44,040	21,410	3,860	17,040	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
			Como alimento	--	--	12,930	41,120	19,990	3,420	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
	50	Extracto acuoso	Seca	47,400	52,600	0,030	10,020	6,760	12,710	70,490	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
			Como alimento	--	--	0,010	5,270	3,550	6,880	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	70	Extracto acuoso	Seca	26,660	70,340	0,050	1,710	11,860	13,480	72,900	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
			Como alimento	--	--	0,030	1,200	8,350	9,480	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
90	Extracto acuoso	Seca	42,600	57,400	0,170	2,870	13,970	13,220	69,780	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
		Como alimento	--	--	0,100	1,650	8,020	7,590	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12	50	Extracto acuoso	Seca	7,890	92,110	13,50	10,910	25,250	5,610	4,790	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
			Como alimento	--	--	12,390	10,050	23,260	5,160	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	70	Extracto acuoso	Seca	6,370	93,630	6,430	11,860	25,760	5,480	50,470	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
			Como alimento	--	--	6,020	11,110	24,120	5,130	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	90	Extracto acuoso	Seca	9,050	90,950	5,640	16,310	17,630	5,800	54,620	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
			Como alimento	--	--	5,130	14,840	16,040	5,280	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14	50	Extracto acuoso	Seca	5,470	94,530	4,150	39,850	24,950	7,000	24,050	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
			Como alimento	--	--	3,920	37,670	23,590	6,620	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	70	Extracto acuoso	Seca	5,410	94,590	3,800	5,170	24,980	7,120	58,940	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
			Como alimento	--	--	3,590	4,890	23,630	6,730	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	90	Extracto acuoso	Seca	8,400	91,600	2,610	6,680	24,520	7,570	58,620	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
			Como alimento	--	--	2,390	6,120	22,460	6,930	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
16	50	Extracto acuoso	Seca	15,650	84,350	15,350	7,020	26,030	6,780	44,820	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
			Como alimento	--	--	12,950	5,920	21,960	5,720	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	70	Extracto acuoso	Seca	10,120	89,880	10,650	8,610	26,140	5,930	48,660	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
			Como alimento	--	--	9,570	7,740	23,500	5,330	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	90	Extracto acuoso	Seca	19,420	80,580	6,090	11,430	24,940	6,830	50,700	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
			Como alimento	--	--	4,910	9,210	20,100	5,500	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: datos experimentales, obtenidos del apéndice 3.

4.3. Análisis microbiológico del extracto

La tabla XXXV tabula el recuento de coliformes totales del extracto acuoso de la semilla de linaza variedad marrón, en función de la temperatura y el tamaño de partícula, dando como resultados: negativo para el extracto obtenido con semilla entera, positivo en los extractos obtenidos con semilla molida.

Tabla XXXV. **Recuento de coliformes totales del extracto acuoso**

No. tamiz	Temperatura °C	Recuento total de coliformes (UFC/g)
10	50	Negativo
	70	Negativo
	90	Negativo
12	50	40×10^{-3}
	70	20×10^{-5}
	90	30×10^{-5}
14	50	40×10^{-4}
	70	38×10^{-3}
	90	20×10^{-2}
16	50	50×10^{-2}
	70	40×10^{-3}
	90	80×10^{-4}

Fuente: datos experimentales obtenidos del apéndice 3.

4.4. Elaboración del gel de cabello

A continuación se presentan los pasos que se llevaron a cabo para la elaboración del gel para el cabello, con base en el extracto acuoso de la semilla

de linaza variedad marrón, obtenido a 90 °C de temperatura y tamaño de partícula de 2mm.

4.4.1. Formulación

La tabla XXXVI muestra la cantidad de ingredientes contenida en una porción de 2 500 g de extracto acuoso de linaza.

Tabla XXXVI. **Ingredientes para una muestra de 2 500 g de linaza**

Formula	Descripción	Cantidad de extracto (g)	Agua (ml)	Trietanolamina (g)	Carbopol (g)	Esencia (ml)	Peso Total (g)	Propil parabeno (g)
1	Extracto acuoso sin concentrar con viscosidad de 69,7 cP	2 500	1 000	75	100	2	3 175	4,7625
2	Extracto acuoso concentrado con viscosidad de 76,61 cP	2 500	1 000	100	150	2	3 250	4,875
3	Extracto acuoso concentrado con viscosidad de 98,54 cP	2 500	1 000	150	200	2	3 350	5,025

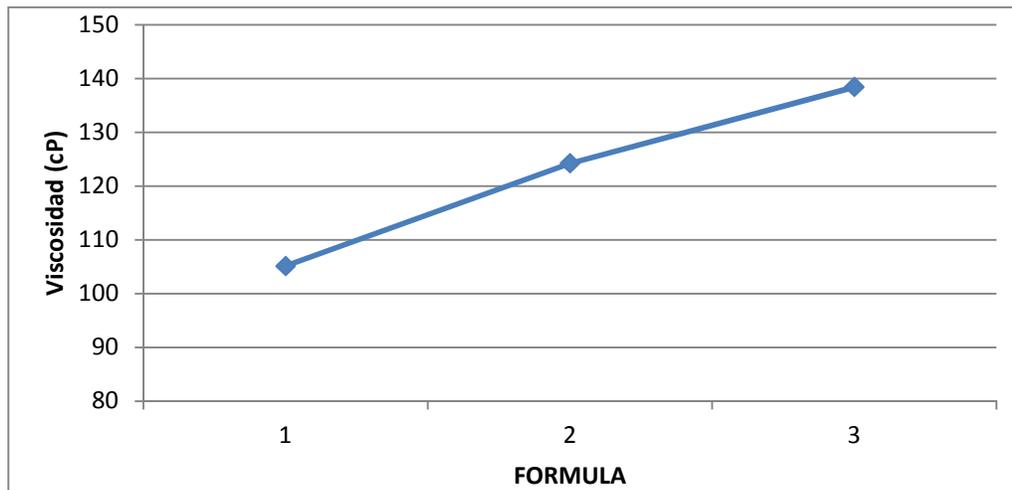
Fuente: datos experimentales obtenidos del apéndice 3.

4.4.2. Propiedades físicas del producto

La figura 33 representa la viscosidad del producto terminado, el cual presentó un comportamiento directamente proporcional a la viscosidad del

extracto acuoso, es decir que la viscosidad del producto aumenta de acuerdo a la viscosidad del extracto utilizado con base. De la misma forma, la tabla XXXVII muestra la expresión matemática de la gráfica con su correlación.

Figura 33. **Viscosidad del producto**



Fuente: elaboración propia, con la ayuda de las tablas del apéndice 2.

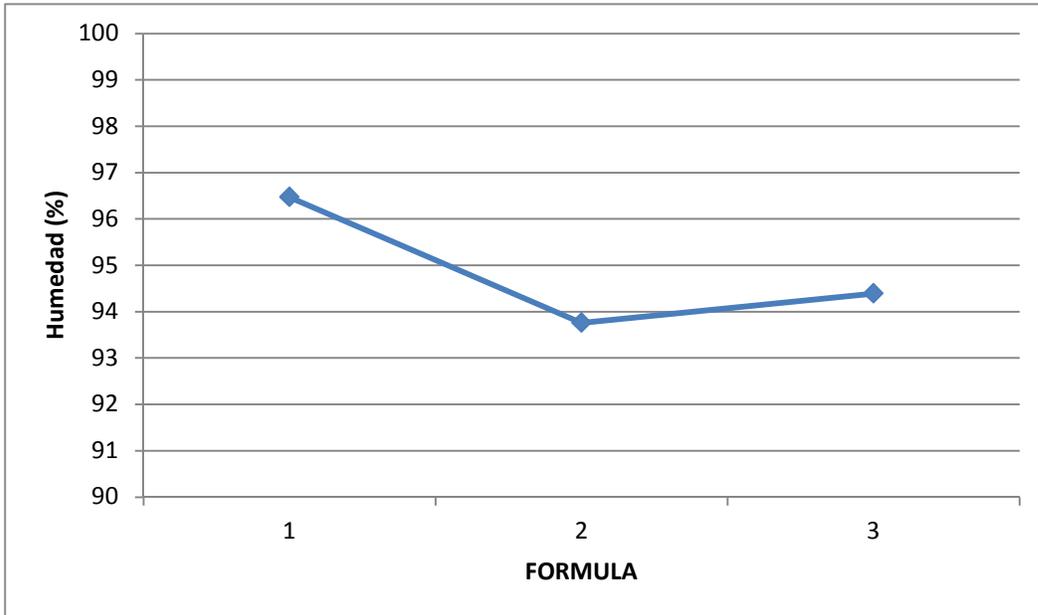
Tabla XXXVII. **Modelo matemático y correlación de la figura 33**

Modelo Matemático	Correlación
$Y = -2,45 X^2 + 26,45X + 81,1$	1

Fuente: elaboración propia con la ayuda de los datos de la figura 33.

La figura 34 muestra el porcentaje de humedad del producto terminado y la tabla XXXVIII muestra el modelo matemático de la figura, así como la correlación de la misma.

Figura 34. **Humedad del producto**



Fuente: elaboración propia, con la ayuda de los datos de la tabla del apéndice 2.

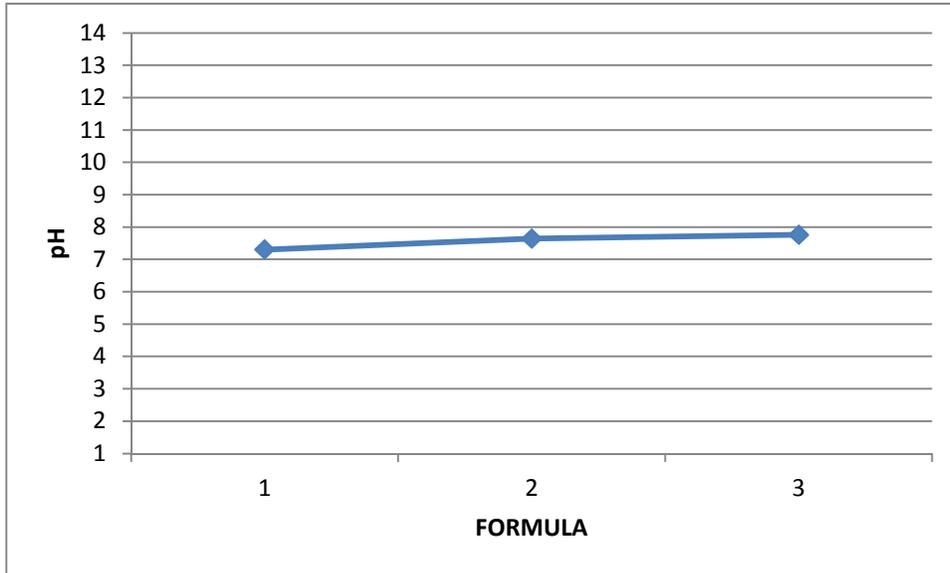
Tabla XXXVIII. **Modelo matemático y correlación de la figura 34**

Modelo Matemático	Correlación
$Y = 1,67 X^2 - 7,72 X + 102,52$	1

Fuente: elaboración propia, con la ayuda de los datos de la figura 34.

La figura 35 muestra la gráfica del pH del producto, el cual no presenta un cambio significativo al pH neutro. Con base en las tablas planteadas en el apéndice 2, la tabla XXXIX muestra el modelo matemático y la correlación de la gráfica del pH.

Figura 35. pH del producto



Fuente: elaboración propia, con la ayuda de las tablas del apéndice 2

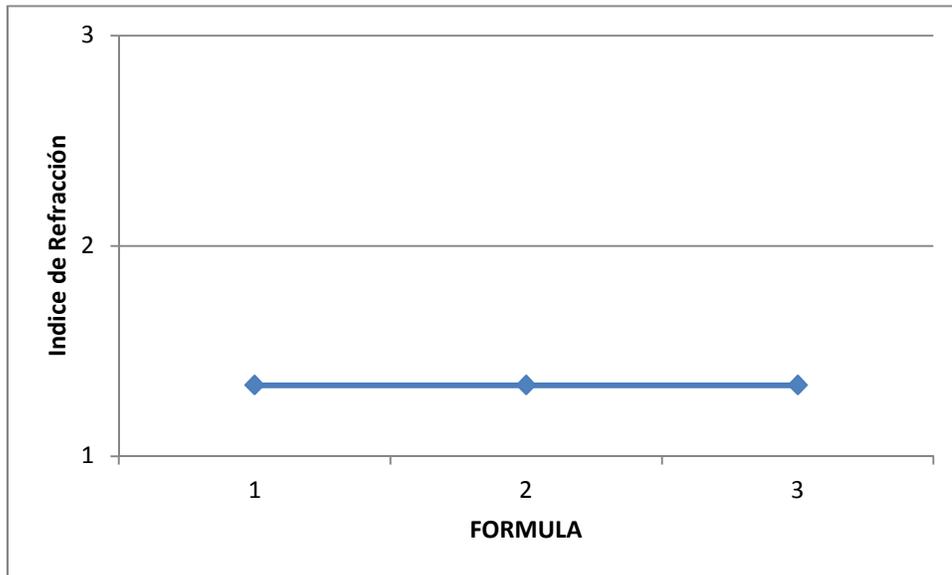
Tabla XXXIX. Modelo matemático y correlación de la figura 35

Modelo Matemático	Correlación
$Y = -0,11 X^2 + 0,67 X + 6,74$	1

Fuente: elaboración propia, con la ayuda de los datos experimentales de la figura 35.

La figura 36 muestra la gráfica del índice de refracción del producto a partir de los datos obtenidos en la tabla del apéndice 2. La tabla XL muestra el modelo matemático de la gráfica y la correlación de la misma.

Figura 36. Índice de refracción del producto



Fuente: elaboración propia, con la ayuda de la tabla del apéndice 2.

Tabla XL. Modelo matemático y correlación de la figura 36

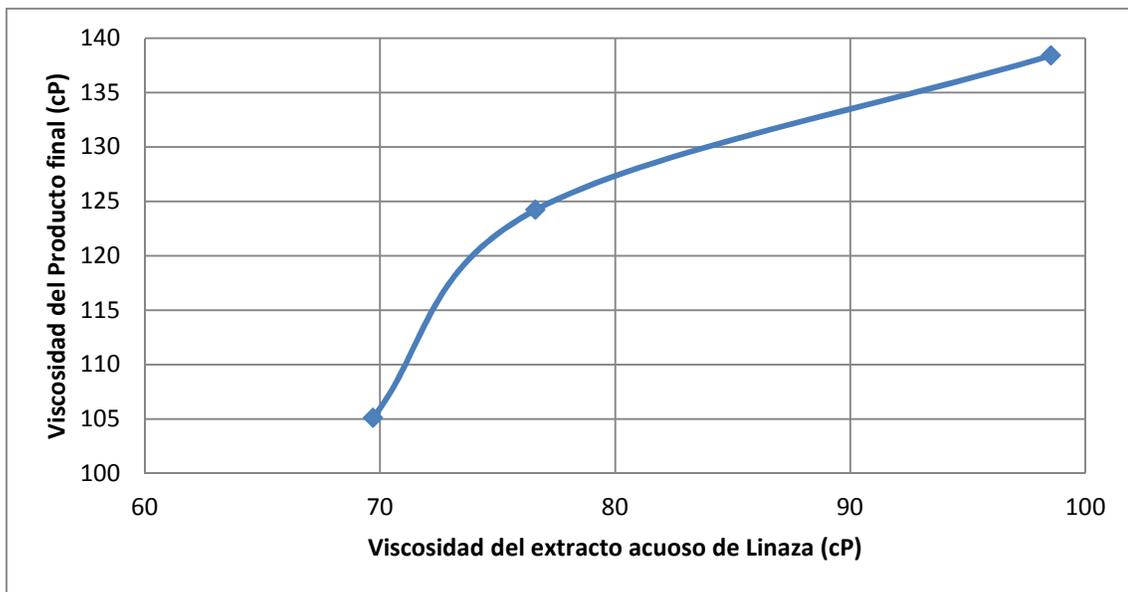
Modelo Matemático	Correlación
$Y = 1,337$	N/A

Fuente: elaboración propia, con la ayuda de los datos de la figura 36.

La figura 37 muestra el perfil de viscosidad del producto final, en función de la viscosidad del extracto acuoso utilizado en la formulación, el cual presentó un comportamiento directamente proporcional a la viscosidad del extracto acuoso, es decir que la viscosidad del producto aumenta de acuerdo a la

viscosidad del extracto utilizado con base, de acuerdo a los datos de la tabla del apéndice 2.

Figura 37. **Perfil de viscosidad del producto final**



Fuente: elaboración propia, con la ayuda de las tablas del apéndice 2.

Tabla XLI. **Modelo matemático y correlación de la figura 37**

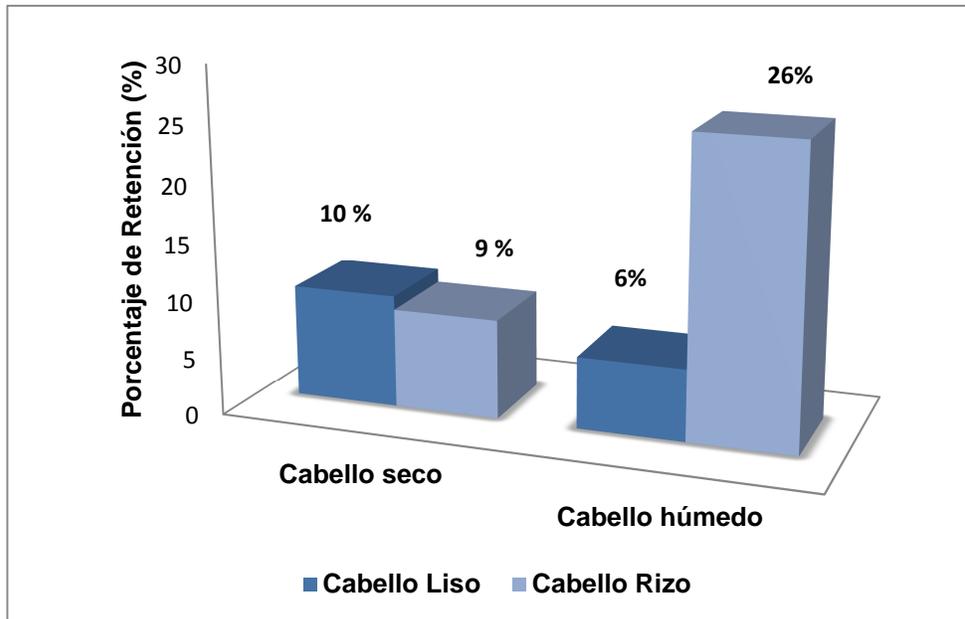
Modelo Matemático	Correlación
$Y = -0,0734 X^2 + 13,502 X - 479,45$	1

Fuente: elaboración propia, con la ayuda de los datos experimentales de la figura 37.

La figura 38 muestra el porcentaje de retención del producto en el cabello expuesto a humedad relativa de 90% y a temperatura ambiente de 21 °C,

durante 24 horas. Esta prueba fue hecha en cabello seco y mojado, presentando mayor rendimiento en el cabello rizo y húmedo.

Figura 38. **Porcentaje de retención del producto**



Fuente: elaboración propia, con ayuda de los datos de las tablas del apéndice 2.

4.4.3. **Envasado y etiquetado**

Las figura 39 muestra el recipiente de plástico de 400 gramos en donde se envasa el producto para su comercialización. La figura 40 muestra la etiqueta del producto, con un nombre comercial, la descripción de los ingredientes, el modo de uso, la fecha de caducidad y el peso de la presentación. La figura 41 muestra tres envases con la presentación final del producto listo para distribución y consumo.

Figura 39. Recipiente de plástico de 400 gramos



Fuente: parte experimental en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-, USAC.

Figura 40. Etiqueta de presentación del producto



Fuente: elaboración propia.

Figura 41. **Producto final**



Fuente: parte experimental en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE-, USAC.

4.4.4. **Análisis microbiológico y pruebas de anaquel**

En la tabla XLII se presenta el estudio de anaquel, es decir la estabilidad o larga duración del producto, mediante análisis microbiológico y recuento total de coliformes.

Tabla XLII. **Análisis microbiológico y recuento total de coliformes**

formula	Fecha y hora de ingreso al laboratorio	Fecha y hora de muestreo	Recuento total de coliformes (UFC/g)
1	26/11/2012; 12:15 horas	22/11/2012; 10:00 horas.	< 10 No se aisló Escherichia coli.
2			$5,7 \times 10^{-4}$ No se aisló Escherichia coli.
3			$5,7 \times 10^{-4}$ No se aisló Escherichia coli.
1	07/02/2013; 11:35 horas	22/11/2012; 10:00 horas	< 10 No se aisló Escherichia coli.
2			< 10 No se aisló Escherichia coli.
3			< 10 No se aisló Escherichia coli.

Fuente: elaboración propia, con ayuda del apéndice 3.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El objetivo del presente trabajo de graduación fue evaluar el rendimiento y las propiedades fisicoquímicas del extracto acuoso de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*) aplicado a cosméticos, obtenido a nivel laboratorio mediante la técnica maceración dinámica. Para llevar a cabo este objetivo se establecieron 4 tamaños de partícula de la semilla (2, 1,680, 1,40 y 1,18 mm) y 3 temperaturas (50, 70 y 90 °C), con el fin de evaluar el comportamiento de las propiedades fisicoquímicas del extracto acuoso en función de dichas variables y determinar si existe diferencia significativa mediante el análisis de ANOVA de dos factores. También se determinó cuáles son las condiciones ideales para obtener extracto acuoso para elaborar un producto para el cabello. Las propiedades fisicoquímicas que se determinaron fueron las siguientes:

Se determinó el color del extracto, el cual, para la figura 22 (semilla entera tamiz número 10), fue aumentando al igual que la temperatura. En el caso de las figuras 23, 24 y 25 (semilla molida tamiz 12, 14 y 16, respectivamente) el color permaneció constante a medida que la temperatura fue aumentando.

La densidad del extracto acuoso de la semilla de linaza variedad marrón en tamaño de partícula de (2, 1,680, 1,40 y 1,18) presentó un comportamiento directamente proporcional a la temperatura, a diferencia del extracto obtenido a 70°C y a tamaño de partícula de (1,40 mm), el cual presentó un comportamiento diferente (ver figura 26). De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis estadístico, para el análisis de varianza de la densidad en las tablas XIV y XV, con un nivel de confianza de 95 %, se determinó que la F calculada es mayor

que la F teórica, por lo que se rechaza la hipótesis planteada, es decir que no existe diferencia significativa en la densidad del extracto acuoso en función del tamaño de partícula y de la temperatura de la solución extractora.

La humedad del extracto acuoso de la semilla de linaza variedad marrón, en función de la temperatura y el tamaño de partícula de 2 y 1,680 mm, presentó un comportamiento inversamente proporcional, es decir que a medida que la temperatura aumentó, la humedad fue disminuyendo. En el caso del extracto obtenido a un tamaño de partícula de 1,40 y 1,18 mm, se observó menos humedad (ver figura 27). De acuerdo a los datos obtenidos en el análisis estadístico para el análisis de varianza de la humedad en las tablas XVI y XVII, con un nivel de confianza de 95 %, se determinó que la F calculada es mayor que la F teórica, por lo que se rechaza la hipótesis planteada, es decir que no existe diferencia significativa en la humedad del extracto acuoso en función del tamaño de partícula y de la temperatura de la solución extractora.

Los sólidos totales extraíbles del extracto acuoso de la semilla de linaza variedad marrón, en función de la temperatura y el tamaño de partícula (2, 1,680, 1,40 y 1,18), presentó un comportamiento directamente proporcional a la temperatura, a diferencia del extracto obtenido a 70 °C y con tamaño de partícula de (1,40 mm), el cual presentó un comportamiento distinto (ver figura 28). De acuerdo a los datos obtenidos en el análisis estadístico para el análisis de varianza de los sólidos totales extraíbles en las tablas XVIII y XIX, con un nivel de confianza de 95 %, se determinó que la F calculada es mayor que la F teórica, por lo que se rechaza la hipótesis planteada, es decir que no existe diferencia significativa en la extracción de los sólidos totales en función del tamaño de partícula y de la temperatura de la solución extractora.

El potencial de hidrógeno (pH) del extracto acuoso de la semilla de linaza variedad marrón, en función de la temperatura y el tamaño de partícula, presentó un comportamiento variado, manteniéndose en un intervalo de 5,87 a 6,68 (ver figura 29). De acuerdo a los datos obtenidos en el análisis estadístico para el análisis de varianza del potencial de hidrógeno (pH) en las tablas XX y XXI, con un nivel de confianza de 95 %, se determinó que la F calculada es mayor que la F teórica, por lo que se rechaza la hipótesis planteada, es decir que no existe diferencia significativa en el pH del extracto acuoso en función de la temperatura de la solución extractora. En el caso del pH en función del tamaño de partícula, se determinó que la F calculada es menor a la F teórica, por lo que se acepta la hipótesis; es decir, sí existe diferencia significativa en el pH en función de la variedad del tamaño de partícula de la semilla de linaza.

El índice de refracción del extracto acuoso de la semilla de linaza variedad marrón, en función de la temperatura y el tamaño de partícula, presentó el caso 1: extracto obtenido en las condiciones de tamaño de partícula de 2 mm, presentó un comportamiento directamente proporcional a la temperatura (ver figura 31); caso 2: los extractos obtenidos (1,680, 1,40 y 1,18) presentaron un comportamiento constante de 1,337 a medida que la temperatura aumentó (ver figura 31). De acuerdo a los datos obtenidos en el análisis estadístico para el análisis de varianza del índice de refracción en las tablas XXII y XXIII, con un nivel de confianza de 95 %, se determinó que la F calculada es mayor que la F teórica, por lo que se rechaza la hipótesis planteada, es decir que no existe diferencia significativa en el índice de refracción del extracto acuoso en función del tamaño de partícula de la semilla de linaza. En el caso del índice de refracción del extracto obtenido de la semilla de linaza en función de la temperatura, se determinó que la F calculada es menor a la F teórica, por lo que se acepta la hipótesis; es decir, sí existe diferencia significativa en el índice de refracción en función de la temperatura de la solución extractora.

El rendimiento porcentual total del extracto acuoso de la semilla de linaza variedad marrón, en función de la temperatura y el tamaño de partícula, no presentó un comportamiento homogéneo, es decir, fue variando en función de la temperatura y en función del tamaño de partícula. Se determinó que el extracto con mayor rendimiento fue obtenido a un tamaño de partícula de 2 mm (semilla entera) y temperatura de 90 °C (ver figura 32). De acuerdo a los datos obtenidos en el análisis estadístico para el análisis de varianza del rendimiento del extracto acuoso en las tablas XXIV y XXV, con un nivel de confianza de 95 %, se determinó que la F calculada es menor que la F teórica, por lo que se acepta la hipótesis planteada, es decir que sí existe diferencia significativa en el rendimiento del extracto acuoso en función del tamaño de partícula de la semilla de linaza y en función de la temperatura de la solución extractora.

La viscosidad del extracto acuoso de la semilla de linaza variedad marrón, en función de la temperatura y el tamaño de partícula, presentó un comportamiento directamente proporcional, es decir que a medida que aumentó el tamaño de partícula y la temperatura, la viscosidad también fue incrementando (ver figura 30). De acuerdo a los datos obtenidos en el análisis estadístico para el análisis de varianza de la viscosidad del extracto acuoso en las tablas XXVIII y XXIX, con un nivel de confianza de 95 %, se determinó que la F calculada es mayor que la F teórica, por lo que se rechaza la hipótesis planteada, es decir que no existe diferencia significativa en la viscosidad del extracto acuoso en función del tamaño de partícula de la semilla de linaza y en función de la temperatura de la solución extractora.

El análisis proximal del extracto acuoso de la semilla de linaza variedad marrón, en función de la temperatura y el tamaño de partícula, de la tabla XXXIV, hace observar que como base seca se encontró presente humedad,

masa seca total, extracto etéreo (grasa), fibra cruda, proteína cruda, cenizas y extracto libre de nitrógeno (carbohidratos totales). Como alimento se encontró presente extracto etéreo (grasa), fibra cruda, proteína cruda y cenizas.

Debido a la cantidad de humedad presente en las muestras se pudo determinar que el producto es susceptible al crecimiento excesivo de microorganismos, ya que niveles superiores al 8 % favorecen la presencia de insectos y, arriba del 14 %, existe el riesgo de contaminación por hongos y bacterias. Altos contenidos de cenizas indican la adición de un adulterante inorgánico. En el resultado obtenido se determinó un promedio de 7 % de cenizas. La proteína es el nutriente más importante en la dieta; su adecuada evaluación permite controlar la calidad de los insumos proteicos, y para los extractos se encontró un promedio de 19,7 %. La grasa o extracto etéreo es un estimador de la fracción lipídica de la muestra, se habla de extracto etéreo y no de grasa debido a que en este método el solvente recomendado extrae, además de los triglicéridos, otros tipos de sustancias lipídicas solubles en el solvente; en las muestras se encontró un promedio de 6 %.

Con el recuento de coliformes totales del extracto acuoso de la semilla de linaza variedad marrón, en función de la temperatura y el tamaño de partícula, de acuerdo a los resultados de la tabla XXXV, se determinó que el extracto obtenido de la semilla entera (2 mm y temperatura de 50 °C) arrojó un resultado negativo y no hubo presencia de coliformes totales. A diferencia de la semilla molida, el mayor resultado fue 50×10^{-2} UFC/g y, de acuerdo a la especificación del Reglamento Técnico Centroamericano, el resultado debe ser ausente o negativo. Este análisis se realizó con la muestra seca, después de haber eliminado el solvente por medio de rotaevaporación.

Para la elaboración del producto, de acuerdo a los resultados del rendimiento y el análisis microbiológico, se determinó que el extracto acuoso que se realizó bajo las condiciones de 90 °C de temperatura y 2 mm de tamaño de partícula (semilla entera) es el adecuado para hacer el producto.

Se establecieron 3 formulaciones (ver tabla XXXVI) en las cuales se definieron 3 viscosidades diferentes del extracto y se varió el peso del carbopol para estabilizar la consistencia del producto. Se determinaron las propiedades físicas del producto, de las cuales el comportamiento fue el siguiente:

La viscosidad presentó un comportamiento directamente proporcional, es decir fue aumentando de acuerdo a la viscosidad del extracto (ver las figuras 33 y 37). La humedad del producto en la fórmula 1 y 2 presenta una disminución, a diferencia de la fórmula 3 que pudo ser por la cantidad de carbopol presente en la fórmula, ya que se necesitó más agua para hidratar la mezcla. El pH del producto (ver figura 35) en las 3 formulaciones permaneció neutro, esto favorece, ya que se asemeja al pH del cuero cabelludo, debido a que un pH ácido o alcalino puede dañar el cabello. El índice de refracción del producto (ver figura 36) permaneció constante en 1,337 y no presentó una variación con el índice de refracción del extracto acuoso.

Se realizaron pruebas para determinar el porcentaje de retención del producto en el cabello lacio y rizado (ver figura 38), el cual fue expuesto a humedad relativa de 90 % y a temperatura ambiente de 21 °C, durante 24 horas, y se evaluó el cabello seco y húmedo. Se determinó que el cabello rizado y húmedo presentó mayor rendimiento de retención del producto, esto es un 26 %, debido a que el cabello está constituido por queratina (proteína fibrosa), que contiene una alta cantidad de cisteína. Las cadenas de queratina se acomodan de manera paralela por medio de enlaces de puentes disulfuro,

puentes de hidrógeno y puentes salinos entre un ácido y una base. El cabello rizado tiene la capacidad de absorber más humedad del ambiente que el cabello lacio. De acuerdo a las propiedades mencionadas, se determinó que la fórmula 1 presenta mejor consistencia y textura, y presentó un aspecto agradable, por lo que el producto se envasó y se etiquetó como la fórmula 1 (ver figuras 39, 40 y 41).

Se realizó el estudio de anaquel para determinar la estabilidad o larga duración del producto (ver tabla XLII), mediante análisis microbiológico y recuento total de coliformes al inicio de la elaboración del producto y luego de 3 meses de su elaboración, lo cual presentó un resultado positivo disminuyendo con el tiempo, y según los resultados no se aislaron coliformes fecales y/o E. Coli. Los coliformes son indicadores de algún tipo de contaminación del ambiente que lo rodea. Una buena toma de muestra es fundamental para la confiabilidad de los resultados.

Para finalizar, se realizó un análisis estadístico mediante la técnica de análisis de varianza de dos factores, el cual determinó la variación total de los resultados experimentales de un diseño en particular, descomponiéndolo en fuentes de variación independientes atribuibles a cada uno de los efectos que constituyen el diseño experimental. El criterio de evaluación fue mediante la aplicación del factor de Fisher teórico, con nivel de confianza de 95 % y, si la F calculada es mayor a la F teórica, se rechazan las hipótesis planteadas que a continuación se describen:

H_{01} : el rendimiento, pH, densidad, viscosidad, índice de refracción y sólidos solubles totales del extracto acuoso que se obtiene de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*) extraído a nivel laboratorio por

la técnica de maceración dinámica, sí se ve afectado por el tamaño de partícula de la semilla.

Ho₂: el rendimiento, pH, densidad, viscosidad, color, índice de refracción y sólidos solubles totales del extracto acuoso que se obtiene de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*), extraída a nivel laboratorio por la técnica de maceración dinámica, sí se ve afectado por la temperatura de la solución extractora.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la sección del análisis de error, para las propiedades fisicoquímicas se determinó que:

La densidad, humedad, sólidos totales extraíbles, índice de refracción y viscosidad del extracto acuoso que se obtiene de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*), extraído a nivel laboratorio por la técnica de maceración dinámica, no se ven afectadas por el tamaño de partícula de la semilla de linaza.

La densidad, humedad, sólidos totales extraíbles, pH y viscosidad del extracto acuoso que se obtiene de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*), extraído a nivel laboratorio por la técnica de maceración dinámica, no se ven afectadas por la temperatura de la solución extractora.

El pH del extracto acuoso que se obtiene de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*), extraído a nivel laboratorio por la técnica de maceración dinámica, sí presenta diferencia significativa al variar el tamaño de partícula de la semilla.

El índice de refracción del extracto acuoso que se obtiene de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*), extraído a nivel laboratorio por la técnica de maceración dinámica, sí presenta diferencia significativa al variar la temperatura de la solución extractora.

El rendimiento del extracto acuoso que se obtiene de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*), extraído a nivel laboratorio por la técnica de maceración dinámica, sí presenta diferencia significativa al variar la temperatura de la solución extractora y el tamaño de partícula de la semilla.

CONCLUSIONES

1. No existe diferencia significativa en la densidad, humedad, sólidos totales extraíbles, índice de refracción y viscosidad del extracto acuoso que se obtiene de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*) en función del tamaño de partícula.
2. No existe diferencia significativa en la densidad, humedad, sólidos totales extraíbles, índice de refracción, pH y viscosidad del extracto acuoso que se obtiene de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*) en función de la temperatura de la solución extractora.
3. Sí existe diferencia significativa en el pH del extracto acuoso que se obtiene de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*) en función del tamaño de partícula de la semilla.
4. Sí existe diferencia significativa en el índice de refracción del extracto acuoso que se obtiene de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*) en función de la temperatura de la solución extractora.
5. Sí existe diferencia significativa en el rendimiento del extracto acuoso que se obtiene de la semilla de linaza variedad marrón (*Linum usitatissimum L.*) en función del tamaño de partícula y en función de la temperatura de la solución extractora.
6. De acuerdo con los resultados obtenidos en la extracción de mucílago de linaza, se determinó que el extracto con mayor rendimiento fue obtenido

en condiciones de 90 °C de temperatura y 2 mm de tamaño de partícula (semilla entera).

7. Se determinó, por medio de un análisis proximal, el contenido químico del extracto, en el cual se encontró presente humedad, masa seca total, extracto etéreo (grasa), fibra cruda, proteína cruda, cenizas y extracto libre de nitrógeno (carbohidratos totales). Como alimento, se encontró presente extracto etéreo (grasa), fibra cruda, proteína cruda y cenizas.
8. Para la formulación del producto se determinó que la fórmula 1 presenta mejor consistencia y textura, además de que mostró un aspecto agradable y cumplió con los parámetros de calidad definidos por el Reglamento Técnico Centroamericano.
9. De acuerdo con los resultados obtenidos, el porcentaje de retención del producto en cabello rizado y húmedo, expuesto a humedad relativa de 90 % y a temperatura ambiente de 21 °C durante 24 h horas, presentó un 26 % de efectividad, siendo el porcentaje más alto registrado.

RECOMENDACIONES

1. Para mezclar el carbopol y el agua es necesario agitar la mezcla constantemente para homogenizar la mezcla y que se disuelvan los grumos presentes.
2. Manipular el carbopol con guantes y mascarilla, ya que es un polvo muy fino que puede producir alergia o irritación en las fosas nasales.
3. Realizar pruebas con otros preservantes aprobados para uso en cosméticos, con el objetivo de descartar la presencia de microorganismos en el producto.
4. Al momento de filtrar al vacío el extracto obtenido, se recomienda agitar fuertemente la solución, ya que los poros de la manta utilizada para filtrar se saturan a medida que el tamaño de partícula disminuye.
5. Realizar el estudio a nivel planta piloto, para determinar el rendimiento y verificar si es rentable realizar el producto a una escala mayor.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Buena salud*. [en línea]. <www.buenasalud.net>. [Consulta: marzo de 2012].
2. BRUNETON, Jean. *Farmacognosia fotoquímica de plantas medicinales*. 2a ed. España: Editorial AcriBia S.A, 1987, 1 119 p.
3. *Cabello básico*. [en línea]. <www.cabellobasico.blogspot.com>. [Consulta: 15 julio de 2012].
4. CÁCERES, Armando. *Plantas de uso medicinal en Guatemala*. 1a ed. Guatemala: Colección Monografías, Editorial Universitaria, USAC, 1996, 333 p. Vol. 1
5. Comisión Guatemalteca de Normas. *Norma Técnica Guatemalteca (COGUANOR NTG 30 033, Industria de cosméticos y de tocador, Métodos de ensayo*. Guatemala: COGUANOR, 2010. p. 23
6. *Cómo bajar de peso ya*. [en línea]. <www.comobajardepeso.com>. [Consulta: marzo del 2012].
7. Consejo Canadiense de la Linaza; et al. *Linaza-Un producto premier de la salud y nutrición*. Canadá: Consejo canadiense de la linaza, 2015. p. 13

8. CUI W.; MAZZA G.; BILIADERIS C. G. *Chemical structure molecular size distributions, and rheological properties of flaxseed gum*. Canada: University of Manitoba, 1994. 1891 p.
9. Farmacopea Argentina. *Compendio de normas para elaboración de productos alimenticios*. 8a ed. Argentina: ANMAT, 2013. vol 1, 2745 p.
10. GEANKOPLIS, Christie J. *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. 3a ed. México: Editorial Cecsca, 1998. p. 865
11. GODÍNEZ MORALES, Romy Carlota. *Evaluación del rendimiento, caracterización fisicoquímica y fitoquímica de la fracción lipídica en la semilla del melón variedad honeydew (Cucumis melo L.), obtenida a nivel laboratorio mediante la técnica de extracción Soxhlet, utilizando tres solventes: etanol, metanol e isopropanol*. Guatemala: trabajo de graduación de Ingeniería Química, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011. p. 59
12. MARTÍNEZ, Maximinio; et al. *Plantas medicinales de México*. México: Ediciones Botas, 1992. p. 93.
13. McCABE, Warren; SMITH, Julian; HARRIOTT, Peter. *Operaciones unitarias en Ingeniería Química*. 4a ed., España: McGrawHill/Interamericana Editores de España S.A, 2007. p. 1168
14. MÉRIDA MERÉ, Mario José. *Extracción y caracterización fisicoquímica del tinte natural obtenido del exocarpo del coco (cocos nucifera), como aprovechamiento del desecho de fuentes comerciales*.

Guatemala: trabajo de graduación de Ingeniería Química, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008. p.141

15. MICCHELLI, Albert L.; KOEHLER, Theodore. *Polymer properties retention at high influencing curl humidity*. www.journal.sconline.org. USA: 1967. p. 18
16. MONTENEGRO FRANCO, Claudia Beatriz. *Estudio experimental de la operación unitaria de separación sólido-líquido a nivel laboratorio, mediante la evaluación de diversos parámetros de interacción influyentes y de respuesta*. Guatemala: Facultad de Ingeniería, Ingeniería Química, USAC, 2009. p. 213
17. MONTGOMERY, Douglas. *Diseño y análisis de experimentos*. 2a ed. USA: Universidad estatal de Arizona, LIMUSA WILEY, 2007. p. 681
18. PERRY, M.; GREEN, D.; MALONEY, J. *Manual del ingeniero químico*. Tomo 5. 6a ed. España: Mc Graw Hill, 1992. 3, p. 166
19. Reglamento Técnico Centroamericano (RTC 71.03.45.07). *Productos cosméticos. Verificación de la calidad*. Guatemala: COMIECO, 2007. 1, p. 167
20. STANDLEY, Paul C.; STEYERMARK, Julián A.; et al. *Flora of Guatemala*. USA: Chicago Natural Museum, 1946. p. 324.

21. SVAROVSKY, Ladislav. *Solid-liquid separation*. 4a ed. Londres, Inglaterra. Butterworth Heinemann, 2000. p. 568
22. VOLKÁ, Jan; STODOLA, Jirt. *Plantas medicinales*. 2a ed. Versión en castellano. Checoslovaquia: TSNP Martín, 1988. p. 235
23. WALPOLE, Ronald E. *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. 8a ed. México: Pearson Educación, 2007. p. 840

APÉNDICES

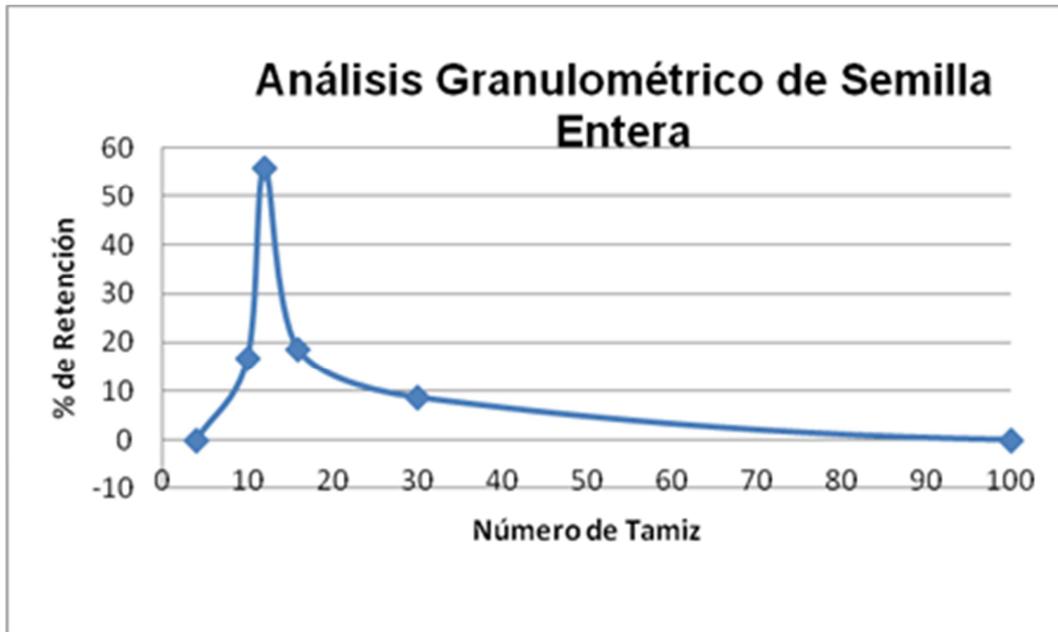
Apéndice 1. Análisis granulométrico de la semilla de linaza

Tabla 1. Semilla entera

No. de Tamiz	Porcentaje de Retención
4	0
10	16,6
12	55,81
16	18,45
30	8,65
100	0

Fuente: elaboración propia, durante pruebas preliminares.

Gráfica 1. **Curva granulométrica de semilla entera**



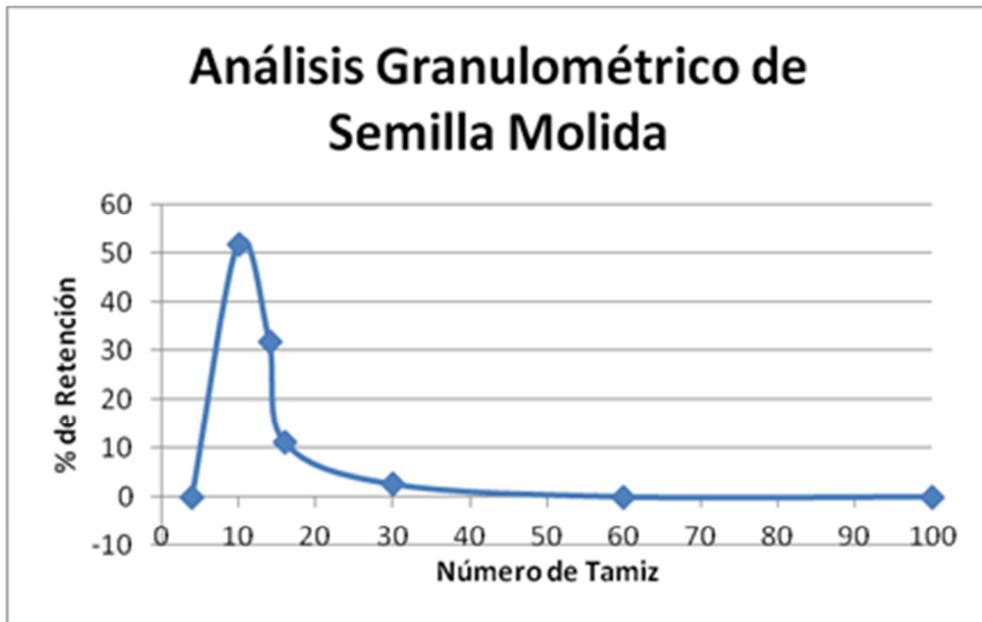
Fuente: elaboración propia, durante pruebas preliminares.

Tabla 2. **Semilla molida**

No. de Tamiz	Porcentaje de Retención
4	0
10	51,76
14	31,83
16	11,09
30	2,58
60	0
100	0

Fuente: elaboración propia, durante pruebas preliminares.

Gráfica 2. Curva granulométrica de semilla molida



Fuente: elaboración propia, durante pruebas preliminares.

Apéndice 2. **Tabla de requisitos académicos**

Tabla 3. **Determinación de las propiedades fisicoquímicas para partículas de tamaño de tamiz 10 y 12**

No. de Tamiz	Temperatura °C	Corrida	Densidad (g/ml)	Humedad (%)	Sólidos Totales (g/ml)	pH	Índice de refracción	Rendimiento (%)	Viscosidad (KU-2)	Viscosidad (N.S/m ² , cP)
10	50	1	0,9938	99,92	0,0795	6,79	1,335	9,73	45,70	275,00
		2	0,9769	99,55	0,4396	6,05	1,336	18,10	46,40	278,00
		3	0,9851	99,56	0,4334	6,07	1,336	7,53	47,90	280,00
	Promedio	0,9853	99,68	0,3186	6,30	1,336	11,79	46,67	277,67	
	70	1	0,9852	99,34	0,6502	6,72	1,336	8,23	65,70	525,00
		2	0,9884	99,21	0,7808	6,63	1,336	9,17	62,70	518,00
		3	0,9885	99,11	0,8797	6,70	1,336	8,03	64,70	524,00
	Promedio	0,9873	99,22	0,7701	6,68	1,336	8,48	64,37	522,33	
	90	1	0,9854	98,62	1,3598	6,58	1,337	29,87	70,60	615,00
		2	0,9959	98,91	1,0855	5,84	1,337	30,93	68,40	590,00
3		0,9892	98,75	1,2365	6,10	1,337	25,07	66,50	580,00	
Promedio	0,9902	98,76	1,2278	6,17	1,337	28,62	68,50	595,00		
12	50	1	1,0007	97,76	2,2415	6,93	1,337	22,70	56,80	360,00
		2	0,9883	97,29	2,6783	6,07	1,337	21,23	58,40	365,00
		3	0,9832	97,74	2,2221	6,20	1,337	25,23	59,50	370,00
	Promedio	0,9907	97,60	2,3810	6,40	1,337	23,06	58,23	365,00	
	70	1	1,0029	97,45	2,5574	6,96	1,337	17,83	63,70	520,00
		2	0,9978	97,20	2,7940	6,95	1,337	25,40	70,40	615,40
		3	0,9910	97,10	2,8739	6,12	1,337	24,50	69,00	595,00
	Promedio	0,9973	97,25	2,7424	6,68	1,337	22,58	67,70	576,80	
	90	1	1,0041	96,13	3,8860	6,20	1,337	19,70	74,10	740,00
		2	0,9992	96,16	3,8368	5,35	1,337	24,43	74,60	745,00
3		0,9922	96,08	3,8895	6,07	1,337	25,80	77,84	800,00	
Promedio	0,9985	96,12	3,8709	5,87	1,337	23,31	75,51	761,67		

Fuente: elaboración propia, durante parte experimental.

Tabla 4. **Determinación de las propiedades fisicoquímicas para partículas de tamaño de tamiz 14 y 16**

No. de Tamiz	Temperatura °C	Corrida	Densidad (g/ml)	Humedad (%)	Sólidos Totales (g/ml)	pH	Índice de refracción	Rendimiento (%)	Viscosidad (KU-2)	Viscosidad (N.S/m ² , cP)
14	50	1	0,9938	99,92	0,0795	6,79	1,335	9,73	45,70	275,00
		2	0,9769	99,55	0,4396	6,05	1,336	18,10	46,40	278,00
		3	0,9851	99,56	0,4334	6,07	1,336	7,53	47,90	280,00
		Promedio	0,9853	99,68	0,3186	6,30	1,336	11,79	46,67	277,67
	70	1	0,9852	99,34	0,6502	6,72	1,336	8,23	65,70	525,00
		2	0,9884	99,21	0,7808	6,63	1,336	9,17	62,70	518,00
		3	0,9885	99,11	0,8797	6,70	1,336	8,03	64,70	524,00
		Promedio	0,9873	99,22	0,7701	6,68	1,336	8,48	64,37	522,33
	90	1	0,9854	98,62	1,3598	6,58	1,337	29,87	70,60	615,00
		2	0,9959	98,91	1,0855	5,84	1,337	30,93	68,40	590,00
		3	0,9892	98,75	1,2365	6,10	1,337	25,07	66,50	580,00
		Promedio	0,9902	98,76	1,2278	6,17	1,337	28,62	68,50	595,00
16	50	1	1,0007	97,76	2,2415	6,93	1,337	22,70	56,80	360,00
		2	0,9883	97,29	2,6783	6,07	1,337	21,23	58,40	365,00
		3	0,9832	97,74	2,2221	6,20	1,337	25,23	59,50	370,00
		Promedio	0,9907	97,60	2,3810	6,40	1,337	23,06	58,23	365,00
	70	1	1,0029	97,45	2,5574	6,96	1,337	17,83	63,70	520,00
		2	0,9978	97,20	2,7940	6,95	1,337	25,40	70,40	615,40
		3	0,9910	97,10	2,8739	6,12	1,337	24,50	69,00	595,00
		Promedio	0,9973	97,25	2,7424	6,68	1,337	22,58	67,70	576,80
	90	1	1,0041	96,13	3,8860	6,20	1,337	19,70	74,10	740,00
		2	0,9992	96,16	3,8368	5,35	1,337	24,43	74,60	745,00
		3	0,9922	96,08	3,8895	6,07	1,337	25,80	77,84	800,00
		Promedio	0,9985	96,12	3,8709	5,87	1,337	23,31	75,51	761,67

Fuente: elaboración propia, durante parte experimental.

Apéndice 3. Resultados del análisis proximal

Elaborado por: Aura Marina de Marroquín
 Autorizado por: Lic. Miguel Ángel Rodenas

**FORMULARIO BROMATO 7
 INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS**

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
 Escuela de Zootecnia
 Unidad de Alimentación Animal



Edificio M6, 2° Nivel, Ciudad Universitaria zona 12
 Ciudad de Guatemala
 Telefax: 24188307 Teléfono: 24188307 ext. 1676
 E-mail: bromato2000@yahoo.es

No. 365

Solicitado por: **ELIDA MARÍA CASTILLO ARRIAS.**

Fecha de recibida la muestra: **13-09-2012.**

Dirección: **CIUDAD, GUATEMALA.**

Fecha de realización: **DEL 17 AL 21-09-2012.**

UNIVERSIDAD DE GUATEMALA

Jefe Laboratorio de Bromatología

21/09/12

Reg.	Descripción de la muestra	BASE	Agua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	PROTEINA CRUDA %	Cenizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D. %	Lignina %	Dig. Pepsina %	Dig. K.O.H. %	P.h.	E.B. Cal/kg	
612	SIMILLA DE LINAZA VARIADO MIBRON	SECA	6.63	93.37	13.85	44.04	21.41	3.86	17.04										
		COMO ALIMENTO			12.83	41.12	19.99	3.42											
613	EXTRACTO ACUOSO DE LINAZA TÍMEX # 10 T=90 °C	SECA	47.40	52.60	0.03	10.02	6.76	12.71	70.49										
		COMO ALIMENTO			0.01	5.27	3.55	6.98											
614	EXTRACTO ACUOSO DE LINAZA TÍMEX # 10 T=70 °C	SECA	29.66	70.34	0.05	1.71	11.86	13.48	72.90										
		COMO ALIMENTO			0.03	1.20	8.35	9.48											
615	EXTRACTO ACUOSO DE LINAZA TÍMEX # 10 T=90 °C	SECA	42.60	57.40	0.17	2.87	13.97	13.22	69.78										
		COMO ALIMENTO			0.10	1.65	8.02	7.59											
<p>OBSERVACIONES: Dichos resultados fueron calculados en base materia seca total y base fresca. Se prohibe la reproducción parcial o total de este informe, para mayor información comunicarse al Tel. 24188307</p> <p style="text-align: right;">TOTAL DE INMUESTRAS REGISTRADAS EN ESTA HOJA: 1</p>																			

*modificado en enero de 2003

T.L. Hans A. Moya R.
Laboratorista



Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Escuela de Zootecnia
Unidad de Alimentación Animal

Elaborado por: Aura Marina de Marioquín
Autorizado por: Lic. Miguel Ángel Rodenas

FORMULARIO BROMATO 7 INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS



Edificio M6, 2° Nivel, Ciudad Universitaria zona 12
Ciudad de Guatemala
Teléfono: 24188307 Teléfono: 24188307 ext. 1676
E-mail: bromato2000@yahoo.es

No. 356

Ciudad, Guatemala,
del 17 al 21-09-2012.

ELIDA MARÍA CASTILLO ARMAZ,
13-09-2012.

Solicitado por:
Fecha de recibida la muestra:

Reg.	Descripción de la muestra	BASE	Agua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	PROTEINA CRUDA %	Cenizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D. %	Lignina %	Dig. Pepsina %	Dig. K.O.H. %	P.h.	E.B. Cal/kg	
616	EXTRACTO ACUOSO DE LUNGA TAPIZ # 12 11-95°C	SECA	7.89	92.11	13.45	10.91	25.25	5.61	44.79										
		COMO ALIMENTO			12.39	10.05	23.26	5.16											
617	EXTRACTO ACUOSO DE LUNGA TAPIZ # 12 11-95°C	SECA	6.37	93.63	6.43	11.86	25.76	5.48	50.47										
		COMO ALIMENTO			6.02	11.11	24.12	5.13											
618	EXTRACTO ACUOSO DE LUNGA TAPIZ # 12 11-95°C	SECA	9.05	90.95	5.84	16.31	17.63	5.89	54.62										
		COMO ALIMENTO			5.13	14.84	16.04	5.28											
619	EXTRACTO ACUOSO DE LUNGA TAPIZ # 14 11-95°C	SECA	5.47	94.53	4.15	39.85	24.95	7.00	24.05										
		COMO ALIMENTO			3.92	37.67	23.59	6.62											
<p>OBSERVACIONES: Dichos resultados fueron calculados en base materia seca total y base fresca. Se prohibió la reproducción parcial o total de este informe, para mayor información comunicarse al Tel. 24188307</p> <p style="text-align: right;">TOTAL DE MUESTRAS RECORRIDAS EN ESTA HOJA 4</p>																			

*modificado en enero de 2003

T.L. José A. Morales S.
Laboratorista

UNIVERSIDAD DE GUATEMALA
F.M.Z.
Resultado: 2012/366
21/09/12

Jefe Laboratorio de Bromatología
Lic. Miguel Ángel Rodenas

Elaborado por: Aura Marina de Marroquín
 Autorizado por: Lic. Miguel Ángel Rodenas



Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
 Escuela de Zootecnia
 Unidad de Alimentación Animal

FORMULARIO BROMATO 7 INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS



Edificio M6, 2° Nivel, Ciudad Universitaria zona 12
 Ciudad de Guatemala
 Teléfono: 24186307 Teléfono: 24186307 ext. 1676
 E-mail: bromato2000@yahoo.es

ELIDA MARÍA CASTILLO ARMIAS.
 Dirección: CIUDAD, GUATEMALA.
 Fecha de realización: DEL 17 AL 21-09-2012.
 No.367

Solicitado por:
 Fecha de recibida la muestra:

Reg.	Descripción de la muestra	BASE	Agua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	PROTEÍNA CRUDA %	Cenizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D. %	Lignina %	Dig. pepsina %	Dig. K.O.H.	P.h.	E.B. Cal/kg
620	EXTRACTO ACUOSO DE LINZA TAMIZ # 14 T=70 °C	SECA	5.41	94.59	3.80	5.17	24.98	7.12	58.94	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		COMO ALIMENTO	-	-	3.89	4.89	23.83	6.73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
621	EXTRACTO ACUOSO DE LINZA TAMIZ # 14 T=80 °C	SECA	8.40	91.60	2.61	6.68	24.52	7.57	58.62	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		COMO ALIMENTO	-	-	2.39	6.12	22.46	6.93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
622	EXTRACTO ACUOSO DE LINZA TAMIZ # 16 T=59 °C	SECA	15.65	84.35	15.35	7.02	26.03	6.78	44.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		COMO ALIMENTO	-	-	12.95	5.92	21.96	5.72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
623	EXTRACTO ACUOSO DE LINZA TAMIZ # 16 T=70 °C	SECA	10.12	89.88	10.65	8.61	26.14	5.93	48.66	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		COMO ALIMENTO	-	-	9.57	7.74	23.50	5.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OBSERVACIONES: Dichos resultados fueron calculados en base materia seca total y base fresca. Se prohíbe la reproducción parcial o total de este informe, para mayor información comunicarse al Tel. 24186307																		

TOTAL DE MUESTRAS REPORTADAS EN ESTA HOJA 4

Lic. Miguel Ángel Rodenas
 Jefe Laboratorio de Bromatología

UNIVERSIDAD DE GUATEMALA
 Resultados 2012/367
 21/09/12

T.L. Hans A. Hoyra R.
 LABORATORISTA

*modificado en enero de 2013



Elaborado por: Aura Marina de Marroquín
Autorizado por: Lic. Miguel Angel Rodenas



Edificio M6, 7° Nivel, Ciudad Universitaria zona 12
Ciudad de Guatemala
Teléfono: 24188307, Teléfono: 24188307 ext. 1676
E-mail: bromato2000@yahoo.es

FORMULARIO BROMATO 7

INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS

Solicitado por: **ELIDA MARÍA CASTILLO ARNAS**

Fecha de recibida la muestra: **13-09-2012**

Dirección: **CIUDAD, GUATEMALA**

Fecha de realización: **DEL 17 AL 21-09-2012**

No.368

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Escuela de Zootecnia
Unidad de Alimentación Animal

UNIVERSIDAD DE GUATEMALA

LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA

21/09/12

Resultados 2012/368

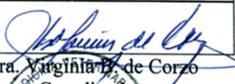
Reg.	Descripción de la muestra	BASE	Agua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	PROTEINA CRUDA %	Centizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D. %	Lignina %	Dig. Pepsina %	Dig. K.O.H. %	P.h.	E.B. Ca/Hg
524	ESTRUCTO COMO DE LINDA TONDE A 100°C	SECA	19.42	80.58	6.09	11.43	24.94	6.83	50.70									
	COMO ALIMENTO				4.51	9.21	20.10	5.50										
	SECA																	
	COMO ALIMENTO																	
	SECA																	
	COMO ALIMENTO																	
	SECA																	
	COMO ALIMENTO																	
<p>TOTAL DE MUESTRAS REPORTADAS EN ESTA HOJA 4</p> <p>X</p>																		

OBSERVACIONES: Dichos resultados fueron calculados en base materia seca total y base fresca. Se prohíbe la reproducción parcial o total de este informe, para mayor información comunicarse al Tel. 24188307

*modificado en enero de 2003

Lic. Miguel Angel Rodenas
Jefe Laboratorio de Bromatología

Apéndice 4. Resultados del análisis microbiológico

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA 		DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGÍA TEL. PBX 24188000, ext. 1666.	
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA Ciudad Universitaria, Zona 12 Guatemala, Centroamérica			
INFORME RESULTADOS DE LABORATORIO			
Remitente: Srita. Elidia Castillo Facultad de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala Guatemala		Fecha de Recepción: Septiembre 17 de 2012	
Muestra: Extracto vegetal sólido (semilla de linaza) Propietario: Srita. Elidia Castillo		Análisis Solicitado: Bacteriológico	
Resultado:			
Muestra TH 10 50°C	Negativo		
Muestra TH 10 70°C	Negativo		
Muestra TH 10 90°C	Negativo		
Muestra TH 12 50°C	Recuento Total de Coliformes:	40 x 10 ³ UFC/g	
Muestra TH 12 70°C	Recuento Total de Coliformes:	20 x 10 ³ UFC/g	
Muestra TH 12 90°C	Recuento Total de Coliformes:	30 x 10 ⁵ UFC/g	
Muestra TH 14 50°C	Recuento Total de Coliformes:	40 x 10 ⁴ UFC/g	
Muestra TH 14 70°C	Recuento Total de Coliformes:	38 x 10 ³ UFC/g	
Muestra TH 14 90°C	Recuento Total de Coliformes:	20 x 10 ² UFC/g	
Muestra TH 16 50°C	Recuento Total de Coliformes:	50 x 10 ² UFC/g	
Muestra TH 16 70°C	Recuento Total de Coliformes:	40 x 10 ³ UFC/g	
Muestra TH 16 90°C	Recuento Total de Coliformes:	80 x 10 ⁴ UFC/g	
Fecha de Entrega: Septiembre 20 de 2012	Sección: Bacteriología	Firma y Sello Responsable:	 Dra. Virginia de Corzo Coordinadora Departamento de Microbiología
			

Fuente: Laboratorio de Microbiología, Facultad de Veterinaria y Zootecnia, USAC.

Continuación apéndice 4

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE CC. QQ.
Y FARMACIA
EDIFICIO T-12
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

28 de noviembre de 2012

156 A/012

I. Información general proporcionada en formulario de ingreso de muestras:

Refiere: Srita. Elidia Castillo Armas

Institución: Particular

Identificación: Gel para cabello extracto 1

Procedencia: Facultad de Ingeniería

Tipo de muestra: gel para cabello

Análisis solicitado: Recuento de coliformes totales e identificación de *Escherichia coli*.

Fecha y hora de ingreso al laboratorio: 26/11/12; 12:15 hrs.

Fecha y hora de muestreo: 22/11/12; 10:00 hrs.

II. Resultados

Recuento de coliformes totales: < 10 UFC/g

No se aisló *Escherichia coli*.

UFC: Unidades Formadoras de Colonia

Conclusión:

No se aislaron coliformes fecales y/o *E. coli*. Los coliformes son indicadores de algún tipo de contaminación del ambiente que lo rodea. Una buena toma de muestra es fundamental para la confiabilidad de los resultados.

“ID y ENSEÑAD A TODOS”

Licda. Wendy A. Chamalé Contreras
-LAMIR-

Laboratorio Microbiológico de Referencia
Edificio T-12, 2do Nivel
Tel/Fax 24189413 ext. 108



No se permite la reproducción parcial de los resultados sin previa autorización del laboratorio.

----- ULTIMA LINEA -----

Continuación apéndice 4

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE CC. QQ.
Y FARMACIA
EDIFICIO T-12
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

28 de noviembre de 2012

157 A/012

I. Información general proporcionada en formulario de ingreso de muestras:

Refiere: Srita. Elidia Castillo Armas

Institución: Particular

Identificación: Gel para cabello extracto 2

Procedencia: Facultad de Ingeniería

Tipo de muestra: gel para cabello

Análisis solicitado: Recuento de coliformes totales e identificación de *Escherichia coli*.

Fecha y hora de ingreso al laboratorio: 26/11/12; 12:15 hrs.

Fecha y hora de muestreo: 22/11/12; 10:00 hrs.

II. Resultados

Recuento de coliformes totales: 5.7×10^4 UFC/g

No se aisló *Escherichia coli*.

UFC: Unidades Formadoras de Colonia

Conclusión:

No se aisló *Escherichia coli*. Los coliformes son indicadores de algún tipo de contaminación del ambiente que lo rodea. Una buena toma de muestra es fundamental para la confiabilidad de los resultados.

“ID y ENSEÑAD A TODOS”

Licda. Wendy A. Chamalé Contreras
-LAMIR-

Laboratorio Microbiológico de Referencia
Edificio T-12, 2do Nivel
Tel/Fax 24189413 ext. 108



No se permite la reproducción parcial de los resultados sin previa autorización del laboratorio.

----- ULTIMA LINEA -----

Continuación apéndice 4

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE CC. QQ.
Y FARMACIA
EDIFICIO T-12
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

28 de noviembre de 2012

157 A/012

I. Información general proporcionada en formulario de ingreso de muestras:

Refiere: Srita. Elidia Castillo Armas

Institución: Particular

Identificación: Gel para cabello extracto 3

Procedencia: Facultad de Ingeniería

Tipo de muestra: gel para cabello

Análisis solicitado: Recuento de coliformes totales e identificación de *Escherichia coli*.

Fecha y hora de ingreso al laboratorio: 26/11/12; 12:15 hrs.

Fecha y hora de muestreo: 22/11/12; 10:00 hrs.

II. Resultados

Recuento de coliformes totales: 5.7×10^4 UFC/g

No se aisló *Escherichia coli*.

UFC: Unidades Formadoras de Colonia

Conclusión:

No se aisló *Escherichia coli*. Los coliformes son indicadores de algún tipo de contaminación del ambiente que lo rodea. Una buena toma de muestra es fundamental para la confiabilidad de los resultados.

“ID y ENSEÑAD A TODOS”

Licda. Wendy A. Chamalé Contreras
-LAMIR-

Laboratorio Microbiológico de Referencia
Edificio T-12, 2do Nivel
Tel/Fax 24189413 ext. 108



No se permite la reproducción parcial de los resultados sin previa autorización del laboratorio.

----- ULTIMA LINEA -----

Continuación apéndice 4

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE CC. QQ.
Y FARMACIA
EDIFICIO T-12
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

12 de febrero 2013

038 A/012

I. Información general proporcionada en formulario de ingreso de muestras:

Refiere: Srita. Elidia Castillo
Institución: Particular
Identificación: Gel para cabello extracto 1
Procedencia: Facultad de Ingeniería
Tipo de muestra: gel para cabello
Análisis solicitado: Recuento de coliformes totales.
Fecha y hora de ingreso al laboratorio: 07/02/13; 11:35 hrs.
Fecha y hora de muestreo: 22/11/12; 10:00 hrs.

II. Resultados

Recuento de coliformes totales: < 10 UFC/g

UFC: Unidades Formadoras de Colonia

Conclusión:

Los coliformes son indicadores de algún tipo de contaminación del ambiente que lo rodea.
Una buena toma de muestra es fundamental para la confiabilidad de los resultados.

“ID y ENSEÑAD A TODOS”

Licda. Wendy A. Chamalé Contreras
-LAMIR-
Laboratorio Microbiológico de Referencia
Edificio T-12, 2do Nivel
Tel/Fax 24189413 ext. 108



No se permite la reproducción parcial de los resultados sin previa autorización del laboratorio.

----- ULTIMA LINEA -----

Continuación apéndice 4

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE CC. QQ.
Y FARMACIA
EDIFICIO T-12
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

12 de febrero 2013

039 A/012

I. Información general proporcionada en formulario de ingreso de muestras:

Refiere: Srita. Elidia Castillo

Institución: Particular

Identificación: Gel para cabello extracto 2

Procedencia: Facultad de Ingeniería

Tipo de muestra: gel para cabello

Análisis solicitado: Recuento de coliformes totales.

Fecha y hora de ingreso al laboratorio: 07/02/13; 11:35 hrs.

Fecha y hora de muestreo: 22/11/12; 10:00 hrs.

II. Resultados

Recuento de coliformes totales: < 10 UFC/g

UFC: Unidades Formadoras de Colonia

Conclusión:

Los coliformes son indicadores de algún tipo de contaminación del ambiente que lo rodea.
Una buena toma de muestra es fundamental para la confiabilidad de los resultados.

“ID y ENSEÑAD A TODOS”

Licda. Wendy A. Chamalé Contreras
-LAMIR-

Laboratorio Microbiológico de Referencia
Edificio T-12, 2do Nivel
Tel/Fax 24189413 ext. 108



No se permite la reproducción parcial de los resultados sin previa autorización del laboratorio.

----- ULTIMA LINEA -----

Continuación apéndice 4

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE CC. QQ.
Y FARMACIA
EDIFICIO T-12
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

12 de febrero 2013

040 A/012

I. Información general proporcionada en formulario de ingreso de muestras:

Refiere: Srita. Elidia Castillo

Institución: Particular

Identificación: Gel para cabello extracto 3

Procedencia: Facultad de Ingeniería

Tipo de muestra: gel para cabello

Análisis solicitado: Recuento de coliformes totales.

Fecha y hora de ingreso al laboratorio: 07/02/13; 11:35 hrs.

Fecha y hora de muestreo: 22/11/12; 10:00 hrs.

II. Resultados

Recuento de coliformes totales: < 10 UFC/g

UFC: Unidades Formadoras de Colonia

Conclusión:

Los coliformes son indicadores de algún tipo de contaminación del ambiente que lo rodea.
Una buena toma de muestra es fundamental para la confiabilidad de los resultados.

“ID y ENSEÑAD A TODOS”

Licda. Wendy A. Chamalé Contreras
-LAMIR-

Laboratorio Microbiológico de Referencia
Edificio T-12, 2do Nivel
Tel/Fax 24189413 ext. 108

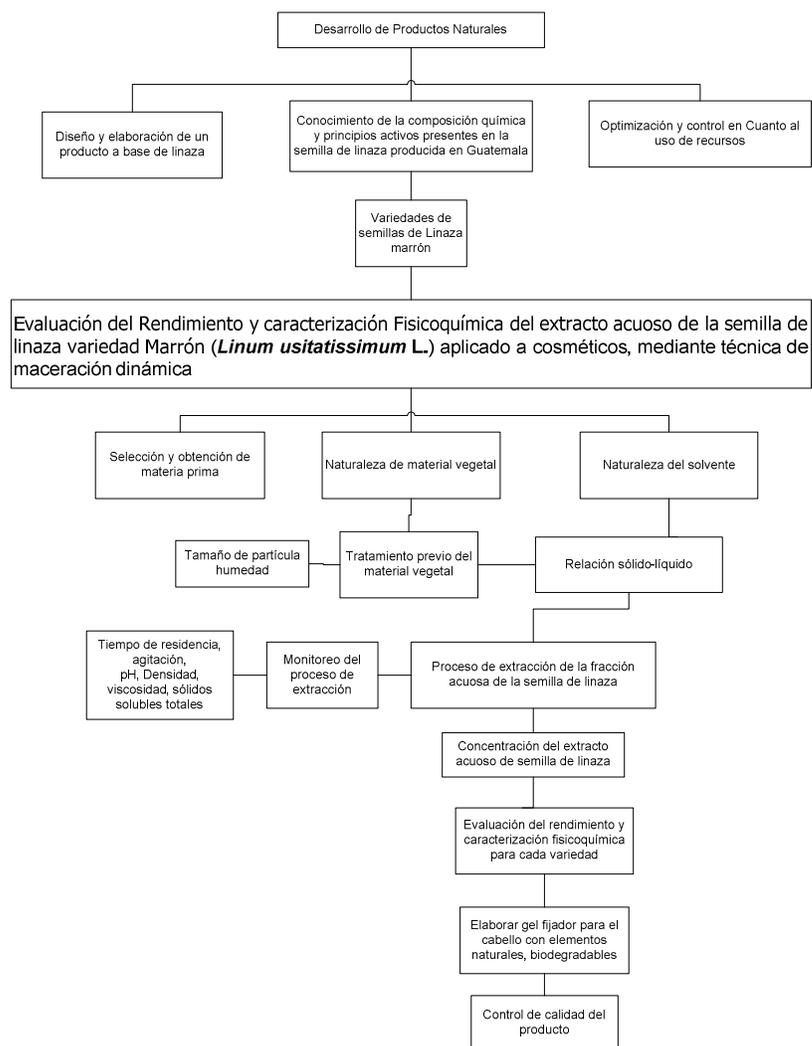


No se permite la reproducción parcial de los resultados sin previa autorización del laboratorio.

----- ULTIMA LINEA -----

Fuente: Laboratorio Microbiológico de Referencia –LAMIR– , Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Apéndice 5. Arbol de problemas



Fuente: Elaboración propia.

