



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

**EXTRACCIÓN, EVALUACIÓN Y APLICACIÓN DE LA OLEORRESINA DE
CHILE CHILTEPE (*Capsicum annum var Aviculare*) EN LA INDUSTRIA
ALIMENTARIA COMO INGREDIENTE EN LA ELABORACIÓN DE ADEREZOS**

Juan Pablo Echeverría Berducido

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

Guatemala, septiembre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EXTRACCIÓN, EVALUACIÓN Y APLICACIÓN DE LA OLEORRESINA DE
CHILE CHILTEPE (*Capsicum annum var Aviculare*) EN LA INDUSTRIA
ALIMENTARIA COMO INGREDIENTE EN LA ELABORACIÓN DE ADEREZOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JUAN PABLO ECHEVERRÍA BERDUCIDO
ASESORADO POR EL ING. MARIO JOSÉ MÉRIDA MERÉ E
INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Casta Petrona Zeceña Zeceña
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl de León de Paz
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Monzón Valdés
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**EXTRACCIÓN, EVALUACIÓN Y APLICACIÓN DE LA OLEORRESINA DE
CHILE CHILTEPE (*Capsicum annuum var Aviculare*) EN LA INDUSTRIA
ALIMENTARIA COMO INGREDIENTE EN LA ELABORACIÓN DE ADEREZOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 27 de febrero de 2012.


Juan Pablo Echeverría Berducido



Guatemala, 12 de julio de 2013

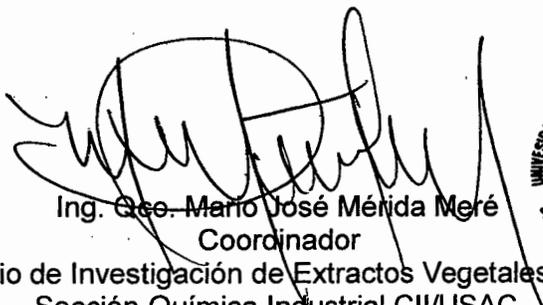
Ingeniero
Víctor Manuel Monzón Valdez
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Monzón:

Por medio de la presente HAGO CONSTAR que hemos revisado y dado nuestra aprobación al informe final del trabajo de graduación titulado **"EXTRACCIÓN, EVALUACIÓN Y APLICACIÓN DE LA OLEORRESINA DE CHILE CHILTEPE (*Capsicum annuum* var *Aviculare*) EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA COMO INGREDIENTE EN LA ELABORACIÓN DE ADEREZOS"**, del estudiante de Ingeniería Química: Juan Pablo Echeverría Berducido quien se identifica con el carné número 2007-14797.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,


Ing. Geo. Mario José Mérida Meré
Coordinador
Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -LIEVE-
Sección Química Industrial CII/USAC
Asesor




Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA
Centro de Investigaciones de Ingeniería/USAC
Asesora





Guatemala, 07 de agosto de 2013
Ref. EI.Q.TG-IF.044.2013

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el Acta TG-002-2012-IF 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 el estudiante universitario: **Juan Pablo Echeverría Berducido.**

Identificado con número de carné: **2007-14797.**

Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO.**

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:

EXTRACCIÓN, EVALUACIÓN Y APLICACIÓN DE LA OLEORRESINA DE CHILE CHILTEPE (*Capsicum annuum var Aviculare*) EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA COMO INGREDIENTE EN LA ELABORACIÓN DE ADEREZOS

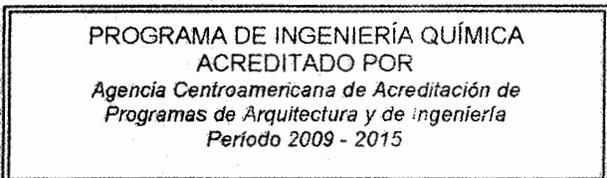
El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por los Ingenieros Químicos: **Telma Maricela Cano Morales y Mario José Mérida Meré.**

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"


Inga. **Hilda Piedad Palma de Martini**
COORDINADORA DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación

C.c.: archivo





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Ref.EIQ.TG.256.2013

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 del estudiante, **JUAN PABLO ECHEVERRÍA BERDUCIDO** titulado: "**EXTRACCIÓN, EVALUACIÓN Y APLICACIÓN DE LA OLEORRESINA DE CHILE CHILTEPE (CAPSICUM ANNUUM VAR AVICULARE) EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA COMO INGREDIENTE EN LA ELABORACIÓN DE ADEREZOS**". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, septiembre 2013

Cc: Archivo
VMMV/dle



DTG. 659.2013

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: **EXTRACCIÓN, EVALUACIÓN Y APLICACIÓN DE LA OLEORRESINA DE CHILE CHILTEPE (*Capsicum annuum var Aviculare*) EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA COMO INGREDIENTE EN LA ELABORACIÓN DE ADEREZOS**, presentado por el estudiante universitario **Juan Pablo Echeverría Berducido**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 24 de septiembre de 2013

/gdech



ACTO QUE DEDICO A

Dios

A Él la honra y gloria por este triunfo.

María Santísima

Porque al haber aceptado el plan de Dios en su vida, se convirtió en nuestra corredentora.

Mis padres

Oscar Tulio Echeverría Ochoa y Telma Aída Berducido Pellecer de Echeverría, por permitirme llegar hasta este punto, apoyándome en todo lo que necesité. Por sus esfuerzos, desvelos, preocupaciones y lucha constante, este grado académico es suyo.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por ser mi padre, por darme la vida, a mis padres terrenales, a mi familia y ser mi aliento e inspiración en la vida, por darme la sabiduría y ayudarme para culminar esta etapa de mi formación con éxito.
- María Santísima** Porque en su obediencia y confianza a Dios es mi ejemplo en esta vida y a su intercesión ante Dios, que me ha cuidado en todos los días de mi vida.
- Mis padres** Oscar Tulio Echeverría Ochoa y Telma Aída Berducido Pellecer de Echeverría, por tanto amor y entrega hacia sus hijos.
Que Dios les bendiga pues no tengo como pagarles tanto esfuerzo.
- Mis abuelos** Víctor Manuel Echeverría, Roberto Berducido, Aída Adelina Pellecer que Dios los tenga en su gloria y a Margarita Ochoa, por sus consejos, cariño, y darme el mejor regalo de todos, a mis padres.
- Mi hermano** Roberto Manuel Echeverría Berducido, por su amistad incondicional, su confianza, cariño y apoyo.

Mis padrinos

Por darme el honor, y aceptar acompañarme en este momento y otros tantos, que han sido importantes en mi vida.

Miguel Ángel Armas y Jackeline Salaverría de Armas, por su amistad, sus consejos y apoyo.

Crista Ruiz Castillo de Juárez y Erika Soliz Rubio, por tantas muestras de aprecio, conocimiento, consejos y experiencias compartidas.

William Humberto Anzueto Rosales, por tantas experiencias, consejos, aprendizajes, apoyo e incontables muestras de cariño.

Mi familia y amigos

A cada uno por su nombre, por su incondicional disposición y muestras de afecto hacia mi persona.

Al colegio La Salle

Por prepararme para una vida cristiana correcta, guiarme en los caminos de Dios y crear una base sólida en la cual sustentar mi vida. Pues como diría el hermano Francisco “Una vez lasallista, lasallista por siempre”

Mis catedráticos de estudio

Por compartir sus conocimientos conmigo y guiarme durante el tiempo que fui parte de sus alumnos.

Mis asesores

Ing. Mario Mérida e Inga. Telma Cano, por ayudarme en esta última etapa de formación, gracias por brindarme sus conocimientos.

A LIEXVE

Por su gran contribución y aporte para esta investigación.

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Mi *alma mater* siempre la llevaré en el corazón, a la centenaria Facultad de Ingeniería, especialmente a la Escuela de Ingeniería Química, es un honor llegar a ser ingeniero químico de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Chile chiltepe (<i>Capsicum annum var Aviculare</i>).....	9
2.1.1. Género <i>Capsicum</i>	9
2.1.2. <i>Capsicum annum var Aviculare</i>	10
2.2. Capsaicina.....	10
2.2.1. Propiedades físicas	11
2.2.2. Propiedades químicas	11
2.2.3. Usos de la capsaicina.....	12
2.2.3.1. En alimentos.....	13
2.2.3.2. En medicina.....	13
2.2.3.3. En aditivos no alimenticios	15
2.3. Oleorresinas	16
2.3.1. Usos de las oleorresinas	17
2.3.2. Ventajas en el uso de oleorresinas.....	17
2.3.2.1. Economía	17
2.3.2.2. Uniformidad	17

	2.3.2.3.	Natural.....	17
	2.3.2.4.	Pureza.....	18
	2.3.2.5.	Esterilidad	18
	2.3.2.6.	Cumplimiento de las especificaciones.....	18
	2.3.2.7.	Vida de anaquel	18
	2.3.2.8.	Dilución	18
	2.3.3.	Oleorresina de <i>Capsicum</i>	19
2.4.		Procesos extractivos de oleorresina.....	19
	2.4.1.	Extracción tipo soxhlet	20
	2.4.2.	Tipos de solventes	21
	2.4.3.	Clasificación de solventes	24
	2.4.4.	Proceso de producción de oleorresina <i>Capsicum</i> ..	25
	2.4.4.1.	Cosecha.....	26
	2.4.4.2.	Limpieza.....	26
	2.4.4.3.	Secado	27
	2.4.4.4.	Almacenamiento.....	28
	2.4.4.5.	Molienda.....	28
	2.4.4.6.	Proceso de extracción.....	28
		2.4.4.6.1. Proceso de extracción sólido-líquido	29
	2.4.4.7.	Análisis fisicoquímicos realizados a oleorresinas.....	38
		2.4.4.7.1. Cromatografía	38
2.5.		Evaluación sensorial de alimentos	41
	2.5.1.	Aroma y olor	42
	2.5.2.	Color y apariencia	42
	2.5.3.	Gusto y sabor	43
	2.5.4.	Pruebas orientadas al consumidor	44

2.5.4.1.	Pruebas de aceptabilidad	45
2.5.4.1.1.	Descripción de las tareas de los panelistas	45
2.5.4.1.2.	Presentación de las muestras.....	46
2.5.4.1.3.	Análisis de datos	46
3.	DISEÑO METODOLÓGICO	47
3.1.	Variables.....	48
3.1.1.	Variables independientes	48
3.1.1.1.	Tiempo de extracción	48
3.1.1.2.	Volumen de solvente y masa de soluta en la etapa de evaluación	49
3.1.1.3.	Concentración del solvente extractor.....	49
3.1.1.4.	Concentración de capsaicina en el aderezo.....	49
3.1.2.	Variables dependientes	49
3.1.2.1.	Metodología de formulación de los aderezos.....	50
3.1.2.2.	Metodología para extracción a escala planta piloto	51
3.1.2.3.	Metodología para extracción a escala laboratorio	51
3.1.2.4.	Determinación de capsaicina.....	52
3.1.2.5.	Determinación de la concentración adecuada de capsaicina en aderezos.....	52

3.2.	Delimitación del campo de estudio.....	53
3.3.	Recursos humanos disponibles	53
3.4.	Recursos físicos disponibles	53
3.5.	Materia prima y reactivos	54
3.6.	Cristalería, materiales auxiliares y equipo	54
3.7.	Técnica cuantitativa.....	56
3.7.1.	Caracterización fisicoquímica de la oleorresina de chile chiltepe (<i>Capsicum annuum var Aviculare</i>)....	56
3.7.1.1.	Cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC)	56
3.7.1.2.	Preparación de los estándares.....	57
3.7.1.3.	Curva de calibración.....	57
3.7.1.4.	Cuantificación de las muestras	59
3.7.1.5.	Cuantificación de capsaicina	59
3.7.1.6.	Determinación de las unidades de calor Scoville (SHU)	59
3.8.	Técnica cualitativa.....	60
3.8.1.	Caracterización microbiana de la oleorresina.....	60
3.8.1.1.	Presencia de <i>Escherichia coli</i> O157:H7 (E.Coli)	60
3.9.	Recolección y ordenamiento de la información	60
3.9.1.	Etapa de evaluación a nivel laboratorio.....	61
3.9.2.	Etapa de evaluación sensorial.....	61
3.9.3.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	61
3.9.4.	Análisis estadístico	62
4.	RESULTADOS.....	63

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	75
CONCLUSIONES	81
RECOMENDACIONES.....	83
BIBLIOGRAFÍA.....	85
APÉNDICE.....	89
ANEXOS	131

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Fórmula molecular de la capsaicina	12
2.	Diagrama cronológico del proceso de producción de oleoresina de <i>capsicum</i>	26
3.	Especificaciones del cromatógrafo líquido de alta eficiencia (<i>HPLC</i>) utilizado en el análisis de la oleoresina de chile chiltepe (<i>Capsicum annum var Aviculare</i>)	58
4.	Tendencia de la obtención de capsaicina conforme el tiempo de extracción	65
5.	Resultado de aceptabilidad de aderezos, por prueba hedónica de nueve puntos realizada a panel de jueces consumidores 1 y 2	70
6.	Resultado de aceptabilidad de aderezos, por prueba hedónica de nueve puntos realizada a panel de jueces consumidores 3, 4 y 5	71

TABLAS

I.	Clasificación de tipos de cromatografías.....	39
II.	Especificaciones del cromatógrafo líquido de alta eficiencia (<i>HPLC</i>) utilizado en el análisis de la oleoresina de chile chiltepe (<i>Capsicum annum var Aviculare</i>)	57
III.	Curva de calibración para la detección de capsaicina en oleoresina de chile chiltepe (<i>Capsicum annum var Aviculare</i>).....	58
IV.	Especificaciones de variables de operación del cromatógrafo líquido de alta eficiencia (<i>HPLC</i>).....	59

V.	Porcentaje de rendimiento para la extracción de oleorresina de chile chiltepe (<i>Capsicum annuum var Aviculare</i>) en la etapa de evaluación a escala laboratorio, variando el tiempo de extracción..	63
VI.	Cuantificación en ppm de capsaicina en muestras de oleorresina de chile chiltepe (<i>Caspicum annuum var Aviculare</i>) obtenidos en la etapa de evaluación a nivel laboratorio variando el tiempo de extracción..	64
VII.	Cuantificación en (<i>SHU</i>) para las muestras de oleorresina de chile chiltepe (<i>Caspicum annuum var Aviculare</i>) obtenidos en la etapa de evaluación a nivel laboratorio variando el tiempo de extracción.	64
VIII.	Correlación de la presencia de capsaicina en las muestras conforme el tiempo de extracción	65
IX.	Determinación de correlación matemática para obtener tiempo óptimo de extracción	66
X.	Tiempo de extracción óptimo	66
XI.	Presencia de capsaicina, porcentaje de rendimiento y <i>SHU</i> en muestra de oleorresina de chile chiltepe (<i>Capsicum annuum var Aviculare</i>) extraída a nivel planta piloto	67
XII.	Resumen de resultados de prueba hedónica de 9 puntos para determinar aderezo a aplicarse oleorresina, aplicada a panel 1 de jueces consumidores	67
XIII.	Resumen de resultados de prueba hedónica de 9 puntos para determinar aderezo a aplicarse oleorresina, aplicada a panel 2 de jueces consumidores	68
XIV.	Resumen de resultados de prueba hedónica de 9 puntos para determinar concentración de capsaicina aplicada al aderezo seleccionado, aplicada a panel 3 de jueces consumidores	68

XV.	Resumen de resultados de prueba hedónica de 9 puntos para determinar concentración de capsaicina aplicada al aderezo seleccionado, aplicada a panel 4 de jueces consumidores.....	69
XVI.	Resumen de resultados de prueba hedónica de 9 puntos para determinar concentración de capsaicina aplicada al aderezo seleccionado, aplicada a panel 5 de jueces consumidores.....	69
XVII.	Resumen de resultados de aceptabilidad de aderezos, por prueba hedónica de nueve puntos realizada a panel de jueces consumidores 1 y 2.....	70
XVIII.	Resumen de resultados de aceptabilidad de aderezos, por prueba hedónica de nueve puntos realizada a panel de jueces consumidores 3, 4 y 5.....	71
XIX.	Concentración de capsaicina presente en el aderezo elegido y SHU en el aderezo.....	72
XX.	Diferencia de medias para los promedios obtenidos en el panel sensorial 1 y 2 de acuerdo al Método de Tukey.....	72
XXI.	Diferencia de medias para los promedios obtenidos en el panel sensorial 3, 4 y 5 de acuerdo al Método de Tukey.....	73

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetros
AC	Corriente alterna
GC	Cromatografía gaseosa
HPLC	Cromatografía líquida de alta resolución
g	Gramos
Hz	Hertz
h	Horas
m	Metro
msnm	Metros sobre el nivel del mar
µm	Micrómetros
mL/min	Mililitros sobre minutos
min	Minutos
mol	Moles

nm	Nanómetros
ppm	Partes por millón
%	Porcentaje
Hp	Potencia (Caballos de fuerza)
V/V	Relación volumen sobre volumen
RPM	Revoluciones por minuto
Qco/a	Químico/a
° C	Temperatura en grados Celsius
UFC	Unidades formadoras de Colonias
SHU	Unidades de calor Scoville
UV-VIS	Ultravioleta-Visible
Fo	Valor de Fisher calculado
Fc	Valor de Fisher crítico

GLOSARIO

Capsaicina	Tiene un peso molecular de 305,46 g/mol, un punto de fusión de 65 °C y un punto de ebullición de 81 °C. Químicamente se define como la trans-8- metil-N-Vanillil-6-nonenamida con una fórmula molecular condensada C ₁₈ H ₂₇ NO ₃ .
Coliforme	Designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.
Cromatografía líquida de alta eficiencia/resolución	Tipo de cromatografía en columna utilizada frecuentemente en bioquímica y química analítica. Es una técnica utilizada para separar los componentes de una mezcla basándose en diferentes tipos de interacciones químicas entre las sustancias analizadas y la columna cromatográfica.
Deshidratación	Pérdida parcial o total del contenido de agua que forma parte de la especie vegetal.

Lixiviación	Proceso en el que un disolvente líquido se pone en contacto con un sólido pulverizado, para que se produzca la disolución de uno de los componentes del sólido.
Maceración	Proceso de extracción sólido-líquido en el que se pone en contacto íntimo la materia prima (sólido), la cual posee ciertos compuestos solubles en el líquido extractante, que son los que se desea extraer.
Oleorresina	Extractos líquidos de especies vegetales, los cuales se caracterizan por el olor, sabor y color de las especies naturales de las cuales provienen; se obtienen de la evaporación del disolvente de extracción, dejando una mezcla del aceite volátil y el material resinoso de la especie.
Optimización	Buscar la mejor manera de realizar una actividad.
Prueba hedónica	Método para medir preferencias, además de medir estados psicológicos. En este método la evaluación del alimento resulta hecha indirectamente como consecuencia de la medida de una reacción humana.

Pungencia

Extractos líquidos de especies vegetales, los cuales se caracterizan por el olor, sabor y color de las especies naturales de las cuales provienen; se obtienen de la evaporación del disolvente de extracción, dejando una mezcla del aceite volátil y el material resinoso de la especie.

Solvente

Sustancia que permite la dispersión de otra en su seno. También se puede definir como la sustancia que se encuentra en mayor proporción en una solución.

RESUMEN

En la presente investigación se trazó como objetivo evaluar, extraer y aplicar la oleorresina de chile chiltepe (*Capsicum annum var Aviculare*) en la industria de alimentos. Para lograrlo se dividió el estudio en tres fases, en las cuales se dieron respuesta a los objetivos planteados.

En la primera fase se evaluó a escala laboratorio el tiempo de extracción de la oleorresina, mediante la metodología de lixiviación con maceración dinámica a temperatura ambiente. Al obtener las doce muestras de oleorresina se correlacionaron los datos obtenidos de la presencia de capsaicina en cada muestra con el tiempo de extracción utilizado, llegando con esto a un modelo matemático de segundo orden.

Dicho modelo matemático fue utilizado para conseguir la optimización del tiempo de extracción, mediante el método matemático de la segunda derivada, obteniendo con este método un tiempo óptimo de extracción de 7 horas.

En la siguiente etapa se extrajo la oleorresina de chile chiltepe y se evaluó en dos laboratorios para saber su calidad e inocuidad. Conforme los resultados de los laboratorios, se llegó a la conclusión de que se tiene una oleorresina de alta pungencia con 14,840 unidades de calor Scoville (*SHU*) con un recuento de UFC igual a cero, lo que permite su aplicación en la industria de alimentos.

En la última etapa de la investigación, se realizaron aderezos aplicando la oleorresina de chile chiltepe, para ser evaluados por un panel de jueces consumidores mediante una prueba hedónica de 9 puntos.

De estos aderezos, se eligió un aderezo al cual se le hizo un escalamiento de concentración de capsaicina, para conocer la aceptabilidad del panel de evaluación y con esto determinar una concentración aceptable.

De acuerdo a los resultados de estas pruebas hedónicas se obtuvo que el aderezo elegido tuviera una concentración de 15 ppm de capsaicina. Este valor se convirtió a unidades de calor Scoville, dando como resultado 240 SHU.

OBJETIVOS

General

Extraer, evaluar y aplicar la oleorresina de chile chiltepe (*Capsicum annuum var Aviculare*) en la industria alimentaria como ingrediente en la elaboración de aderezos.

Específicos

1. Establecer el tiempo óptimo de extracción de la oleorresina de chiltepe (*Capsicum annuum var Aviculare*) mediante una relación entre la calidad de la oleorresina y su tiempo de extracción.
2. Evaluar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la oleorresina de chile chiltepe extraída (*Capsicum annuum var Aviculare*).
3. Establecer el porcentaje adecuado de extracto de oleorresina de chile a agregarse en el aderezo, a través de una evaluación sensorial por medio de una prueba hedónica de nueve puntos aplicada a jueces consumidores.

INTRODUCCIÓN

Guatemala ha sido considerada por muchos investigadores como centro de origen y diversidad de algunas especies cultivadas de mayor importancia en el mundo. Dichas especies, son mencionadas dado el impacto que han tenido en el desarrollo de la agricultura actual y el comercio de los mismos.

En el presente trabajo, dada la importancia que tienen los chiles en la cultura guatemalteca y la importancia que toman en la industria nacional a lo largo del tiempo, se procesó un chile de consumo doméstico en Guatemala para el consumo industrial. La extracción de oleorresina de chile chiltepe (*Capsicum annum var Aviculare*) se realizó mediante lixiviación con maceración dinámica a temperatura ambiente. La extracción de la oleorresina de chile se realizó para la posterior aplicación de la misma en la elaboración de aderezos.

Para el proceso extractivo se evaluó el tiempo de extracción para optimizar el proceso. Se realizaron evaluaciones a las muestras obtenidas para determinar la cantidad de capsaicina presente y la inocuidad de la misma.

Finalmente se concluyó el trabajo con una evaluación sensorial mediante una prueba hedónica de 9 puntos y con esto encontrar el aderezo con mayor aceptabilidad entre los jueces consumidores.

1. ANTECEDENTES

En la actualidad los chiles tienen una relevante importancia mundial, dado el volumen de producción y usos. Para Guatemala reviste especial importancia no solo en el ámbito económico sino cultural y de reservorio de variabilidad genética, de importancia para el desarrollo del cultivo, ya que una de sus especies (*Capsicum annuum spp*) la más importante ya que la que más se cultiva en el mundo entero.

Como describe Helmer Dagoberto Ayala Vargas en su documento titulado Le Ik, los chiles de Guatemala de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, el chile es una de las hortalizas con más arraigo en la cultura guatemalteca y ha llegado a constituir el único elemento agregado a la tortilla en la ingesta de algunos grupos campesinos, principalmente en épocas de carestía. Este hecho se ha documentado desde la época de la colonia y repetido hasta estos días, permite inferir el papel de los chiles en el sustento del pueblo guatemalteco, el cual no ha sido únicamente de condimento o saborizante.

Además describe que en la actualidad el chile es una de las especies muy propias del medio, que en su proceso de domesticación ha generado diferentes tipos del mismo con variedad de sabores, olores y formas, los que han sido acompañados de sus correspondientes formas de uso. Es por lo que existe una serie de platillos propios para cada región de Guatemala, en el que el chile aparece como elemento fundamental en su preparación, indicando además la participación que ha tenido en la vida cotidiana del guatemalteco.

Históricamente ha sido reportado como un elemento importante en la producción agrícola ya que se conoce por medio de los relatos de los historiadores como Fuentes y Guzmán, Tomas Gage y Fray Francisco Ximénez, de la importancia de su cultivo y de cómo ejercía influencia en el desarrollo de determinadas regiones. (Tactic en las Verapaces y Petapa en el área central).

En otro sentido se reporta al chile como un factor determinante en la subsistencia de algunos sectores de la población guatemalteca, como se relata en las relaciones geográficas del siglo XVI del Reino de Guatemala, cuando describe las condiciones de pobreza en que se encontraban los pobladores de Santa María Cahabon y San Agustín en Alta Verapaz (hoy San Agustín Lanquin), descrito además como el único artículo de consumo que acompañaba a las tortillas de maíz.

Hosting *et al* (1999), en un estudio etnobotánico de la cultura mam, señalan que según las costumbres alimenticias de la cultura mam de Quetzaltenango, clasifican los alimentos en 5 categorías, el primero compuesto por los elementos fabricados de maíz, en segundo plano todos aquellos elementos compuestos por hierbas, legumbres, carnes y verduras carnosas, chile y algunos alimentos industrializados (pastas) y en las siguientes categorías se encuentran los condimentos, las frutas y las bebidas; como tercera, cuarta y quinta categorías respectivamente. Es de hacer notar que el chile se encuentra en la segunda categoría de los alimentos consumidos por este grupo. Recientemente Maria Benito (2000), confirma lo aseverado anteriormente al describir las prioridades de los habitantes de una comunidad de Nebaj, Quiche.

Benito hace referencia a las compras semanales que incluyen, en el orden que lo proporciona la autora chile, azúcar, sal, tomates, cebollas, café, carne y jabón. De la misma manera Hosting *et al* (1999) manifiestan que el chile tiene una participación importante en la vida ceremonial religiosa de grupo Mam, describiendo la ceremonia a Santiago Chucho, celebrada por los pobladores de San Martín Sacatepéquez (antiguamente denominado San Martín Chile Verde), en el cual los habitantes llevan al patrono ofrendas compuestas por chiles, pacayas (inflorescencias de *Chamaedor eastepejilote*), maíz, ayotes (*Cucúrbita moschata*) y hojas de tamal(*Calathea sp*), productos de la región .

En estos días un elemento de particular importancia, lo constituye la presencia de al menos un ejemplar de chile en los huertos familiares del área rural de todo el país, siendo utilizado no solo como producto de consumo diario, sino en determinados casos como otra de las especies del huerto a través del cual pueden obtener algunos ingresos.

El chile es una planta solanácea con seis especies principales y diez especies secundarias. Es una planta anual, herbácea, de crecimiento determinado. Su raíz espivotante con numerosas raíces adventicias, alcanzando una profundidad de 70-120 cm. La altura de las plantas varía de 0,30 a 1 m, según las variedades. La flor del chile es frágil. El fruto es una baya generalmente amarilla o roja en su madurez. Las semillas son aplastadas y lisas, pudiendo contarse de 150-200 por gramo; ricas en aceite y conservan su poder germinativo durante tres o cuatro años.

Los nombres comunes de los chiles son variados, porque con frecuencia el mismo chile recibe otro nombre en un lugar diferente, aún entre los que se cultivan comercialmente. En algunos lugares el chile ancho es conocido como "pasilla". El chile gordo puede llamarse jalapeño o poblano.

Tomando en cuenta la clasificación que se hace para *Capsicum spp*, la mayor parte de chiles cultivados que se presentan en Guatemala pertenecen a *Capsicum annuum*. Además, la especie mencionada tiene en Guatemala su especie silvestre ligada, *Capsicum annuum var Aviculare*, conocida con el nombre de chiltepe.

El chile de montaña o chiltepe (*Capsicum annuum var Aviculare*), está en los bosques secos, húmedos y muy húmedos; pocas veces en bosques rocosos y hasta una altura de 1 200 msnm Se encuentra reportada su mayor producción en los departamentos de El Petén, Izabal, Zacapa, Chiquimula, Jalapa, Huehuetenango, Jutiapa, Escuintla, Retalhuleu, Suchitepéquez. Esta especie está distribuida tanto en la franja costera del pacífico como en la del Atlántico de Guatemala; se caracteriza por la forma globosa y ovoide del fruto y el color anaranjado del mismo y principalmente por su sabor especial y grado medio de pungencia. Es utilizado en la preparación de chirmol, salsas picantes y en forma de curtido.

Como indica German Manuel Peralta Calito en su trabajo de graduación titulado: “Determinación del nivel de pungencia en unidades Scoville para *Capsicum annuum var Aviculare* procedente de regiones productoras de Guatemala, de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, la capsaicina con alto grado de pureza tiene un alto precio en el mercado de reactivos, por lo que la determinación de regiones de cultivo con altas concentraciones en el *Capsicum annuum var Aviculare* (chiltepe) sería una alternativa para que se trabajara en el aislamiento y purificación del metabolito mencionado, con beneficios económicos para dichas regiones.

En el ámbito mundial, cada día se estudian los beneficios que ofrece el género *Capsicum* en la industria de alimentos, la farmacología y la medicina humana. Desafortunadamente las especies cultivadas de *Capsicum* de Guatemala, por no haber sido estudiadas no aparecen entre las especies de importancia económica para la diversificación de la agricultura, mucho menos para promover la agroindustria nacional.

Su consumo como hortaliza fresca entre los vegetarianos se ha incrementado, especialmente por proveer antioxidantes a la dieta. De acuerdo con Mauricio Restrepo Gallego en su artículo: Oleorresinas de *Capsicum* en la industria alimentaria de la Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal, la importancia de las oleorresinas radica en su alta concentración de principios activos. En el caso de las variedades del género *Capsicum* el interés se centra en la capsaicina y la di-hidro capsaicina en cuanto a pungentes y en la capsantina y capsorrubina como colorantes.

También como indica Restrepo Gallego, se han encontrado numerosas aplicaciones de los diferentes extractos del ají picante, los cuales van desde el campo de la industria alimentaria, en control biológico, ambiental e incluso en algunos casos de interés medicinal, como su posible incidencia en la reducción del riesgo de desarrollar cáncer de próstata induciendo la apoptosis de las células cancerosas.

En cuanto a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, el Centro de Investigaciones de Ingeniería, se ha caracterizado por sus multidisciplinarias investigaciones en el grado de proyectos de investigación o tesis para estudiantes de ingeniería.

A partir del 2010 se crea el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE– con él, se quiso continuar e incrementar la investigación de especies vegetales en toda su amplitud. Acerca de estudios y proyectos de investigación se realizaron los siguientes proyectos en el tema de oleorresina de chile y determinación de capsaicina.

En el 2000, los ingenieros Telma Cano, Ingrid Benítez, Blanca Chávez y Byron Aguilar, ejecutaron el proyecto 28-97 del CONCYT, denominado, Obtención y caracterización de capsaicina, ingrediente activo de productos fitofarmacéuticos y agroindustriales de 3 especies de *capsicum* (*Capsicum chinense*, *Capsicum annum L.V* y *Capsicum annum*). Para el desarrollo del proyecto se trabajó con: chile habanero, chile jalapeño y chile verde o chocolate, clasificados según su especie respectivamente. El estudio consistió en un experimento bi-factorial en que se utilizaron concentraciones de alcohol etílico al 70 % y 95 %, sobre materia fresca y seca. Se obtuvo que el mayor rendimiento de oleorresina fue de 14,62 % para la especie de chile habanero seco (*Capsicum chinense*) a una concentración de alcohol etílico del 70 %. El mayor porcentaje de capsaicina fue en la oleorresina de chile habanero con un valor de 10,28 %, el cual figura en el rango del valor teórico esperado de aproximadamente 10 % al 12 %.

El mayor porcentaje en rendimiento de capsaicina, en función del solvente utilizado, reportó un valor de 0,002 % para la especie de chile habanero (*capsicum chinense*) seco, empleando como solvente alcohol etílico al 95 %. Se determinó que el nivel de deshidratación del *capsicum* y la concentración del solvente, no influyen en el porcentaje de rendimiento de la oleorresina. Se estableció que para mejorar el rendimiento de la oleorresina los factores según su importancia son el nivel de deshidratación, especie vegetal y la concentración del solvente.

En 2011 el estudiante Aldo Alexander de la Cruz Leonardo, realizó el trabajo de graduación titulado: Evaluación del porcentaje de rendimiento y caracterización fisicoquímica de la oleorresina de chile blanco (*capsicum annuum a*) Proveniente de tres estratos altitudinales utilizando como solvente de extracción soluciones de alcohol etílico – agua, a escala laboratorio. El objetivo de este proyecto de investigación fue la evaluación del porcentaje de rendimiento y la caracterización fisicoquímica de la oleorresina de chile blanco (*Capsicum annuum a*) obtenida por medio de la técnica de extracción soxhlet. Aplicándose a estratos altitudinales de 100 msnm, 60 msnm y 18 msnm, utilizando como solvente de extracción soluciones de alcohol etílico – agua a concentraciones del 45 %, 70 % y 95 % (v/v).

El análisis de datos fue realizado mediante un diseño estadístico de bloques aleatorizados con repetición, evaluándose por medio de un análisis de varianza y comprobando dichos resultados por las pruebas estadísticas de *Tukey* y diferencias mínimas significativas (*LSD*). Luego de realizar el análisis estadístico se logró determinar que el porcentaje de rendimiento de oleorresina depende solamente de la concentración de alcohol etílico – agua utilizada, y no presentó diferencias significativas para el estrato altitudinal, ni para la interacción de dichos factores, reportando valores promedio entre los 20,01 % \pm 1,34 % y 40,04 % \pm 9,82 %.

Para la caracterización fisicoquímica de la oleorresina se determinó su contenido de capsaicina presente, mediante cromatografía líquida de alta eficiencia (*HPLC*). Según el análisis estadístico, tanto la concentración de alcohol etílico – agua, el estrato altitudinal y su interacción, presentaron diferencias significativas, reportando valores entre los 40 539 y 20 9900 ppm.

En el 2012 la estudiante de ingeniería química, Mariajosé Ortiz García, realizó el trabajo de graduación titulado: Evaluación del rendimiento y caracterización fisicoquímica de oleorresina de chile chamborote (*Capsicum annuum app.*) Proveniente de tres regiones de Guatemala, utilizando maceración dinámica con reflujo a nivel laboratorio en función del tiempo de extracción. Dicho trabajo de graduación fue asesorado por la ingeniera química Telma Maricela Cano Morales.

En este trabajo se evaluó el rendimiento de la extracción de la oleorresina variando las latitudes de siembra de los chiles, utilizando la técnica de maceración dinámica con reflujo, utilizando como variable controlada tres tiempos de extracción. El diseño experimental se realizó de forma aleatorizada, con un experimento bifactorial para tres regiones, tres tiempos de extracción y cuatro repeticiones, resultando un total de 36 unidades experimentales, al mismo tiempo se llevó a cabo un análisis de varianza y comparación de medias, mediante el criterio HDS.

Finalmente se determinó que existe diferencia significativa en el rendimiento de oleorresina en función de la región de origen de la materia prima, y que no existe una diferencia significativa en los resultados utilizando cualquiera de los tres tiempos de extracción.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Chile chiltepe (*Capsicum anuum var Aviculare*)

Conocido como de montaña o chiltepe, está en los bosques secos, húmedos y muy húmedos. Pocas veces en bosques rocosos y hasta con una altura de 1 200 msnm.

2.1.1. Género *Capsicum*

El chile es una solanácea con seis especies principales y diez especies secundarias. Es una planta anual, herbácea, de crecimiento determinado. Su raíz es pivotante con numerosas raíces adventicias, alcanzando una profundidad de 70-120 cm. La altura de las plantas varía de 0,30 a 1 m, según las variedades. La flor del chile es frágil. El fruto es una baya generalmente amarilla o roja en su madurez. "Las semillas son aplastadas y lisas, pudiendo contarse de 150-200 por gramo; ricas en aceite y conservan su poder germinativo durante tres o cuatro años."¹

Los nombres comunes de los chiles son variados, porque con frecuencia el mismo chile recibe otro nombre en un lugar diferente, aún entre los que se cultivan comercialmente. En algunos lugares el chile ancho es conocido como "pasilla". El chile gordo puede llamarse jalapeño o poblano.

¹ CANO, Manuel Francisco. *Perfil Ambiental del departamento de Petén. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación para Asuntos Específicos de Petén.* 1997. p. 26.

2.1.2. *Capsicum annum* var *Aviculare*

“Variedad tomando en cuenta la clasificación que se hace para *Capsicum spp*, la mayor parte de chiles cultivados que se presentan en Guatemala pertenecen a *Capsicum annum*. Además, la especie mencionada tiene en Guatemala su especie silvestre ligada, *Capsicum annum* var *Aviculare*, conocida con el nombre de chiltepe.”²

El chile de montaña o chiltepe (*Capsicum annum* var. *Aviculare*), está en los bosques secos, húmedos y muy húmedos; pocas veces en bosques rocosos y hasta una altura de 1 200 msnm. Se encuentra reportada su mayor producción en los departamentos de El Petén, Izabal, Zacapa, Chiquimula, Jalapa, Huehuetenango, Jutiapa, Escuintla, Retalhuleu, Suchitepéquez. Esta especie está distribuida tanto en la franja costera del pacífico como en la del Atlántico de Guatemala; se caracteriza por la forma globosa y ovoide del fruto y el color anaranjado del mismo y principalmente por su sabor especial y grado medio de pungencia. Es utilizado en la preparación de chirmol, salsas picantes y en forma de curtido.

2.2. Capsaicina

Compuesto químico que da la característica de pungencia a un alimento o sustancia específica.

² CANO, MANUEL FRANCISCO. *Perfil Ambiental del departamento de Petén. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación para Asuntos Específicos de Petén*. 1997. p. 26.

2.2.1. Propiedades físicas

“La Capsaicina posee una fórmula molecular $C_{18}H_{27}NO$, a la cual le corresponde un peso molecular de 305.40 g/mol, y es identificada por un número CAS 404-86-4, su forma cristalográfica pertenece al sistema monoclinico, láminas rectangulares, su punto de fusión es 65 °C y el de ebullición está entre 210-220 °C, la presión de vapor a 25 °C no es significativa, su máxima absorción entre 227-281 (7 000, 2 500) posee un color rojo naranja, pudiéndose almacenar durante años en forma estable”.³

La capsaicina es ligeramente soluble en agua, pero soluble en grasas, alcoholes y aceites. La capsaicina extraída y cristalizada puede estar en presencia de 5 compuestos Capsaicinoides más. “En un extracto cristalino los porcentajes pueden ser, capsaicina 69 %, Di hidro capsaicina 22 % y tres componentes minoritarios, Nordi hidro capsaicina 7 %, Homo capsaicina 1 % y Homo di hidro capsaicina 1 %.”⁴

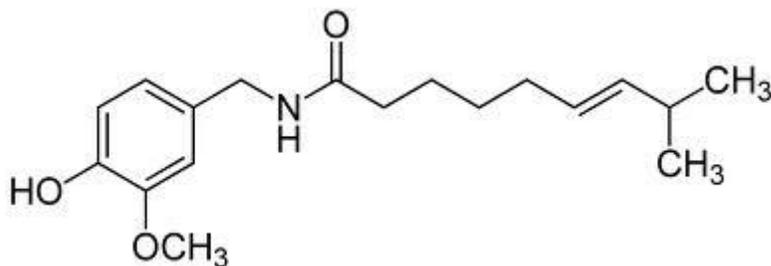
2.2.2. Propiedades químicas

La capsaicina o también trans-8-metil-N-vainillil-6-nonenamida es el componente responsable del comportamiento picante, en mayor o menor grado, de los frutos de la familia *capsicum*, localizándose, fundamentalmente, en sus semillas y membranas. Es un compuesto orgánico de nitrógeno de naturaleza lipídica, frecuentemente clasificado, de forma errónea, como un alcaloide.

³ PERALTA CALITO, German Manuel. Determinación del Nivel de Pungencia en Unidades Scoville para *Capsicum annum var. Aviculare* procedente de Regiones Productoras de Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. p. 6.

⁴ *Ibid.* p. 7.

Figura 1. **Fórmula molecular de la capsaicina**



Fuente: BROWN, Theodore L.; et al. *Química, la ciencia central*. p. 130.

El nombre fue aplicado, en 1876, a un compuesto incoloro aislado de la oleorresina del *Capsicum*. En los años 60 el compuesto natural fue adecuadamente caracterizado. La capsaicina purificada, diluida cien mil veces, sigue siendo tan activa que aún es capaz de producir ampollas en la lengua. La capsaicina es la responsable de la sensación de ardor, e incluso dolor, en la mucosa oral.

Estimula las secreciones gástricas y si se usa en exceso ocasiona inflamación. Se sabe que esta molécula es capaz de actuar sobre fibras no mielinizadas delgadas, activando a ciertas poblaciones de neuronas sensoriales. La capsaicina también posee cualidades descongestivas y, a concentraciones adecuadas, favorece en el cerebro la producción de endorfinas, que son moléculas que promueven la sensación de bienestar.

2.2.3. Usos de la capsaicina

La capsaicina es altamente utilizada en la industria en diversas ramas, gracias a sus características pungentes. A continuación los usos más comunes:

2.2.3.1. En alimentos

De acuerdo al artículo: El consumo de productos en Latinoamérica, disponible en línea en la página de región Loreto de Perú, los usos de los frutos frescos o procesados de *Capsicum* son múltiples. Aparte del consumo en fresco, cocido, o como un condimento o "especia" en comidas típicas, existe una gran gama de productos transformados que se usan en la alimentación humana: secos o deshidratados, en encurtidos, enlatados, en pastas, en salsas y congelados.

Asimismo, como es mencionado en dicho artículo, un uso muy importante del chile en el mundo, es el de extraerles color y utilizar el colorante naturalmente en cosméticos, pinturas y alimentos. El uso industrial más innovador del chile es la extracción de su oleoresina. De esta se obtiene la capsicina pura. La capsicina tiene usos industriales diversos, en la alimentación humana y animal, en la medicina y hasta en la seguridad personal.

2.2.3.2. En medicina

Los frutos de chile entran en la composición de algunos medicamentos utilizados para combatir la atonía gastro-intestinal, algunos casos de diarrea y como estimulante. En pomadas, cremas o soluciones en alcohol, la capsicina se utiliza contra los dolores reumáticos, las neuralgias y la osteoartritis.

Se ha encontrado que la capsicina es capaz de reducir la "sustancia P", un químico que lleva los mensajes de dolor desde las terminales nerviosas de la piel al sistema nervioso central.

Las investigaciones clínicas han demostrado que el 75 % de los pacientes a los que se ha aplicado crema de capsaicina en sus zonas enfermas experimentaron una disminución sustancial del dolor, con solo una ocasional sensación de quemadura. Por esta propiedad está siendo investigado el uso de la capsaicina en otros problemas de la piel que ocasionan dolor, tal el caso de los daños nerviosos de la diabetes, herpes zona, dolor posquirúrgico entre otros.

Una pequeña cantidad de chile (de capsaicina) incrementa la presión arterial y reduce el excesivo sangrado en cualquier parte del cuerpo. Contrariamente a la creencia popular, también se han reportado resultados clínicos positivos en los casos de úlcera. La paprika o pimentón español, es un condimento muy utilizado en la cocina, posee propiedades digestivas y diuréticas, estas propiedades se le atribuyen debidas a que contiene cierto porcentaje de capsaicina.

Últimamente se ha añado otra virtud de la capsaicina, ya que se está anunciando su valor en el control del peso corporal en las personas que tienen problemas de obesidad. El chile en general, incrementa el gusto por los alimentos sin grasa, además ayuda a quemar calorías. Se ha encontrado que 6 g de chile queman alrededor de 45 a 76 calorías extras.

El chile actúa como un estimulante enérgico, haciendo que las adrenales incrementen ligeramente la producción de cortisona. Actualmente, la capsaicina se ha incorporado en los productos de autodefensa que se expenden en forma de repelentes (en spray) en los Estados Unidos.

“Los síntomas de ceguera, sofoco y nausea desaparecen al cabo de 30 minutos sin dejar consecuencias nocivas.”⁵

2.2.3.3. En aditivos no alimenticios

De acuerdo al artículo Ciencia Picante. La Alimentación. Nutrición y Ciencia. “Alrededor de 1990 se encontraron reportes en los medios de la adición de capsaicina a las pinturas utilizadas en los cascos de los botes y en las válvulas de los sistemas aguas municipales, para evitar el crecimiento de percebes y mejillones cebra. Esta historia no fructificó en esa época, pero ha vuelto a surgir como una medida científica por parte de *Burlington Bio-Medical and Scientific Corporation of Farmingdale, New York*, en donde se está desarrollando el método para la fabricación de grandes cantidades del denominado compuesto capsaicinoide.”⁶

El compuesto incluye la presencia de capsaicina y el anestésico lidocaína, la mezcla de estos compuestos la hace extremadamente picante e intensamente amarga. El propósito de crear este compuesto, es utilizarlo como un aditivo en pinturas, ya que es inocuo para la vida marina y muy efectivo en la inhibición del crecimiento de los percebes.

⁵ El consumo de productos en Latinoamérica. [en línea]

<http://www.regionloreto.gob.pe/amazonia/libros/28/28000002.htm#12#12>. Consulta: 20 de octubre 2010.

⁶ Ciencia Picante. La Alimentación. Nutrición y Ciencia. [en línea]

http://canales.laverdad.es/cienciaysalud/5_1_4.html. Consulta: 23 de agosto de 2011.

2.3. Oleorresinas

La Comunidad Económica Europea (CEE), determina que las oleorresinas son: extractos de especies de los que se ha evaporado el disolvente de extracción, dejando una mezcla del aceite volátil y el material resinoso de la especia. Estas se obtienen por tratamiento de la materia vegetal seca con solventes.

Los solventes empleados son eliminados casi completamente por procesos de destilación al vacío, destilación azeotrópica, o ambas. Las oleorresinas tienen uso en las industrias de alimentos y medicamentos, sustituyendo las plantas secas o las tinturas. Contienen los aceites esenciales, los aceites fijos, los colorantes y los principios activos de las plantas.

El proceso de extracción de las oleorresinas se inicia con el secado y la molienda de la planta. Este puede ser conducido en una o dos fases. Cuando se utiliza solamente una fase, el compuesto es extraído totalmente con el solvente y éste se remueve del extracto por destilación. En el proceso de extracción en dos fases, el compuesto se somete a la extracción del aceite esencial utilizando destilación con vapor y, posteriormente se extrae con solventes. Después de la destilación del solvente, el residuo de este proceso se mezcla con el aceite esencial.

En general, las oleorresinas se aplican en el mundo como ingrediente para aportar sabor y aroma. Variando la solubilidad, se aumenta la posibilidad de diversificar las aplicaciones y se usan también en la industria cosmética, farmacéutica, alimentación animal y en aplicaciones agrícolas.

2.3.1. Usos de las oleorresinas

Para el desarrollo de productos nuevos es una gran herramienta por su consistencia en el sabor y conveniencia en su uso, porque puede ser mezclado de forma fácil para lograr las características deseadas en el producto final. Es un sustituto, conveniente e higiénico para la pungencia en perfiles de sabores de productos alimenticios. Siendo además un excelente realzador del sabor en la cocina.

2.3.2. Ventajas del uso de oleorresinas

Actualmente las oleorresinas tienen un auge en su uso en la industria debido principalmente a los siguientes aspectos.

2.3.2.1. Economía

Puede darse una tasa de reemplazo de hasta 100 kilogramos del producto en polvo, por uno o dos kilogramos de oleorresina, dependiendo de la concentración de la oleorresina.

2.3.2.2. Uniformidad

Los ingredientes activos color, sabor y propiedades físicas son estandarizadas.

2.3.2.3. Natural

Es un producto totalmente natural libre de residuos de solventes y pesticidas.

2.3.2.4. Pureza

Son productos libres de impurezas y materia extraña.

2.3.2.5. Esterilidad

No presenta contaminación microbiana.

2.3.2.6. Cumplimiento de las especificaciones

Sus bases legales están reguladas por la FDA (Food and Drug Administration) y están en la clasificación de GRAS (Generally recognized as safe), y según la Directiva 95/45/CE referente a criterios específicos de pureza, en relación con los colorantes utilizados en los productos alimenticios, esto permite la libre adición de la oleorresina dentro de las formulaciones de los productos alimenticios.

2.3.2.7. Vida de anaquel

Su alta concentración y la ausencia de agua, le permiten tener mayor vida debido a su baja probabilidad de degradación por oxidación o pérdida de sabor, y se elimina el deterioro debido a plagas y microbios.

2.3.2.8. Dilución

La oleorresina puede ser diluida, hasta obtener la concentración deseada con el fin de adecuarse a las necesidades del producto final.

2.3.3. Oleorresina de *Capsicum*

Las oleorresinas de este tipo se encuentran compuestas en su mayoría por diversos tipos de carotenoides, entre los que se encuentra la capsantina la cuales el principal carotenoide del pimiento común, este representa hasta el 60% del total de carotenoides presentes. También se encuentran los capsaicinoides, básicamente con propiedades pungentes (picantes) y pigmentantes (coloración).

Estas oleorresinas contienen como principal compuesto de pungencia a la capsaicina y la di hidro capsaicina. En la actualidad se realizan estudios con la tendencia de caracterizar las oleorresinas de numerosas variedades de géneros; sin embargo, las condiciones de extracción son un parámetro crítico pues se pueden perder numerosos compuestos de alta volatilidad.

2.4. Procesos extractivos de oleorresina

Siendo la oleorresina una mezcla de lípidos tenemos que existen dos tipos de procesos extractivos básicos el proceso tipo Bolton y el proceso tipo Soxhlet. El proceso extractivo tipo Bolton, da una extracción continua debido al goteo del disolvente que se condensa sobre la muestra contenida en un dedal que es un filtro poroso, alrededor del cual pasa el vapor caliente del disolvente.

El proceso extractivo tipo Soxhlet da una extracción intermitente con un exceso de disolvente reciente condensado. La eficiencia de estos métodos depende tanto del pretratamiento de la muestra como de la selección del disolvente. Harrison (1939) investigó el uso de varios disolventes sobre la harina de pescado.

Encontró que el material extraído aumenta con la polaridad del disolvente de 9 % usando éter de petróleo cambiando a hexano, heptano, éter dietílico, disulfuro de carbono, ciclohexano, benceno, cloruro de metileno, tricloroetileno, cloroformo y acetona hasta casi el 16 % con dioxano. Un procedimiento útil para la extracción de grasas de alimentos húmedos y semisólidos, que impiden el desecado inicial, es mezclar la muestra con sulfato de calcio, sulfato de sodio anhidro o con vermiculita. Cuando la muestra se hace pulverulenta y seca, se transfiere a un cartucho de Soxhlet en un aparato de extracción.

2.4.1. Extracción tipo soxhlet

El extractor Soxhlet o simplemente Soxhlet (en honor a su inventor Franz von Soxhlet), es un tipo de material de vidrio utilizado para la extracción de compuestos, generalmente de naturaleza lipídica, contenidos en un sólido, a través de un disolvente afín. El condensador está provisto de una chaqueta de 100 milímetros de longitud, con espigas para la entrada y salida del agua de enfriamiento.

El extractor tiene una capacidad, hasta la parte superior del sifón, de 10 mililitros; el diámetro interior del extractor es de 20 milímetros y su longitud de 90 milímetros. El matraz es de 500 mililitros de capacidad. Está conformado por un cilindro de vidrio vertical de aproximadamente un pie de alto y una pulgada y media de diámetro. La columna está dividida en una cámara superior y otra inferior. La superior o cámara de muestra sostiene un sólido o polvo del cual se extraerán compuestos.

La cámara de disolvente, exactamente abajo, contiene una reserva de disolvente orgánico, éter o alcohol. Dos tubos vacíos, o brazos, corren a lo largo a un lado de la columna para conectar las dos cámaras. El brazo de vapor corre en línea recta, desde la parte superior de la cámara del disolvente a la parte superior de la cámara del sólido. El otro brazo, para el retorno de disolvente, describe dos U sobrepuestas, que llevan desde la cámara de la muestra el disolvente hasta la cámara de disolvente. El Soxhlet funciona cíclicamente, para extraer las concentraciones necesarias de algún determinado compuesto.

Este funciona de la siguiente forma: cuando se evapora, el disolvente sube hasta el área donde es condensado; aquí, al caer y regresar a la cámara de disolvente, va separando los compuestos hasta que se llega a una concentración deseada. Esto puede ocasionar problemas con algunos compuestos, que con los ciclos llevan a la ruptura del balón, como lo es en la extracción del ámbar.

2.4.2. Tipos de solventes

De acuerdo al doctor Andrés Navarrete, en su publicación mensual en la Revista de Química de Guadalajara en México en el mes de agosto del 2008, un solvente es una sustancia que permite la dispersión de otra sustancia en esta a nivel molecular o iónico. Es el medio dispersante de la disolución. Normalmente, el disolvente establece el estado físico de la disolución, por lo que se dice que el disolvente es el componente de una disolución que está en el mismo estado físico que la misma.

Usualmente, también es el componente que se encuentra en mayor proporción. Los disolventes forman parte de múltiples aplicaciones: adhesivos, componentes en las pinturas, productos farmacéuticos, para la elaboración de materiales sintéticos, procesos extractivos entre otros. Las moléculas de disolvente ejercen su acción al interactuar con las de soluto y rodearlas. Se conoce como solvatación. Solutos polares serán disueltos por disolventes polares al establecerse interacciones electrostáticas entre los dipolos. Los solutos apolares disuelven las sustancias apolares por interacciones entre dipolos inducidos.

El agua es habitualmente denominada el disolvente universal por la gran cantidad de sustancias sobre las que puede actuar como disolvente. Los solventes son compuestos orgánicos basados en el elemento químico carbono. Producen efectos similares a los del alcohol o los anestésicos. A los inhalantes de uso industrial se les llama solventes por su capacidad de disolver muchas sustancias. “Con la introducción del uso del petróleo y sus derivados durante el siglo XX, cada vez son más los productos comerciales que contienen solventes: diluyentes, pegamentos, limpiadores, gasolinas, engrasantes, entre otros.”⁷

Los solventes industriales de mayor uso son los cementos (tricloro-etileno, tetracloro-etileno), los pegamentos (tolueno, acetato de etilo y varias acetonas), el thinner (destilados de petróleo, benceno, acetona, tricloro-etileno, tetracloro-etileno) y los removedores de barniz o pintura (acetona, tolueno, benceno, cloruro de metileno).

El tolueno, llamado también metilbenceno, es un líquido de olor parecido al del Benceno, incoloro e inflamable; es un componente importante en el alquitrán de hulla, se obtiene en el fraccionamiento del petróleo.

⁷ BROWN, THEODORE L.; et al. *Química, la ciencia central*. p. 230.

Se usa para elevar el octanaje de gasolinas (gas avión); para la producción de benceno y fenol, como solvente para la elaboración de pinturas, resinas, recubrimientos, gomas, detergentes, químicos (ácido benzoico), perfumes, medicinas, sacarinas, entre otros.

El xileno Dimetilbenzol, tiene tres isómeros (orto, meta y para), es un líquido inflamable, de olor semejante al del benceno, incoloro; se encuentra en el alquitrán de hulla. Se utiliza como disolvente u como diluyente. Sus usos principales son: solventes para resinas, lacas, esmaltes, caucho, tintas, cuero, gasolina para aviación, agente desengrasante, producción de resinas epóxicas, elaboración de perfumes, producción de insecticidas y repelentes.

El acetato de etilo, es un líquido incoloro, fácilmente inflamable, hierve a 74-77°C, se obtiene por destilación del alcohol con ácido acético. Se recomienda su uso en laboratorios de fármacos. “Se ocupa para la extracción líquida de antibióticos, en la industria de pinturas se ocupa como solvente activo para disolver las resinas sintéticas ocupadas en la formulación de estas. Otros usos son en la industria de fragancias, tintas, saborizantes, entre otros.”⁸

El acetato de butilo, también es un líquido incoloro, fácilmente inflamable, hierve a 126,5 °C. Se recomienda como disolvente y para aumentar el número de octanos. La acetona, es un líquido aromático, incoloro, inflamable, es la cetona más sencilla, importante como disolvente y medio de extracción.

⁸ BROWN, THEODORE L.; et al. *Química, la ciencia central*. p. 230.

Se emplea principalmente como disolvente en la fabricación de acetato de celulosa, pinturas, lacas y adhesivos, colorantes de la serie de la difenilamina, iso-preno, piel artificial, mezclas adhesivas de nitrocelulosa, lubricantes, perfumes, productos farmacéuticos, plásticos, cementos ahulados, extracción de grasas y aceites, tónicos, purificación de parafina, entre otros.

El metil-sobutil-cetona, líquido incoloro, inflamable y tóxico de olor parecido al de la acetona y el alcanfor. Es parcialmente soluble al agua, miscible en alcohol. Se emplea en síntesis orgánicas, solventes de gomas, resinas, lacas de nitrocelulosa, producción de recubrimientos y adhesivos.

El metil-etil-cetona tiene olor parecido a la menta (fragante y moderadamente penetrante), líquido incoloro, brillante, muy volátil y altamente inflamable, insoluble en agua. Es utilizado en la producción de disolvente para revestimiento, adhesivo, cintas magnéticas, separación de la cera de los aceites lubricantes, tintas de imprenta, cuero sintético, papel transparente, papel aluminio, lacas, quita grasas, extracción de grasas, aceites, ceras y resinas sintéticas y naturales.

2.4.3. Clasificación de solventes

Los disolventes polares son sustancias en cuyas moléculas la distribución de la nube electrónica es asimétrica, por lo tanto la molécula presenta un polo positivo y otro negativo separados por una cierta distancia.

El ejemplo clásico de solvente polar es el agua. Los alcoholes de baja masa molecular también pertenecen a este tipo. Los disolventes polares se pueden subdividir en:

Disolventes polares próticos, que son los que contienen un enlace del O-H o del N-H. Por ejemplo el agua (H-OH), etanol (CH₃-CH₂-OH) y ácido acético (CH₃-C(=O)OH).

Disolventes polares apróticos, que son disolventes polares que no tiene enlaces O-H o N-H. Este tipo de disolvente que no dan ni aceptan protones. Por ejemplo la acetona (CH₃-C(=O)-CH₃) y THF o Tetrahidrofurano.

Los disolventes apolares en general son sustancias de tipo orgánico y en cuyas moléculas la distribución de la nube electrónica es simétrica; por lo tanto, estas sustancias carecen de polo positivo y negativo en sus moléculas. No pueden considerarse dipolos permanentes.

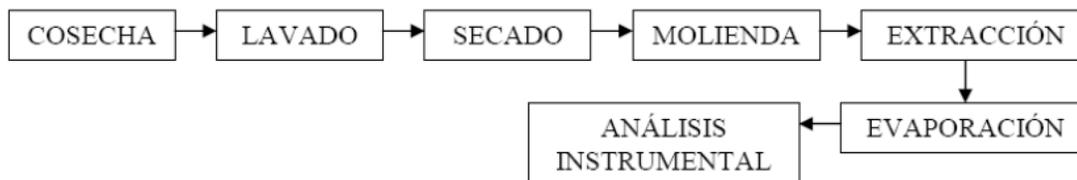
Si los momentos dipolares individuales de sus enlaces están compensados, la molécula será, en conjunto, apolar. “Algunos disolventes de este tipo son: el dietiléter, cloroformo, benceno, tolueno, xileno, cetonas, hexano, ciclohexano, tetracloruro de carbono es el que disuelve o va a disolver. Un caso especial lo constituyen los líquidos fluorosos, que se comportan como disolventes más apolares que los disolventes orgánicos convencionales.”⁹

2.4.4. Proceso de producción de la oleorresina *Capsicum*

El proceso de producción al que es sometida la materia prima puede variar y/o puede saltarse algunos pasos, pero en general puede seguir el siguiente esquema:

⁹ BROWN, THEODORE L.; et al. *Química, la ciencia central*. p. 231.

Figura 2. **Diagrama cronológico del proceso de producción de oleorresina de *capsicum***



Fuente: DE LA CRUZ L., Aldo A. Evaluación del porcentaje de rendimiento y caracterización fisicoquímica de la oleorresina de chile blanco (*Capsicum annuum A.*) proveniente de tres estratos altitudinales utilizando como solvente de extracción soluciones de alcohol etílico – agua, a escala laboratorio. p. 89.

2.4.4.1. Cosecha

Desde que el chile brota en la planta, se comienza a bio-sintetizar capsaicinoides en la placenta, en muy bajas cantidades. A medida que el fruto comienza a crecer y a madurar en la planta, la concentración comienza a incrementarse hasta llegar a un valor máximo (valor óptimo), después del cual la cantidad de capsaicinoides comienza a decrecer como consecuencia de su oxidación con peróxido de hidrógeno, también presente en el fruto.

2.4.4.2. Limpieza

Este paso es fundamental. Para poder remover materiales extraños como: tierra, piedras, lodo, raíces, hojas, troncos, y demás materia orgánica que está presente con el fruto. Además asegura que el chile a utilizar se encuentre en buen estado de maduración.

2.4.4.3. Secado

El contenido de humedad en las plantas frescas o frutos varía de 60 % a 80 %. El proceso de secado reduce este contenido entre el 5 % y 12 %. El secado interrumpe los procesos de degradación causados por enzimas o fermentos, impide el desarrollo de microorganismos y las reacciones de oxidación y de hidrólisis.

Para operaciones de maceración y extracción sólido-líquido de materiales orgánicos se aconseja el secado, ya que éste rompe la pared celular, facilitando el acceso al solvente en el interior de la estructura del sólido. Por otro lado, el secado favorece un contacto más efectivo entre el solvente y el material orgánico, pues al romperse la pared celular se maximiza el área de transferencia de masa que propicia un mejor fluido interfacial.

Sin embargo, como este proceso involucra calor, pueden presentarse pérdidas de aceites esenciales y de sustancias volátiles, así como el riesgo de degradación de las sustancias termolábiles. La manera cómo va a ser realizado el secado debe determinarse experimentalmente para cada especie vegetal. Un secado lento puede causar alteraciones perjudiciales antes de que el proceso se haya terminado, debido a la acción de las enzimas, los hongos y las bacterias.

Un proceso de secado muy rápido endurece la capa superficial de las células e impide la evaporación del agua que está dentro del órgano, lo que propicia la acción de enzimas en su interior, causa la volatización de los aceites esenciales originando productos con una pésima presentación comercial. Los mejores resultados se obtienen utilizando secadores solares o secadores que operan con aire caliente.

2.4.4.4. 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 e insectos y otros factores de degradación, impidiendo la pérdida de los principios volátiles.

El uso de sacos de plástico debe evitarse, porque estos no permiten la ventilación necesaria. El lugar en donde se va a realizar el almacenamiento debe ser limpio, sin incidencia de la luz solar directa.

2.4.4.5. Molienda

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

2.4.4.6. Proceso de extracción

El proceso fundamental de la extracción está gobernado principalmente por el fenómeno de transferencia de masa extracción sólido-líquido.

2.4.4.6.1. Proceso de extracción sólido-líquido

Entre los distintos mecanismos de extracción se encuentra el proceso de lixiviación.

- Lixiviación

La extracción de capsaicinoides para obtener oleorresina de *capsicum* es una extracción de tipo sólido-líquido. La literatura reporta una gran variedad de técnicas de extracción, desarrolladas a nivel laboratorio para la obtención de oleorresina de *capsicum* para distintos fines.

La extracción de capsaicinoides, típicamente se ha logrado a través de los métodos más simples como la maceración y extracción soxhlet, dado que las limitaciones tecnológicas actuales y la gran complejidad de algunas técnicas novedosas siguen encareciendo su implementación en la industria. La lixiviación es utilizada para separar el soluto deseado o eliminar un soluto indeseable de la fase sólida, ésta se pone en contacto con una fase líquida.

Ambas fases entran en contacto íntimo y el soluto o los solutos se difunden desde el sólido a la fase líquida, lo que permite una separación de los componentes originales del sólido. La operación unitaria se puede considerar una extracción, cuando la lixiviación tiene por objeto eliminar con agua un componente indeseable de un sólido, el proceso recibe el nombre de lavado.

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 constituyen una resistencia adicional a la difusión. No obstante, es práctico moler los materiales biológicos a tamaño suficientemente pequeño para exponer el contenido de las células individuales.

Para lixiviar productos con aplicación farmacéutica o alimenticia de hojas, tallos y raíces, el secado del material, antes de la extracción, ayuda a romper las paredes celulares. De esta manera el disolvente ataca directamente al soluto. Las células son de tamaño más pequeño, pero sus paredes se rompen y el aceite vegetal queda más accesible a la acción del disolvente.

- Maceración

Consiste en la transferencia selectiva de uno o varios componentes de un sólido hacia un líquido soluble. Este líquido se llama solvente, debe tener una gran afinidad química con el componente que se desea extraer. Además, es deseable que su volatilidad sea moderada (punto de ebullición entre 0 °C y 200 °C), y su toxicidad baja. En la maceración la recuperación aumenta con la temperatura, debido a que la solubilidad de los sólidos es directamente proporcional y sensible a esta variable.

Es evidente que la máxima temperatura operable en la maceración es la de vaporización del solvente, pues un contacto gas líquido resulta menos eficiente que uno líquido-líquido. Es por ello, que las lixivaciones se llevan a cabo a punto de burbuja.

- Maceración con reflujo

Es una modificación de la técnica tradicional de maceración en la que se busca la recuperación del solvente, por condensación directa, y así reducir los costos de operación. Esta técnica se lleva a cabo en punto de burbuja del solvente.

Al equipo de maceración se le coloca un condensador en la parte superior, el cual restaura el solvente que por calentamiento escapa en forma de vapor.

- Técnica de extracción soxhlet

La extracción es una de las operaciones básicas del laboratorio. Se define como la acción de separar con un líquido una fracción específica de una muestra, dejando el resto lo más íntegro posible. Se pueden realizar desde los tres estados de la materia, y se llaman de la siguiente manera: extracción sólido-líquido; líquido-líquido y gas-líquido.

La extracción sólido-líquido es la más utilizada con el equipo soxhlet. Como ejemplo se pueden citar todas las obtenciones de principios activos de los tejidos vegetales. La extracción líquido-líquido tiene usos especialmente en química analítica, cuando se extrae el producto de una reacción efectuada en fase líquida con un solvente específico para separar uno o algunos de los componentes.

Por último la extracción gas-líquido, que ordinariamente se llama “lavado de gases”, es el burbujeo por una fase líquida de un gas que se quiere lavar o purificar. El proceso de extracción de la mayoría de las sustancias tiene muy baja eficiencia, es decir, una vez que se agrega el solvente, lo que está en contacto íntimo con lo extraíble se satura enseguida, por lo que hay que filtrar y volver a tratar con solvente fresco.

Eso implica gran cantidad y mucha manipulación del solvente aparte de la atención personalizada que la operación requiere. Como muchas veces lo que se quiere recuperar es el extracto y no la muestra extraída, habrá que evaporar todo el solvente para recuperarlo. Por otro lado, estas tareas se deben hacer en una campana espaciosa dado que los solventes suelen utilizarse calientes, es decir, con una alta tensión de vapor. Lo que hace el extractor soxhlet es realizar un sinfín de extracciones de manera automática, con el mismo solvente que se evapora y condensa llegando siempre de manera pura al material.

La extracción soxhlet se fundamenta en las siguientes etapas:

- Colocación del solvente en un balón;
- Ebullición del solvente que se evapora hasta un condensador a reflujo;
- El condensado cae sobre un recipiente que contiene un cartucho poroso con la muestra en su interior;
- Ascenso del nivel del solvente cubriendo el cartucho hasta un punto en que se produce el reflujo que vuelve el solvente con el material extraído al balón;
- Se vuelve a producir este proceso la cantidad de veces, para que la muestra quede agotada. Lo extraído se va concentrando en el balón del solvente.

- Preparación de la muestra

La operación comienza por la preparación de la muestra. Cada sistema de trabajo tiene su manera de preparar la muestra. Con frecuencia debe ser dividida en fragmentos de mayor o menor tamaño. Con esta muestra así alistada, se carga el cartucho de extracción.

- Cartuchos

Este cartucho consiste en un recipiente cilíndrico con base semiesférica, para que apoye perfectamente en la base del equipo extractor y sea además, más resistente. Los materiales más utilizados son el algodón prensado y la porcelana porosa, asimismo la celulosa. Los primeros son más económicos, pero menos durables.

Los de porcelana, además se pueden lavar periódicamente con mezcla sulfo-crómica. Los de algodón se van contaminando con el tiempo con los extractivos. En el caso de sustancias que contienen taninos, como la madera y muchos otros vegetales, van quedando marrón rojizo. Es conveniente lavarlos con un solvente de polaridad distinta con el que se mancharon. En el caso de hidrocarburos agua o alcohol. Los cartuchos se llenan hasta la mitad o un poco más, y en lo posible, no es conveniente comprimir demasiado la muestra para que no se vea impedida la difusión. La cantidad de muestra lo condiciona el tamaño del cartucho y este el del extractor. Es por eso que existen varios tamaños de soxhlet, y es conveniente antes de comenzar a trabajar definir cuáles la medida que se requiere.

- Tapón del cartucho

Una vez cargado el material que se puede hacer con la mano, en el caso de hojas, tallos etc., o bien con un embudo o con una cuchara de cocina si está molido, se debe colocar un tapón por si la muestra tiende a flotar e irse del cartucho. Dado que las paredes del cartucho suelen ser ásperas hay que conseguir que el tapón llegue al fondo por medio de los dedos o de una espátula.

Es conveniente asegurarse que no se estén ingresando extractivos con el algodón, por lo que se recomienda realizar el lavado previo de una provisión del mismo, así ya se tiene para futuras necesidades. Aunque los algodones actuales vienen lavados, no está mal asegurarse de eliminar restos de aceites que pueda contener.

- Colocación del solvente

La cantidad de solvente debe ser la necesaria, para que al ascender al cartucho y antes de que se haga la sifonada, no quede seco el balón inferior, porque de esa manera, o se seca la muestra y se quema, o cuando caiga el líquido de la sifonada sobre el vidrio recalentado, se puede producir una explosión de los vapores con el consiguiente riesgo de accidente. Si la cantidad a agregar no está estipulada en la norma, se carga el solvente desde arriba lentamente, para que vaya cubriendo el cartucho y luego produzca el rechupe. Esta es la cantidad mínima.

Pero, como durante la operación hay pérdida del solvente por evaporación, y además debe quedar una cantidad mínima en el balón para que no se concentre el extracto demasiado, hay que agregar, por lo menos, una cantidad semejante en exceso.

- Solventes a utilizar

Si se sigue una norma o técnica, el solvente a utilizarse estará indicado. Con frecuencia, particularmente en los laboratorios de investigación, suelen realizarse extracciones no normalizadas. Por eso es conveniente saber el rango de estas sustancias que se pueden utilizar en el extractor soxhlet.

Existe una temperatura máxima y mínima de ebullición, en la que el equipo funciona adecuadamente. En el extremo inferior se encuentra: el diclorometano (cloruro de metilo) que se utiliza para la extracción de grasas y resinas de manera selectiva.

Este solvente tiene un punto de ebullición de 40°C, muy cercano a la temperatura ambiente particularmente en los climas cálidos. Con respecto al extremo superior, hay que decir que, para la cantidad de energía limitada que generan los calentadores eléctricos comunes, a medida que aumenta el punto de ebullición, disminuye significativamente el caudal de solvente que se evapora y por ende la velocidad de extracción. Sin embargo, hay que hacer notar que además, del punto de ebulliciones importante el calor latente de evaporación. Así se puede, por ejemplo, trabajar con esencia de trementina con cierta facilidad, aunque se evapore a 145 °C, y no obstante las extracciones con agua se hacen demasiado lentas casi al punto de que no sean factibles. En la tabla II se expone una lista, no exhaustiva, de los solventes comunes utilizados en las extracciones con soxhlet.

Otra característica importante, en cuanto al tipo de solventes es que los de carácter no polar suelen tener alguna dificultad en sifonar, puesto que no mojan el vidrio. Esto es frecuente con los derivados clorados como: el diclorometano, el cloroformo y los hidrocarburos superiores al hexano. En los casos en los que se utiliza mezcla de solventes, como en la extracción de la madera, es imprescindible trabajar con mezclas azeotrópicas, porque de otra manera la extracción sería heterogénea en cuanto a la composición del solvente.

- Operación de extracción

Una vez que el equipo está armado, abierta el agua del refrigerante, cargado el cartucho con muestra e introducido el solvente, sólo resta encender el calentador y comenzar la operación. Llegada la temperatura a la de ebullición del solvente éste comienza a evaporarse y, luego de que calienten las paredes del equipo, comienza a condensar en el refrigerante y a caer en forma de gotas sobre el cartucho.

La primera operación es totalmente atípica y no debe contabilizarse en el recuento que se hace para regular la velocidad de extracción, como suelen pedir las normas. A medida que el condensado va cayendo sobre el cartucho este comienza a escurrir por la parte inferior del mismo, llenando el recipiente de extracción hasta que llega al nivel de la bajada del sifón y rechupa, con todo el material disuelto hacia el balón inferior. El tope del sifón está por encima del cartucho para asegurar que todas las veces el material a extraer quede embebido en el solvente.

Una vez que el sistema está en régimen, las sifonadas se producen a intervalos regulares. Los tiempos comunes del sifonado están entre 5 y 20 minutos, según la potencia del calentador, el solvente, la temperatura externa, etc.

La cantidad de sifonadas están estipuladas en la norma que se use, pero hay oportunidades en las que se trabaja en sistemas sobre los que no se posee información. Para eso, es interesante saber con alguna aproximación el comportamiento general de la extracción.

Con ese fin se puede utilizar un equipo de extracción, que tiene adosado un robinete en la parte inferior con el que se pueden extraer muestras sin tener que desarmar el equipo. En una curva general de extracción, en función del número de sifonadas, se puede ver que las primeras son las que más material disuelven y que luego la curva se hace casi asintótica.

Este mecanismo de extracción es lógico y normal, dado que al comienzo hay mucho material para extraer y dentro de él hay fracciones de fácil separación, pero a medida que avanza el proceso cada vez es más difícil extraer la pequeña fracción remanente, hasta que en las etapas finales no se extrae nada más.

Como en todo este tipo de procesos es de suma importancia definir el punto final que dependerá del sistema conformado por el equipo, la muestra y las condiciones de temperatura. Por eso es conveniente tener controlado este aspecto de la extracción cuando se trabaja con sistemas desconocidos. Hay que tener en cuenta que, con muchas repeticiones, una pequeña solubilidad o degradación puede concluir en errores considerables.

2.4.4.7. Análisis fisicoquímico realizados a oleorresinas

En relación a los distintos análisis fisicoquímicos realizados a oleorresinas el análisis electo para el presente estudio es la cromatografía.

2.4.4.7.1. Cromatografía

Este análisis varía de acuerdo a las fases que se utilicen, los tipos de detectores y los resultados deseados.

- **Definición**

La cromatografía es un método físico que permite la separación de mezclas de sustancias en sus componentes individuales. Esta técnica permite, igualmente, obtener información cualitativa y cuantitativa sobre las sustancias presentes en la mezcla. La técnica cromatográfica aumenta la eficiencia en el análisis de productos fitoterapéuticos, ya que estos son definidos como fitocomplejos por el hecho de estar constituidos por una gran cantidad desustancias individuales, algunas de ellas asociadas entre sí y otras no.

Para seleccionar la mejor técnica cromatográfica para el análisis de una determinada planta, es necesario evaluar los límites de detección, la complejidad de los extractos, y la estructura química de las sustancias que van a ser analizadas.

- Clasificación

Existen varias clases de cromatografía entre las cuales, las más importantes son: la de adsorción, la de reparto, de intercambio iónico y la filtración molecular. Los diferentes tipos de cromatografía pueden ser utilizados a través de diversas técnicas, siendo las principales: la cromatografía en papel, la cromatografía en capa fina, la cromatografía de gases (CG), la cromatografía en columna y la cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC).

Tabla I. **Clasificación de tipos cromatografías**

	Adsorción	Reparto	Intercambio Iónico	Filtración Molecular
Fase estacionaria	Sólida	Líquida	Sólida	Sólida
Fase móvil	Líquida o gaseosa (CG)	Líquida o gaseosa	Líquida o gaseosa	Líquida
La velocidad de la migración varía	Interacción molecular entre soluto y el solvente	Solubilidad diferencial del soluto entre las fases	Intercambio de iones entre la solución y la fase estacionaria	Grado de Inclusión en los poros de la fase estacionaria
Propiedad diferenciadora	Polaridad	Solubilidad	Ionización	Tamaño molecular

Fuente: MACHADO, Leandro. Fundamentos de tecnología de productos fitoterapéuticos. p. 160.

- Cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC)

El sistema de cromatografía líquida de alta eficiencia, es una técnica cromatográfica que permite trabajar con diferentes modalidades de cromatografía: adsorción, reparto, intercambio iónico y filtración molecular.

Para realizar esto, sólo es necesario cambiar el tipo de fase estacionaria y la utilización de eluentes adecuados.

Las principales ventajas son las siguientes:

- Capacidad de separación bastante elevada
- Separaciones a temperatura ambiente
- No está limitada a la volatilidad o a la estabilidad térmica de las sustancias.
- Rapidez y reproducibilidad de los análisis
- Las muestras no son destruidas por el detector y pueden ser recogidas y utilizadas puras (separaciones en escala preparativa).

El análisis cuantitativo se realiza, normalmente, a través de la técnica de calibración con patrón externo. Se preparan como mínimo tres soluciones de un patrón de la sustancia que va a ser analizada, con una concentración conocida y cada una de ellas se inyecta por triplicado en el cromatógrafo. Se elabora una curva de calibración con los valores medios de tres determinaciones del área o altura del pico, versus concentración. Una vez construida esta curva, la o las sustancias se pueden cuantificar a través de su inyección en el sistema la lectura del área de la señal correspondiente. Interpolando el valor en la curva de calibración se obtiene la cuantificación de la sustancia en el fito-complejo, con alto grado de exactitud y reproducibilidad.

Las separaciones por cromatografía líquida de alta eficiencia son realizadas, normalmente, a temperatura ambiente. Incluso sustancias termolábiles van a pasar por el sistema cromatográfico, sin que ocurra degradación, por lo cual, es bastante recomendable el uso de productos fitoterapéuticos.

El proceso puede ser automatizado, lo que permite una mejor reproducibilidad de los resultados y aún más, que los análisis puedan ser realizados en las horas de la noche, tiempo durante el cual el equipo está desocupado.

2.5. Evaluación sensorial de alimentos

El análisis sensorial es una ciencia en la cual se utilizan panelistas humanos que utilizan los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído, para medir las características sensoriales y la aceptabilidad de los productos alimenticios. No existe otro instrumento que pueda reproducir o reemplazar la respuesta humana; por lo tanto, la evaluación sensorial, resulta un factor esencial en cualquier estudio sobre alimentos. El análisis sensorial es aplicable en muchos sectores, tales como: desarrollo y mejoramiento de productos, control de calidad, estudios sobre almacenamiento y desarrollo de procesos.

“La información sobre los gustos y aversiones, preferencias y requisitos de aceptabilidad, se obtiene empleando métodos de análisis adaptados a las necesidades del consumidor y evaluaciones sensoriales con panelistas no entrenados.”¹⁰

¹⁰ E. BOTA; et al. *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. p.125

2.5.1. Aroma y olor

El olor es la sensación producida al estimular el sentido del olfato. Aroma es la fragancia del alimento que permite la estimulación del sentido del olfato. Por eso, en el lenguaje común, se confunden y usan como sinónimos. El sentido del olfato se ubica en el epitelio olfatorio de la nariz.

Está constituido por células olfatorias, las que constituyen los receptores olfatorios. La importancia de los aromatizantes radica en la función que desempeñan.

“Puede mezclarse con el aroma propio del alimento al que se agrega, anulándolo; puede generarse una mezcla íntima de ambos, produciéndose un nuevo aroma; o bien, puede resultar una mezcla parcial, manteniéndose las características aromáticas de ambos y desarrollándose además un nuevo aroma.”¹¹

2.5.2. Color y apariencia

El espectro visible va de 400 a 700 milimicras, o sea, del violeta al rojo. Dentro de esta región, el ojo es más sensible para diferenciar colores en la región del verde amarillento (520-580) “El color puede ser discutido en términos generales del estímulo luminoso; pero, en el caso específico del color de los alimentos, es de más interés la energía que llega al ojo desde la superficie iluminada, y en el caso de los alimentos transparentes, a través del material.”¹²

¹¹ E. BOTA; et al. *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. p.126

¹² Ibid. p.128

El color que percibe el ojo depende de la composición espectral de la fuente luminosa, de las características físicas y químicas del objeto, la naturaleza de la iluminación base y la sensibilidad espectral del ojo.

Todos estos factores determinan el color que se aprecia: longitud de onda, intensidad de la luz y grado de pureza. La CIE (*Commission International de l'Eclairage*), establece tres colores primarios: azul, rojo y amarillo. Los demás colores resultan de combinar al menos dos de ellos.

Se puede afirmar que la visión es el primer sentido que interviene en la evaluación de un alimento, captando todos los atributos que se relacionan con la apariencia: aspecto, tamaño, color, forma, defectos, entre otros.

2.5.3. Gusto y sabor

El gusto es la sensación percibida a través del sentido del gusto, localizado principalmente en la lengua y cavidad bucal. Se definen cuatro sensaciones básicas: ácido, salado, dulce y amargo. El resto de las sensaciones gustativas proviene de mezclas de estas cuatro, en diferentes proporciones, que causan variadas interacciones.

Se define sabor como la sensación percibida a través de las terminaciones nerviosas de los sentidos del olfato y gusto principalmente, pero no debe desconocerse la estimulación simultánea de los receptores sensoriales de presión, y los cutáneos de calor frío y dolor.

Los receptores del sentido del gusto lo constituyen los botones gustativos; éstos se agrupan en número de alrededor de 250 para constituir las papilas gustativas. Las papilas gustativas se ubican en la lengua, existiendo cuatro tipos morfológicamente diferentes: filiformes, foliadas, fungiformes y caliciformes. Las filiformes, no tienen importancia en la evaluación del gusto, son las más numerosas y carecen de botones gustativos, participan en la elaboración de la sensación de tacto.

Las foliadas, están ubicadas en los dos tercios posteriores de la lengua, no están desarrolladas, de ahí que tengan poca importancia en la sensación gustativa. Las fungiformes, se ubican en los dos tercios delanteros de la lengua, son grandes, en forma de hongo.

Los botones gustativos están constituidos por células gustativas y células de sostén. De los botones gustativos salen fibras nerviosas que transmiten los estímulos gustativos al cerebro. Para que esto suceda, el estímulo gustativo debe entrar en contacto con la saliva y disolverse en ella.

Los cuatro gustos básicos son registrados por diferentes células gustativas, distribuidas desigualmente en la lengua. Los receptores del gusto dulce están en la punta, los receptores del salado en los bordes anteriores, los del ácido en los costados y los del amargo en el fondo de la lengua.

2.5.4. Pruebas orientadas al consumidor

En las pruebas orientadas hacia las preferencias del consumidor, se selecciona una muestra aleatoria, compuesta de personas representativas de la población de posibles usuarios, con el fin de obtener información sobre las actitudes o preferencias de los consumidores.

En las pruebas con consumidores no se emplean panelistas entrenados ni seleccionados por su agudeza sensorial; sin embargo, los panelistas deben ser usuarios del producto. Los resultados se utilizan para predecir actitudes de una población determinada. Las entrevistas o pruebas pueden realizarse en un lugar central tal como un mercado, una escuela, centro comercial o centro comunitario, o también en los hogares de los consumidores. En estas se registra el grado de satisfacción, el nivel de preferencia o la aceptabilidad de los productos. Las pruebas orientadas al consumidor incluyen: las pruebas de preferencia, pruebas de aceptabilidad y pruebas hedónicas (grado en que gusta un producto).

Aunque a los panelistas se les puede pedir que indiquen directamente su satisfacción, preferencia o aceptación de un producto, a menudo se emplean pruebas hedónicas para medir indirectamente el grado de preferencia o aceptabilidad.

2.5.4.1. Pruebas de aceptabilidad

Las pruebas de aceptabilidad se emplean para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores. La aceptabilidad de un producto generalmente indica el uso real del producto (compra y consumo).

2.5.4.1.1. Descripción de la tarea de los panelistas

En esta prueba se les pregunta a los panelistas cuál de las dos muestras codificadas prefieren. Se les pide que seleccionen una; incluso, si ambas muestras les parecen idénticas.

2.5.4.1.2. Presentación de las muestras

Las muestras (A, B, C y D) se presentan en recipientes idénticos, codificados de forma aleatoria. Existen múltiples posibles órdenes de presentación de las muestras. Las muestras deben presentarse en el mismo orden el mismo número de veces. Con paneles muy numerosos, el orden de cada panelista puede seleccionarse al azar. Ya que hay múltiples posibilidades de que cada panelista reciba cada muestra en distinto orden, es importante el hecho de que deben presentarse a un número de panelistas aproximadamente igual. Las muestras se presentan simultáneamente en el orden seleccionado para cada panelista, de manera que los panelistas puedan evaluar las muestras de izquierda a derecha. En esta prueba se permite saborear la muestra varias veces, si es necesario. El orden en que los panelistas evaluarán las muestras debe indicarse en la boleta.

2.5.4.1.3. Análisis de datos

Para el análisis de los datos, las categorías se convierten en puntajes numéricos del 1 al 9, donde 1 representa "me disgusta muchísimo" y 9 representa "me gusta muchísimo". Los puntajes numéricos para cada muestra, se tabulan y analizan utilizando herramientas estadísticas de los valores promedios resultantes para determinar las preferencias de los jueces evaluadores.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

Para alcanzar los objetivos del presente estudio se realizaron evaluaciones a escala laboratorio, con la finalidad de determinar el tiempo óptimo de extracción de la oleorresina de chile chiltepe (*Capsicum annuum var Aviculare*). Con la finalidad de alcanzar estas evaluaciones, se prepararon las muestras de chile, secándolas y llevándolas a porcentajes de humedad inferiores al 10 %. Posteriormente se molieron las matrices de material vegetal seco y se homogenizó su tamaño.

El material vegetal se analizó extrayendo oleorresina, por medio del método extractivo de maceración dinámica a temperatura ambiente. Para esta evaluación se utilizó alcohol etílico al 45 %, y se analizó la eficiencia de la extracción, variando cuatro tiempos de extracción. Para cada tiempo de extracción se realizaron tres repeticiones, resultando un total de doce unidades experimentales. La eficiencia de la extracción se relacionó con la cantidad de capsaicina que se extrajera en cada muestra.

Con estas variaciones se determinó el tiempo óptimo de extracción, y se escaló la extracción a escala planta piloto, extrayendo la oleorresina con solvente extractor alcohol etílico al 45 %, utilizando el método de lixiviación con maceración dinámica a temperatura ambiente.

Al tener la oleorresina extraída a escala planta piloto, se procedió a la formulación de una serie de aderezos, en los cuales se aplicó la oleorresina. Para estos aderezos se hizo una evaluación sensorial de aceptabilidad, en un grupo de consumidores potenciales.

Como resultado de esta prueba, se seleccionó un aderezo, al cual se varió la concentración de capsaicina presente. Esta variación fue analizada por medio de una prueba hedónica de 9 puntos, a un grupo de potenciales consumidores del aderezo. Con esta prueba se determinó el aderezo la concentración elegida por el grupo de jueces consumidores.

3.1. Variables

Para el cumplimiento de los objetivos planteados se determinaron las variables que afectan los resultados en dos categorías, las variables independientes y las variables dependientes.

3.1.1. Variables Independientes

Son las situaciones y variables de las cuales dependen, y las cuales afectan los resultados de la investigación.

3.1.1.1. Tiempo de extracción

Para la evaluación de la extracción de la oleorresina de chile chiltepe (*Capsicum annuum var Aviculare*) se varió el tiempo de extracción entre 3 y 6 horas con una diferencia de una hora entre cada corrida. Teniendo con esto una evaluación de la extracción a las 3, 4, 5 y 6 horas de extracción.

3.1.1.2. Volumen de solvente extractor y masa de soluto en la etapa de evaluación

En las evaluaciones se utilizaron masas de 20 gramos para cada muestra y una relación de soluto: solvente igual a 1:10, usando como valor constante 200 mililitros de solvente por cada cantidad de soluto añadido.

3.1.1.3. Concentración del solvente extractor

Para todas las extracciones de la oleoresina de chile chiltepe (*Capsicum annum var Aviculare*), se utilizó una solución de alcohol etílico al 45 %. Esta concentración se mantuvo constante en el proceso de evaluación y en el proceso de extracción.

3.1.1.4. Concentración de capsaicina en el aderezo

En la prueba hedónica, de nueve puntos realizada por jueces consumidores, se varió la concentración del aderezo entre 5 partes por millón, 15 partes por millón, 25 partes por millón y 40 partes por millón.

3.1.2. Variables dependientes

Son las situaciones y variables que determinan los resultados de la investigación.

3.1.2.1. Metodología para extracción a escala laboratorio

Para iniciar con la metodología se procede a secar la materia vegetal y llevarla a un nivel de deshidratación menor a 10 % de humedad. Al tener la materia prima deshidratada, se tamiza llevándola a una homogeneidad de materia vegetal deshidratada la cual se encuentra lista para su extracción. La evaluación de la oleorresina se llevó a cabo mediante extracciones, utilizando la metodología de lixiviación con maceración dinámica a temperatura ambiente. El objetivo de realizar esta evaluación, era encontrar el tiempo óptimo de extracción de la oleorresina mediante esta metodología extractiva.

De acuerdo con esto se realizan cuatro variaciones de tiempos de extracción, los cuales se variaron iniciando con 3 horas de extracción, aumentando una hora hasta lograr cuatro variaciones. A cada una de estas variaciones se le realizó tres repeticiones, para lograr con esto doce unidades experimentales a escala laboratorio.

Los extractos obtenidos en esta etapa fueron concentrados mediante rotaevaporación hasta un nivel de oleorresina, con el cual se podía evaluar la calidad de la extracción realizada. Las muestras de oleorresina extraídas fueron sometidas a un proceso de determinación de capsaicina para determinar la calidad de la oleorresina extraída, y con esto un tiempo óptimo de extracción.

3.1.2.2. Metodología para extracción a escala planta piloto

Iniciando de igual forma que en la metodología a escala laboratorio, se deshidrató la materia vegetal abajo del 10 % de humedad, para luego homogenizar la materia deshidratada. Seguidamente en la marmita de la planta piloto se realizó la lixiviación por maceración dinámica de la materia prima deshidratada. Este proceso extractivo duró 7 horas, que fue el tiempo óptimo hallado en la etapa previa.

El proceso posterior fue el filtrado del extracto obtenido, para luego concentrarlo hasta llevarlo a un nivel de oleorresina, utilizando para esto el equipo de concentración de la planta piloto del Centro de Investigaciones de Ingeniería, y un equipo de rotaevaporación del laboratorio del mismo centro. Esta muestra obtenida fue sometida a un proceso posterior para determinar la capsaicina presente en la oleorresina y determinar con esto una calidad de oleorresina extraída.

3.1.2.3. Metodología de formulación de los aderezos

La formulación de los aderezos se realizó con base a la calidad de la oleorresina obtenida. Dicha formulación se hizo en las instalaciones de una empresa de fabricación de salsas y aderezos, ubicada en la ciudad de La Antigua Guatemala. De acuerdo a la concentración que se quería que tuviera el aderezo a prepararse, se determinó la cantidad de oleorresina a aplicársele, y para esto se determinaron las cantidades de ingredientes a colocar en los aderezos.

Teniendo las cantidades a aplicarse en el aderezo, se inició a procesar los ingredientes y mezclarlos para fabricar el aderezo. Al tener el aderezo terminado, se aplicó la cantidad de oleorresina necesaria para obtener la concentración de capsaicina en el aderezo. Este procedimiento se realizó con las cuatro muestras de aderezos que se evaluaron en el primer panel sensorial, y posteriormente se varió la cantidad de oleorresina a aplicarse en cada aderezo, con la finalidad de determinar la cantidad mejor aceptada por el panel de jueces.

3.1.2.4. Determinación de capsaicina

Se utilizó un estándar de capsaicina USP, con etanol grado HPLC. Se utilizó cromatografía líquida de alta eficiencia para la cuantificación de capsaicina en las muestras de oleorresina de chile chiltepe (*Capsicum annuum* var *Aviculare*).

Para determinar el tiempo óptimo de extracción, así como la capsaicina presente en la muestra extraída a nivel planta piloto, se utilizó la concentración de la capsaicina para cada caso. En la etapa de la evaluación, la capsaicina presente en cada muestra sirvió para saber la eficiencia de la extracción. Y en la etapa de extracción para saber el nivel de pungencia de la oleorresina.

3.1.2.5. Determinación de concentración adecuada de capsaicina en aderezos

Para determinar la concentración adecuada de capsaicina, en los aderezos se analizaron los valores resultantes de las pruebas hedónicas y obtener con esto la concentración adecuada determinada por el panel de jueces consumidores.

3.2. Delimitación del campo de estudio

El presente estudio tiene como campo de alcance, los productos naturales producidos a partir de la extracción de la oleorresina de chile chiltepe (*Capsicum annuum var Aviculare*). El estudio se enfoca en el área de creación de nuevos productos, de acuerdo a la línea investigativa de las extracciones industriales de recursos naturales.

3.3. Recursos humanos disponibles

- Asesor: Ing. Qco. Mario José Mérida Meré
- Coordinador Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales – LIEXVE-. Sección Química Industrial, Centro de Investigaciones de Ingeniería. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Asesora: Ing. Qca. Telma Maricela Cano morales
- Directora Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala
- Investigador: Br. Juan Pablo Echeverría Berducido

3.4. Recursos físicos disponibles

- Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE- Sección Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería, edificio T-5, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Instalaciones de Empresa La Antigüeña ®, Séptima calle poniente, número 24, La Antigua Guatemala.

3.5. Materia prima y reactivos

- Chile chiltepe (*Capsicum annum* var *Aviculare*) molido a un porcentaje de humedad menor del 10 %
- Alcohol etílico al 45 % (v/v)
- Agua desmineralizada
- Estándar de oleorresina de capsicum USP
- Ácido acético al 5 % (V/v)
- Cebolla
- Ajo
- Cilantro
- Pasta de tomate
- Huevo
- Aceite vegetal
- Sal
- Azúcar
- Miel
- Agua potable

3.6. Cristalería, materiales auxiliares y equipo

- Bolsas transparentes marca Ziploc (para guardar materia prima húmeda ya un porcentaje de humedad menor del 10 %)
- Frascos color ámbar con rosquilla para almacenar la oleorresina de chile blanco de 4 mL
- Beackers de 50 mL, y 100 mL marca Pirex
- Probeta de 200 mL, y 500 mL
- Earlenmeyers de 250 mL

- Varillas de agitación
- Termómetro de mercurio 0 °C-150 °C
- Picnómetro
- Dedales de celulosa
- Secador eléctrico de flujo transversal marca Premlab, 120 voltios, 50-60 hertz
- Balanza de humedad marca Boeco Germany 100-120 voltios 60 Hz
- Recirculador de agua en circuito cerrado marca VWR modelo 1112 A 120 voltios, 50-60 Hz 1 fase
- Rotaevaporador marca Büchi R-200 120 voltios, 50-60 Hz
- Balanza marca: Adventure serie: G1231202040133 Voltaje 8-14,5 V, frecuencia 50/60 Hz. máxima capacidad 150 g, lectura mínima 0,001 g. Hecha en U.S.A.
- Plancha de calentamiento con agitación, marca VWR, cat No. 12365-382120 voltios AC, 900 watts, 50-60 Hertz 1 fase
- Bomba de vacío, marca General Electric comercial motors ¼ Hp, 100-115voltios, 50-60 Hz, 1 725-1 425 RPM
- Cuchillo de mesa
- Estufa marca Tappan modelo 1985
- Licuadora Oster modelo 4655 de tres velocidades
- Batidora marca Oster modelo MIX-10
- Licuadora de mano Warming Commercial de dos velocidades modelo GB-WSB33
- Frascos de PET, de 250 mL para aderezos
- Envases de 2 onz para muestras

3.7. Técnica cuantitativa

Para determinar la concentración de capsaicina presente en las muestras obtenidas, se sometieron a un análisis de cromatografía líquida de alta eficiencia.

3.7.1. Caracterización fisicoquímica de la oleorresina de chile chiltepe (*Capsicum annuum var Aviculare*)

El análisis de cromatografía líquida, se realizó en la unidad de análisis instrumental, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

3.7.1.1. Cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC)

Para realizar la metodología de determinación de capsaicina UPS en matrices grasas (oleorresinas) se realizan pasos previos a su ejecución con la finalidad de conseguir un valor certero y confiable.

Tabla II. **Especificaciones del cromatógrafo líquido de alta eficiencia (HPLC) utilizado en el análisis de la oleorresina de chile chiltepe (*Capsicum annuum* var *Aviculare*)**

Nombre	Marca	Modelo	Observaciones
Cromatógrafo líquido de alta eficiencia	Agilent	1 100	--
Bomba	Agilent	HP 1 100	Bomba inteligente
Detector con arreglo de diodos	Agilent	HP 1 100	UV-VIS
Columna	Merck	Li Chrospher Rp-18e 250x22,5 mm	--
Auto muestreador	Agilent	HP 1 100	--
Balanza	AND	FR-200 MKII	--

Fuente: unidad de análisis instrumental, USAC, cromatógrafo líquido de alta eficiencia.

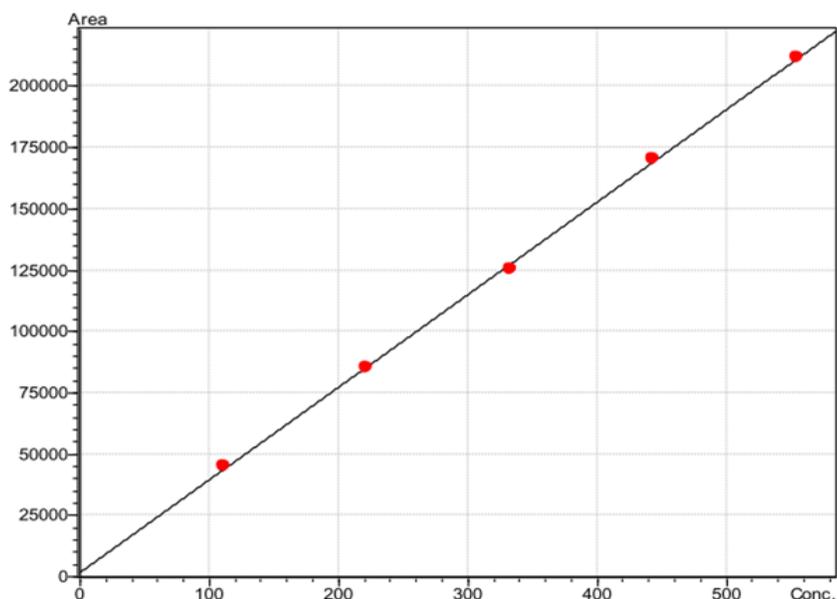
3.7.1.2. Preparación de los estándares

A partir de la solución *stock* se realizaron las correspondientes diluciones para realizar la curva de calibración.

3.7.1.3. Curva de calibración

La curva de calibración sirvió para realizar la comparación de los tiempos de retención obtenidos para cada muestra referenciándolos a un patrón estándar conocido.

Figura 3. **Especificaciones del cromatógrafo líquido de alta eficiencia (HPLC) utilizado en el análisis de la oleorresina de chile chiltepe (*Capsicum annuum* var *Aviculare*)**



Fuente: unidad de análisis instrumental, USAC, cromatógrafo líquido de alta eficiencia.

Tabla III. **Curva de calibración para la detección de capsaicina en oleorresina de chile chiltepe (*Capsicum annuum* var *Aviculare*)**

Estándar	Concentración de capsaicina (ppm)
1	4,036
2	8,072
3	12,1080
4	16,1400
5	20,1800

Fuente: unidad de análisis instrumental, USAC, cromatógrafo líquido de alta eficiencia.

3.7.1.4. Cuantificación de las muestras

Las muestras fueron cuantificadas a partir de las presentes condiciones de separación en la columna cromatográfica.

Tabla IV. **Especificaciones de variables de operación del cromatógrafo líquido de alta eficiencia (HPLC)**

Fase Estacionaria	Columna C ₁₈ / Largo 30 cm de 5 µm Rp-18 Merck
Fase Móvil	Acetonitrilo: agua 65:35 Flujo 1 mL/min
Longitud de Onda	UV-Vis 280 nm
Longitud de onda	50 °C
Volumen de inyección	20 µL

Fuente: unidad de análisis instrumental, USAC, cromatógrafo líquido de alta eficiencia.

3.7.1.5. Cuantificación de capsaicina

Se utilizó un estándar de capsaicina USP, con etanol grado HPLC. Se utilizó la cromatografía líquida de alta eficiencia para la cuantificación en las muestras de oleoresina de chile blanco (*Capsicum annum var Aviculare*).

3.7.1.6. Determinación de las unidades de calor Scoville (SHU)

Para determinar el valor de pungencia en unidades de calor Scoville (SHU) para cada una de las muestras fue necesario multiplicar la concentración de capsaicina presente (ppm) por el SHU de la capsaicina pura de 16 SHU.

Cálculo:

$$SHU_{[muestra]} = \text{capsaicina}_{ppm} * 16 \quad \text{Ecuación 1}$$

3.8. Técnica cualitativa

La técnica cualitativa utilizada para este estudio fue la caracterización microbiológica de la oleorresina de *Capsicum*.

3.8.1. Caracterización microbiológica de la oleorresina de chile chiltepe (*Capsicum annuum var Aviculare*)

La caracterización de la oleorresina, consistió en la determinación de la ausencia de patógenos en la misma, mediante un recuento de coliformes formadores de colonias.

3.8.1.1. Presencia de *Escherichiacoli* O157:H7 (E.Coli)

Se realizó un recuento de bacterias patógenas presente en las muestras de oleorresina de chile chiltepe (*Capsicum annuum var aviculare*) para determinar la presencia o ausencia de E-COLI en las muestras y con esto determinar su aceptabilidad para ser utilizada en productos alimenticios.

3.9. Recolección y ordenamiento de la información

La recolección de los datos y la forma de ordenar la información se llevó en el mismo orden que fueron realizadas las pruebas y evaluaciones.

3.9.1. Etapa de evaluación a nivel laboratorio

Para la recolección de datos se utilizó la técnica de extracción por maceración dinámica con soluciones de alcohol etílico-agua a una concentración de 45 % (v/v). Se trabajó con chile chiltepe (*Capsicum annuum var aviculare*), variando las repeticiones por cuatro tiempos de extracción a 3 repeticiones por tratamiento, obteniendo 12 unidades experimentales. Los porcentajes de rendimiento de oleoresina fueron tabulados según el tiempo de extracción.

3.9.2. Etapa de evaluación sensorial

Para esta etapa, se utilizó una prueba hedónica de nueve puntos, para evaluar el tipo de aderezo al que se aplicaría la oleoresina, como resultado a esto se evaluaron cuatro aderezos a 50 jueces consumidores, dando como resultado 200 datos. Posteriormente se evaluó con este mismo tipo de prueba la concentración de capsaicina que debía tener el aderezo elegido, mediante la aceptabilidad que tuviera en un panel de 75 jueces consumidores, dando como resultado 300 datos.

3.9.3. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Durante la etapa evaluativa de la extracción de la oleoresina de chile chiltepe (*Capsicum annuum var Aviculare*). Se recopilaron y tabularon las masas de chile utilizado para cada muestra, el tiempo de extracción, el volumen utilizado para cada repetición, y las concentraciones de capsaicina determinada para cada muestra.

Para la etapa de evaluación sensorial se determinó la aceptabilidad de los aderezos, tabulando las pruebas hedónicas de nueve puntos, traduciendo la aceptabilidad de los consumidores a punteos numéricos. Todos estos datos fueron tabulados en hojas electrónicas del programa Microsoft Excel® para su evaluación numérica y gráfica, de acuerdo a diagramas de dispersión y de barras.

3.9.4. Análisis estadístico

Los datos obtenidos en la etapa de evaluación a nivel laboratorio, fueron analizados a través de un modelo matemático para determinar el tiempo óptimo de extracción, correlacionando matemáticamente la eficiencia de extracción de cada corrida con los tiempos de extracción utilizados para cada muestra. Posteriormente se analizaron los resultados de las pruebas hedónicas a través de un análisis gráfico de barras, para determinar la tendencia obtenida en la prueba hacia los aderezos y las concentraciones aplicadas a cada muestra.

4. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos a través de la metodología experimental realizada.

Tabla V. **Porcentaje de rendimiento para la extracción de oleorresina de chile chiltepe (*Capsicum annum var Aviculare*) en la etapa de evaluación a escala laboratorio variando el tiempo de extracción**

Tiempo de extracción (h)	Porcentaje de rendimiento				
	Corrida 1 (%)	Corrida 2 (%)	Corrida 3 (%)	Valor promedio (%)	Desviación estándar (+/-)
3	20,013	19,987	20,088	20,029	0,000524
4	20,024	20,088	20,053	20,055	0,000320
5	19,934	20,009	20,065	20,003	0,000657
6	20,075	20,041	20,005	20,040	0,000350

Fuente: elaboración propia, datos tabulados en apéndice C y F.

Tabla VI. **Cuantificación en ppm de capsaicina en muestras de oleorresina de chile chiltepe (*Capsicum annuum var Aviculare*) obtenidos en la etapa de evaluación a escala laboratorio variando el tiempo de extracción**

Tiempo de extracción (h)	Presencia de capsaicina (ppm)				
	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Valor promedio	Desviación estándar
3	143,80	144,54	145,65	144,66	0,93
4	169,80	168,73	167,25	168,59	1,28
5	175,92	177,14	176,88	176,65	0,64
6	188,97	188,80	187,95	188,57	0,55

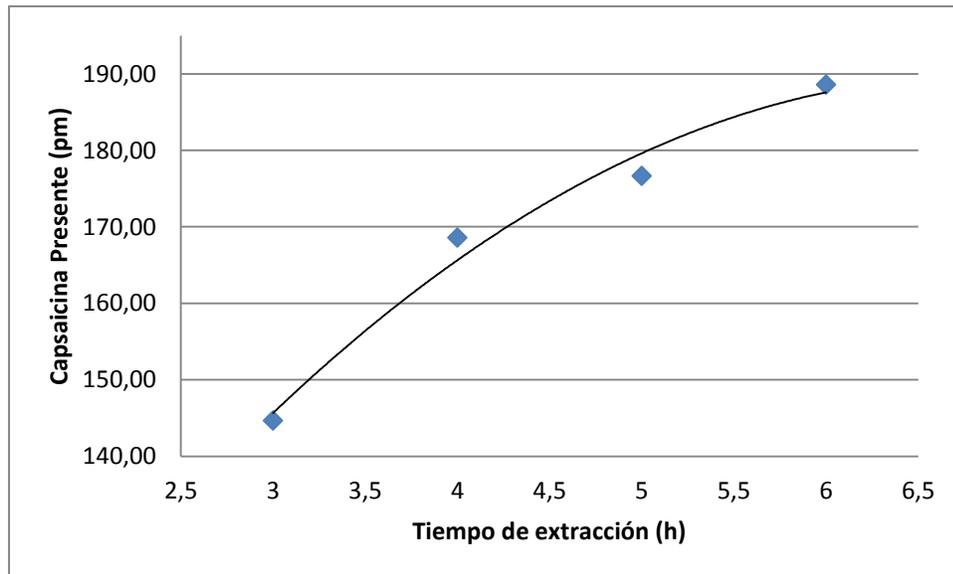
Fuente: elaboración propia, datos obtenidos del laboratorio de análisis instrumental, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla VII. **Cuantificación en SHU para las muestras de oleorresina de chile chiltepe (*Capsicum annuum var Aviculare*) obtenidos en la etapa de evaluación a escala laboratorio variando el tiempo de extracción**

Tiempo de extracción (h)	Presencia de capsaicina (ppm) valor promedio	SHU para cada muestra
3	144,66	2 314,56
4	168,59	2 697,44
5	176,65	2 826,40
6	188,57	3 017,12

Fuente: elaboración propia, datos tabulados en apéndice F.

Figura 4. **Tendencia de la obtención de capsaicina en función del tiempo de extracción**



Fuente: elaboración propia, tabla VIII.

Tabla VIII. **Correlación de la presencia de capsaicina en las muestras en función del tiempo de extracción**

Tiempo de extracción (h)	Presencia de capsaicina (ppm) valor promedio
3	144,66
4	168,59
5	176,65
6	188,57

Fuente: elaboración propia, datos tabulados en apéndice C.

Tabla IX. **Determinación de correlación matemática para obtener tiempo óptimo de extracción**

Ecuación de correlación	Correlación matemática (R ²)	Variación para tiempo de extracción (h)	Variación para presencia de capsaicina (ppm)
$y = -3,000x^2 + 40,98x + 49,70$ ¹³	0,981	0-7	0-200

Fuente: figura 4.

Tabla X. **Tiempo de extracción óptimo**

Ecuación de correlación	Ecuación de correlación derivada	Tiempo de extracción óptimo (h)
$y = -3,000x^2 + 40,98x + 49,70$ ¹⁴	$Dy/Dx = -6,000x + 40,98$ ¹⁵	6,83

Fuente: elaboración propia, de acuerdo a método de derivación.

¹³ ** “y” es igual a (Concentración de Capsaicina (ppm)); y “x” es igual a (Tiempo de Extracción (h))

¹⁴ ** “y” es igual a (Concentración de Capsaicina (ppm)); y “x” es igual a (Tiempo de Extracción (h))

¹⁵ ** “y” es igual a (Concentración de Capsaicina (ppm)); y “x” es igual a (Tiempo de Extracción (h))

Tabla XI. **Presencia de capsaicina, porcentaje de rendimiento y SHU en muestra de oleorresina de chile chiltepe (*Capsicum annum var Aviculare*) extraída a escala planta piloto**

Tiempo de extracción (h)	Presencia de capsaicina(ppm)	Rendimiento (%)	SHU
7	927,50	23.30	14 840

Fuente: elaboración propia, datos tabulados en apéndice F.

Tabla XII. **Resumen de resultados de prueba hedónica de 9 puntos para determinar aderezo a aplicarse oleorresina, aplicada a panel 1 de juez consumidor**

	MUESTRA A	MUESTRA B	MUESTRA C	MUESTRA D
Valor promedio obtenido	6,4	7,24	9,00	6,04
Desviación estándar	+/- 0,87	+/- 0,66	+/- 0,00	+/- 1,17
Cantidad de Jueces				25

Fuente: elaboración propia, datos tabulados en apéndice E.

Tabla XIII. **Resumen de resultados de prueba hedónica de 9 puntos para determinar aderezo a aplicarse oleorresina, aplicada a panel 2 de jueces consumidores**

	MUESTRA A	MUESTRA B	MUESTRA C	MUESTRA D
Valor promedio obtenido	7,16	7,60	8,84	7,32
Desviación estándar	+/- 1,18	+/- 0,82	+/- 0,37	+/- 0,63
Cantidad de Jueces			25	

Fuente: elaboración propia, datos tabulados en apéndice E.

Tabla XIV. **Resumen de resultados de prueba hedónica de 9 puntos para determinar concentración de capsaicina aplicada al aderezo seleccionado, aplicada a panel 3 de jueces consumidores**

	MUESTRA E	MUESTRA F	MUESTRA G	MUESTRA H
Valor promedio obtenido	7,08	7,40	8,84	3,04
Desviación estándar	+/- 0,91	+/- 0,65	0,62	0,84
Cantidad de Jueces			25	

Fuente: elaboración propia, datos tabulados en apéndice E.

Tabla XV. **Resumen de resultados de prueba hedónica de 9 puntos para determinar concentración de capsaicina aplicada al aderezo seleccionado, aplicada a panel 4 de jueces consumidores**

	MUESTRA E	MUESTRA F	MUESTRA G	MUESTRA H
Valor promedio obtenido	5,72	6,16	8,24	5,80
Desviación estándar	+/- 0,68	+/- 0,85	+/- 0,66	+/- 2,00
Cantidad de Jueces			25	

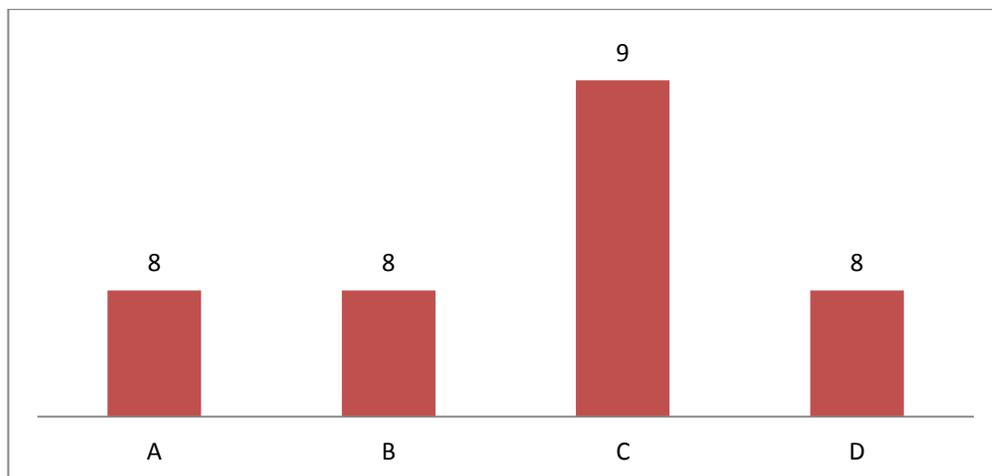
Fuente: elaboración propia, datos tabulados en apéndice E.

Tabla XVI. **Resumen de resultados de prueba hedónica de 9 puntos para determinar concentración de capsaicina aplicada al aderezo seleccionado, aplicada a panel 5 de jueces consumidores**

	MUESTRA E	MUESTRA F	MUESTRA G	MUESTRA H
Valor promedio obtenido	6,36	6,76	8,72	4,16
Desviación estándar	+/- 0,99	+/- 1,27	+/- 0,54	+/- 0,90
Cantidad de Jueces			25	

Fuente: elaboración propia, datos tabulados en apéndice E.

Figura 5. **Resultado de aceptabilidad de aderezos, por prueba hedónica de nueve puntos realizada a panel de jueces consumidores 1 y 2**



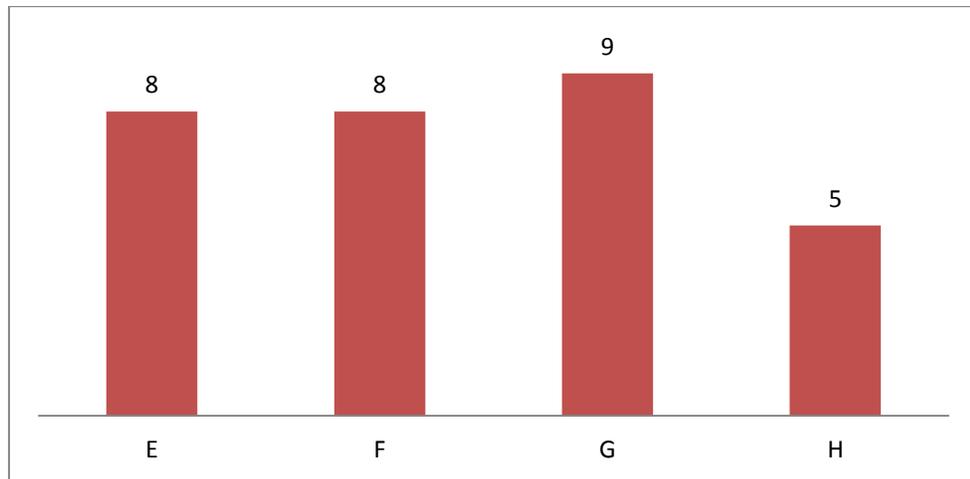
Fuente: tabla XVII

Tabla XVII. **Resumen de resultados de aceptabilidad de aderezos, por prueba hedónica de nueve puntos realizada a panel de jueces consumidores 1 y 2**

	MUESTRA A	MUESTRA B	MUESTRA C	MUESTRA D
Panel 1	7	8	9	7
Panel 2	8	8	8	7
Valor promedio	8	8	9	7

Fuente: elaboración propia, datos tabulados en apéndice E.

Figura 6. **Resultado de aceptabilidad de aderezos, por prueba hedónica de nueve puntos realizada a panel de jueces consumidores 3, 4 y 5**



Fuente: tabla XVIII.

Tabla XVIII. **Resumen de resultados de aceptabilidad de aderezos, por prueba hedónica de nueve puntos realizada a panel de jueces consumidores 3, 4 y 5**

	MUESTRA E	MUESTRA F	MUESTRA G	MUESTRA H
Panel 1	8	8	9	3
Panel 2	7	7	9	6
Panel 3	8	8	9	6
Valor promedio	8	8	9	5

Fuente: elaboración propia, datos tabulados en apéndice E.

Tabla XIX. **Concentración de capsaicina presente en el aderezo elegido y SHU en el aderezo**

Concentración de capsaicina en Aderezo (ppm)	SHU en aderezo
15	240

Fuente: elaboración propia, datos tabulados en apéndice F.

Tabla XX. **Diferencia de medias para panel sensorial 1 y 2 de acuerdo al método de Tukey**

Combinación de Muestras	Diferencia de las muestras	w	$ q_1 - q_2 > w$	Presentan diferencia significativa
A-D	0,10	1,400	NO	NO
A-C	2,14	1,400	SI	SI
A-B	0,64	1,400	NO	NO
B-D	0,74	1,400	NO	NO
B-C	1,50	1,400	SI	SI
D-C	2,24	1,400	SI	SI

Fuente: apéndice G.

Tabla XXI. **Diferencia de medias para panel sensorial 1 y 2 de acuerdo al método de Tukey**

Combinación de Muestras	Diferencia de las muestras	w	$ q_1 - q_2 > w$	Presentan diferencia significativa
E-H	2,05	1,511	SI	SI
E-G	2,21	1,511	SI	SI
E-F	0,39	1,511	NO	NO
F-H	2,44	1,511	SI	SI
F-G	1,83	1,511	SI	SI
H-G	4,27	1,511	SI	SI

Fuente: apéndice G.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo a los objetivos planteados para el presente estudio, se diseñó un procedimiento experimental, en el cual se consideró un criterio para evaluar el mejor tiempo durante la extracción de la oleorresina de chile chiltepe (*Capsicum annuum var Aviculare*) utilizando la metodología de extracción por maceración dinámica a temperatura ambiente.

Para poder responder a los objetivos del estudio, se dividió el mismo en tres fases. La primera fase pretendió dar respuesta al tiempo óptimo de extracción de la oleorresina. Esta fase consistió en realizar una evaluación a escala laboratorio, para determinarlo. En las pruebas de esta etapa se trabajó mediante la extracción por maceración dinámica a temperatura ambiente.

Las muestras obtenidas de esta etapa se sometieron al proceso de rota-evaporación, en el cual por medio de la aplicación de vacío y calor se concentró el extracto a un nivel de oleorresina. Para esta etapa la mayor eficiencia de extracción que se obtuvo fue de 20,055 %, para un tiempo de extracción de cuatro horas, de acuerdo a la tabla V del capítulo anterior.

Estas muestras de oleorresinas se analizaron por medio de un análisis de cromatografía de alta resolución, mediante el cual se determinó la presencia de capsaicina USP en cada muestra, expresada en partes por millón en la tabla VI, del capítulo de resultados. Con la evaluación de la presencia de capsaicina en las muestras se pudo determinar un valor en unidades de calor Scoville *SHU* que se presenta en la tabla VII, para cada muestra.

Tomando los resultados encontrados por el método de cuantificación de capsaicina como base de análisis se puede observar que aun obteniendo un mayor rendimiento de extracción a 4 horas de procesamiento se obtuvo una mayor cantidad de capsaicina con un tiempo de 6 horas de extracción, pues las cantidades obtenidas de capsaicina para cada caso fueron de 168,59 y 188,57 ppm respectivamente, de acuerdo a lo observado en la tabla VIII del capítulo anterior.

Tomando estos resultados se pudo correlacionar el tiempo de extracción y la cantidad de capsaicina obtenida en cada muestra, y expresada en partes por millón para este caso, hallando con esto un modelo matemático de segundo grado, que se presenta en la tabla IX del capítulo de resultados. Para poder llegar a este modelo, se generó la gráfica mostrada en la figura 4 presentada en el mismo capítulo, que utilizó los datos de la tabla VIII.

Con este modelo se halló el tiempo óptimo de extracción. De acuerdo a lo observado en la tabla IX, se presenta la derivada del modelo matemático de segundo grado, a la cual se le aplicó una igualación a cero para encontrar el valor máximo, que en este caso representa el tiempo óptimo de extracción que debe utilizarse para encontrar la mayor cantidad de capsaicina en el proceso de extracción de la oleoresina. Conforme a lo encontrado en esta metodología matemática, se pudo determinar que el valor óptimo teórico es de 6.83 horas, lo que se puede aproximar a un valor de 7 horas.

Este tiempo óptimo fue utilizado para escalar la metodología en la siguiente etapa del proceso investigativo. La segunda etapa se enfocó a dar respuesta a la necesidad de extraerla oleoresina de chiltepe para evaluarla y determinar su calidad con la finalidad de poder luego aplicarla en el producto deseado.

Tomando como base a la optimización del tiempo de extracción, determinado en la fase anterior, se procedió a escalar la metodología extractiva a una escala de planta piloto. En esta etapa se utilizaron 3 400 gramos de materia vegetal deshidratada y molida.

Como solvente de extracción se utilizó una mezcla de Agua destilada: Etanol en relación 55:45 (v/v) y una relación soluto: solvente de 1:10. Una vez concluidas las 7 horas de extracción se procedió a filtrar el extracto etanólico y concentrarlo por medio de la aplicación de vacío y calor. Cuando se tenía el extracto de chile, con una fracción de etanol, se procedió a someterlo a un equipo de rotaevaporación el cual llevó la mezcla a un nivel de oleorresina.

Para esta etapa se tuvo un rendimiento del 23,30 %, que se muestra en la tabla XI teniendo una correlación con lo esperado en la primera etapa del proceso, obtenida a través de los rendimientos de las extracciones a escala laboratorio. Esta etapa permitió evaluar la oleorresina a nivel fisicoquímico como microbiológico, determinando su calidad y aceptación para ser utilizada en aplicaciones alimenticias.

Para esto se realizó la evaluación fisicoquímica y microbiológica de la oleorresina, a través de un análisis de Cromatografía de Alta Resolución *HPLC* determinando la presencia de capsaicina USP en dicha muestra.

Con los resultados de esta muestra se pudo determinar que tenía una concentración de 927,50 ppm de capsaicina UPS, que en unidades de calor Scoville *SHU* indican un valor de 14 840 para esta muestra y se encuentra reportado en la tabla XI del capítulo anterior. Este valor nos indica la calidad de la oleorresina en niveles de la escala Scoville de unidades de calor.

En la misma etapa se analizó una muestra de la capsaicina mediante un recuento de coliformes totales, logró determinar que la muestra de oleorresina extraída no poseía presencia de coliformes formadores de colonia UFC, que impidieran su uso en la industria alimentaria. Sirviendo esto como respaldo para aplicarla a productos alimenticios, garantizando con esto su inocuidad para uso alimenticio.

Con esta evaluación de la calidad e inocuidad de la muestra, se procedió a formular el aderezo en el que iba a ser aplicada la oleorresina. En esta tercera y última fase del estudio se determinó los ingredientes que el aderezo llevaría, los porcentajes en que se agregaría cada uno y el procedimiento de elaboración de dicho aderezo.

Para poder definir el aderezo que tuviera mayor aceptabilidad por los consumidores se realizó un panel sensorial en el que fueron evaluados los posibles aderezos. Los cuatro aderezos fueron sometidos a una degustación en un panel evaluación sensorial por un grupo de 50 jueces consumidores. Para esta evaluación se variaron las posiciones de las muestras, dándoles a probar los cuatro aderezos a los evaluadores y obtener de una forma adecuada la aceptación de los evaluadores hacia los aderezos.

Conforme los resultados obtenidos, que se muestran en las tablas XII, XIII y XVII del capítulo de resultados se puede observar que los jueces evaluadores eligieron la muestra C con una calificación de 9, equivalente a “me gusta muchísimo”. El aderezo que estaba siendo representado por esta literal es el que contenía en su composición 15 ppm de capsaicina, y un sabor agridulce por su formulación. Con base a esto y a la figura 5 se puede corroborar que la muestra elegida por el panel de jueces evaluadores es la muestra C.

Cuando se determinó el aderezo en el que iba a ser aplicada la oleorresina, se procedió a realizar una segunda evaluación sensorial, variando para esta evaluación la concentración de la capsaicina en el aderezo seleccionado por los jueces. Para esta evaluación se hicieron 4 muestras, a las cuales se agregó 5, 10, 15 y 20 ppm de capsaicina. Con este escalamiento en el porcentaje de capsaicina, se pretendió determinar la máxima concentración que el panel de jueces encontraba como satisfactoria y con ello encontrar la mejor muestra de aderezo.

En esta última parte de la etapa evaluativa, esta prueba se realizó en el mismo lugar en que se realizó la primera, bajo la premisa de ser los mismos jueces los que evaluarían esta muestra. En este caso se realizaron 3 variaciones al orden de presentar las muestras de aderezos, en tres grupos de 25 personas cada uno, para evaluar un total de 75 opiniones.

De acuerdo a los resultados de esta prueba, mostrados en las tablas XIV, XV, XVI y XVIII de la sección de resultados, los jueces evaluadores calificaron con una puntuación de 9 equivalente a “me gusta muchísimo” la muestra G, que es la muestra con 15 ppm de capsaicina en su contenido. La figura 6 muestra la tendencia del grupo de jueces que confirma el resultado de la elección de la muestra con 15 ppm de capsaicina en su contenido.

Para corroborar los resultados obtenidos en la evaluación sensorial se aplicó la prueba de Tukey a los datos estadísticos de los resultados de estas evaluaciones sensoriales. Con esta prueba se pudo determinar, relacionando los resultados de la tabla XX que la muestra C es distinta estadísticamente respecto a las medias del resto de muestras evaluadas en este panel sensorial.

Permitiendo con esto tener la certeza de que el resultado de la evaluación sensorial mediante la media de los resultados puntuales es efectivamente el resultado elegido por los jueces evaluadores. Para el segundo panel sensorial, de acuerdo con los resultados mostrados en la tabla XXI se puede determinar que las muestras E, F y G muestran diferencias significativas estadísticamente respecto ellas mismas en los resultados de sus medias. Este resultado permitió elegir al aderezo representado con la literal G como el preferido de este panel sensorial.

Sabiendo que la muestra tiene una cantidad de 15 ppm de capsaicina en concentración se pudo determinar que el aderezo tiene 240 unidades de calor Scoville *SHU*. Este valor se presenta en la tabla XIX del capítulo de resultados, llegando con esto a cumplir el último objetivo del presente estudio.

CONCLUSIONES

1. Para la optimización del tiempo de extracción en función de la concentración de oleorresina, se determinó un modelo matemático, con el cual se llegó a un valor de 7 horas de proceso extractivo, a un rango de aplicación de 0 a 200 ppm de capsaicina extraída.
2. El porcentaje de rendimiento promedio obtenido en la etapa de evaluación del proceso extractivo a nivel laboratorio fue de 20,055 %, para cuatro horas de extracción.
3. En el proceso extractivo a nivel planta piloto se obtuvo un porcentaje de rendimiento del 23,30 %.
4. La oleorresina obtenida en el proceso extractivo contenía 14 840 unidades de calor Scoville *SHU*, lo cual indica que es una oleorresina de alta pungencia.
5. Mediante un recuento de coliformes formadores de colonias, con resultado de 0 UFC encontradas, se determinó la inocuidad de la oleorresina obtenida.
6. Realizando variaciones en la concentración de capsaicina en muestras de aderezos, mediante la oleorresina aplicada, se realizó una prueba hedónica de 9 puntos que, dio como resultado una puntuación de 9, referenciado a la evaluación de “me gusta muchísimo” para el aderezo con 15 ppm de capsaicina.

7. Mediante una prueba de Tukey se pudo corroborar estadísticamente que los resultados de la prueba hedónica de nueve puntos presentaban diferencias significativas entre las muestras AC, CD y BC, para el primer panel sensorial y tenían diferencias entre las muestras EH, EG, EF, FH, FG y GH para poder concluir el análisis sensorial con la elección de un aderezo.

8. El aderezo realizado tiene 240 unidades de calor Scoville *SHU*.

RECOMENDACIONES

1. Evaluar la metodología de extracción tipo soxhlet para verificar una variación en los porcentajes de rendimiento.
2. Evaluar la variación en la mezcla de solventes extractores y su efecto sobre los resultados de la extracción.
3. Analizar la variación de los resultados de acuerdo al porcentaje de humedad presente en la muestra y los efectos de considerar el valor de agua presente en la misma al momento de aplicar la mezcla de solventes extractores.
4. Considerar otras formas de evaluación sensorial para determinar la aceptabilidad de los consumidores.
5. Evaluar la aplicación de las oleorresinas de *capsicum* en industrias de tratado de bienes muebles, considerando sus efectos pungentes y repelentes hacia plagas.
6. Estudiar las propiedades de las oleorresinas de *capsicum* para ser utilizadas en la tinción de textiles.
7. Estudiar la incidencia en la variación de la temperatura de secado respecto a la cantidad de capsaicina obtenida.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANZALDUA-MORALES, Antonio. *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Zaragoza, España: Acribia, 2005. 350 p.
2. ARSAW GRAS, Jaume. *Diseños experimentales, prácticas*. Publicaciones de la Universidad de Barcelona, España. 1997. 426 p.
3. ASPRILLA, Carlos; VALENCIA, Cindy; VÁSQUEZ, Carlos. *Estudios de Extracción de la Capsaicina*. Proyecto Multidisciplinario. Bogotá, Colombia: Editorial García, 2000. 94 p.
4. BARDA, Nora. *Análisis sensorial de los alimentos* Food & Quality Magazine Grupo Bocchi, Argentina: ExpoFrut Argentina, 2004. 187 p.
5. BROWN, Theodore L.; et al. *Química, la ciencia central*. México: McGraw-Hill, 2006. 965 p.
6. CANO, Manuel Francisco. *Perfil Ambiental del departamento de Petén*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación para Asuntos Específicos de Petén. 1997. p. 26.
7. CASTRO, J., MARTIN, I., SANCHO, J. *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. España: Ediciones Universitat Barcelona, 2001. 467 p.

8. *Ciencia Picante*. La Alimentación. Nutrición y Ciencia. [en línea]. [ref. 23 de agosto de 2011]. Disponible en web: <http://canales.laverdad.es/cienciaysalud/5_1_4.html>.
9. *El Consumo de Productos en Latinoamérica*. [en línea]. [ref. 20 de octubre 2010]. Disponible en web: <<http://www.regionloreto.gob.pe/amazonia/libros/28/28000002.htm#12#12>>.
10. FORTIN, J.; DESPLANCKE. *Guía de selección y entrenamiento de un panel de catadores*. Zaragoza, España: Acribia, 2001. 283 p.
11. GÓMEZ, Marcelo M. *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Córdoba, Brujas, 2006. 384 p.
12. IBARZ RIBAS, Alberto. *Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos*. España: Mundi-Prensa Libros, 2005. 865 p.
13. Mc CABE, William; SMITH, Johan; HARRIOT, Peter. *Operaciones unitarias en ingeniería química*. 4a ed. España: McGraw-Hill, 1991. 752 p.
14. NAVARRETE, Andres. *Revista Latinoamericana de Química*, MIXIM, México: Guadalajara, 2008. 59 p.
15. PERRY, M., *Manual del ingeniero químico*. 6a ed. Tom. 5. Cap. 6. España: McGraw-Hill, 1992. 977 p.

16. PERALTA CALITO, German Manuel. *Determinación del nivel de pungencia en unidades scoville para Capsicum annuum var. Aviculare procedente de regiones productoras de Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 280 p.
17. SVAROVSKY, Ladislav. *Solid-Liquid Separation*. 4a ed. Londres, Inglaterra: Butterworth Heinemann, 2000. 568 p.
18. *The Nature of Capsaicin*. DeWitt, Dave. [en línea]. [ref. 10 de octubre 2011]. Disponible en web: <<http://www.fieryfoods.com/dave/capsaicin.asp>>.

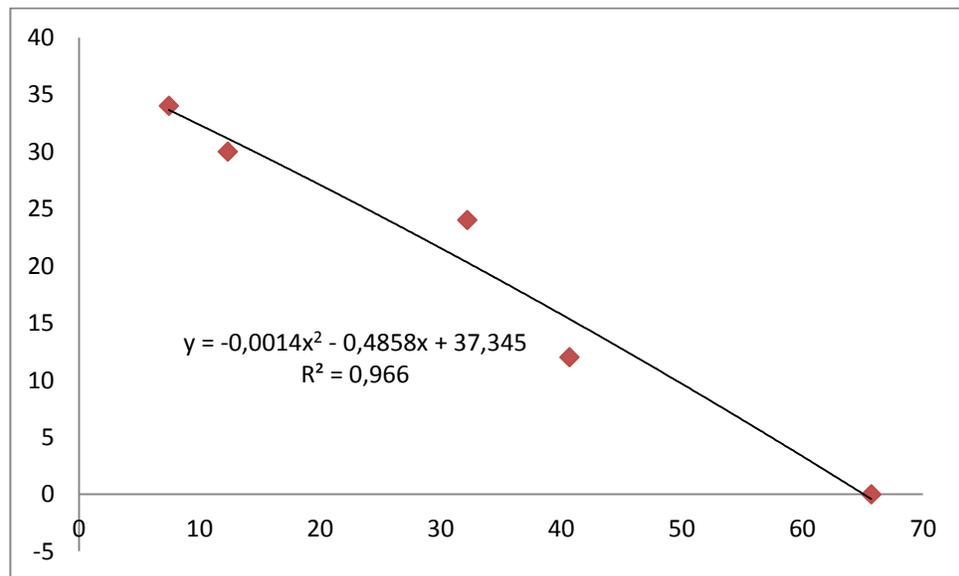
APÉNDICE A

Monitoreo de la humedad durante el secado del chile chiltepe (*Capsicum annum var Aviculare*) previo a la etapa de extracción.

Tiempo (h)	Humedad (%)
0	65,72
12	40,70
24	32,20
30	12,34
34	7,45

Fuente: elaboración propia.

Comportamiento de la el secado del chile chiltepe (*Capsicum annum var Aviculare*) previo a la etapa de extracción.



Fuente: elaboración propia.

APÉNDICE B

Monitoreo de la densidad de los extractos etanólicos en la etapa de evaluación a nivel laboratorio

Código	Densidad del extracto (g/mL)
MX03A	0,956
MX03B	0,894
MX03C	0,806
MX04A	0,961
MX04B	0,903
MX04C	0,809
MX05A	0,957
MX05B	0,884
MX05C	0,807
MX06A	0,958
MX06B	0,897
MX06C	0,802

Fuente: elaboración propia.

APÉNDICE C

Porcentaje de rendimiento de oleorresina de chile chiltepe (*Capsicum annuum var Aviculare*)

Código	Peso inicial del balón (g)	Peso del balón y la oleorresina (g)	Cantidad de materia vegetal inicial (g)	Porcentaje de rendimiento de la extracción (g)
MX03A	73,738	76,552	14,062	20,013
MX03B	74,851	77,670	14,104	19,987
MX03C	72,982	75,800	14,030	20,088
MX04A	73,738	76,537	13,982	20,024
MX04B	74,851	77,678	14,077	20,088
MX04C	72,982	75,798	14,019	20,088
MX05A	73,738	76,526	13,988	19,934
MX05B	74,851	77,649	13,987	20,009
MX05C	72,982	75,798	14,038	20,065
MX06A	73,738	76,558	14,049	20,075
MX06B	74,851	77,654	13,987	20,041
MX06C	72,982	75,780	13,988	20,005

Fuente: elaboración propia.

Unidades de calor Scoville (*SHU*) en función de la cantidad de capsaicina presente en la oleorresina extraída

Código	Presencia de capsaicina (ppm)	Unidades de Calor Scoville (<i>SHU</i>)
MX03A	143,80	2 300,80
MX03B	169,80	2 716,80
MX03C	175,92	2 814,72
MX04A	188,97	3 023,52
MX04B	144,54	2 312,64
MX04C	168,73	2 699,68
MX05A	177,14	2 834,24
MX05B	188,80	3 020,80
MX05C	145,65	2 330,40
MX06A	167,25	2 676,0
MX06B	176,88	2 830,08
MX06C	187,95	3 007,20

Fuente: elaboración propia.

APÉNDICE D

Resultados de la evaluación sensorial practicada al grupo de aderezos con la aplicación de la oleorresina de chile chiltepe (*Capsicum annum var Aviculare*), para determinar el aderezo que era preferido por los jueces consumidores del panel 1.

JUEZ	VALOR DE LA MUESTRA			
	A	B	C	D
1	5	7	9	6
2	8	7	9	5
3	6	7	9	8
4	6	7	9	7
5	6	7	9	8
6	5	6	9	7
7	6	7	9	8
8	6	7	9	7
9	7	8	9	7
10	6	8	9	5
11	6	6	9	5
12	5	7	9	5
13	7	8	9	7
14	7	8	9	6
15	7	8	9	6
16	6	8	9	4
17	7	7	9	4
18	7	8	9	6
19	6	7	9	6

Continuación.

20	6	7	9	6
21	6	7	9	6
22	8	7	9	6
23	8	6	9	6
24	7	8	9	4
25	6	8	9	6
TOTAL	160	181	225	151
PROMEDIO	6,4	7,24	9	6,04

Fuente: elaboración propia.

Resultados de la evaluación sensorial practicada al grupo de aderezos con la aplicación de la oleorresina de chile chiltepe (*Capsicum annuum var Aviculare*), para determinar el aderezo que era preferido por los jueces consumidores del panel 2.

JUEZ	VALOR DE LA MUESTRA			
	A	B	C	D
1	7	6	8	7
2	8	7	8	8
3	7	7	9	6
4	7	8	9	7
5	6	8	9	7
6	8	7	9	8
7	5	8	9	7
8	5	8	9	7
9	6	8	9	7

Continuación.

10	6	7	9	8
11	7	8	9	8
12	8	7	9	8
13	7	8	9	8
14	7	8	9	8
15	7	6	8	8
16	7	8	9	8
17	6	9	9	7
18	8	7	9	6
19	7	8	9	8
20	9	8	9	7
21	9	8	9	7
22	9	6	9	7
23	9	8	9	7
24	8	9	9	7
25	6	8	8	7
TOTAL	179	190	221	183
PROMEDIO	7,16	7,6	8,84	7,32

Fuente: elaboración propia.

Resultados de la evaluación sensorial practicada al grupo de aderezos con la aplicación de la oleoresina de chile chiltepe (*Capsicum annuum var Aviculare*), para determinar la concentración a aplicarse al aderezo que era preferido por los jueces consumidores del panel 3.

JUEZ	VALOR DE LA MUESTRA			
	A	B	C	D
1	7	7	9	3
2	7	8	9	3
3	6	6	9	3
4	6	7	9	3
5	7	8	9	2
6	6	8	9	2
7	6	7	9	2
8	6	8	9	2
9	7	7	8	3
10	6	7	9	4
11	6	7	9	2
12	7	7	9	2
13	7	7	9	2
14	8	8	9	3
15	6	7	9	3
16	8	8	9	4
17	9	9	9	4
18	8	8	9	4
19	8	8	9	4
20	8	7	9	4

Continuación.

21	8	7	6	4
22	8	8	9	2
23	7	7	9	3
24	7	7	9	4
25	8	7	9	4
TOTAL	177	185	221	76
PROMEDIO	7,08	7,4	8,84	3,04

Fuente: elaboración propia.

Resultados de la evaluación sensorial practicada al grupo de aderezos con la aplicación de la oleorresina de chile chiltepe (*Capsicum annuum var Aviculare*), para determinar la concentración a aplicarse al aderezo que era preferido por los jueces consumidores del panel 4.

JUEZ	VALOR DE LA MUESTRA			
	A	B	C	D
1	6	6	8	8
2	5	6	8	7
3	6	7	9	7
4	6	7	8	7
5	5	5	9	4
6	6	6	8	9
7	6	7	9	9
8	5	5	8	4
9	7	7	8	4
10	6	6	9	4

Continuación.

11	6	6	7	3
12	5	6	7	4
13	7	7	8	6
14	5	5	8	6
15	6	6	7	4
16	5	5	8	6
17	6	7	8	8
18	7	8	9	9
19	6	7	9	3
20	5	5	8	6
21	5	6	9	8
22	6	6	9	7
23	5	5	9	4
24	6	7	8	4
25	5	6	8	4
TOTAL	143	154	206	145
PROMEDIO	5,72	6,16	8,24	5,8

Fuente: elaboración propia.

Resultados de la evaluación sensorial practicada al grupo de aderezos con la aplicación de la oleoresina de chile chiltepe (*Capsicum annum var Aviculare*), para determinar la concentración a aplicarse al aderezo que era preferido por los jueces consumidores del panel 5.

JUEZ	VALOR DE LA MUESTRA			
	A	B	C	D
1	6	6	8	4
2	7	6	8	6
3	4	8	9	4
4	7	6	9	7
5	5	5	7	4
6	5	7	9	4
7	8	9	9	5
8	8	9	9	3
9	7	9	9	4
10	6	7	9	3
11	6	7	9	4
12	6	6	9	4
13	7	6	9	4
14	7	8	9	4
15	6	7	9	5
16	6	6	8	5
17	7	4	9	4
18	8	8	9	4
19	5	5	8	3

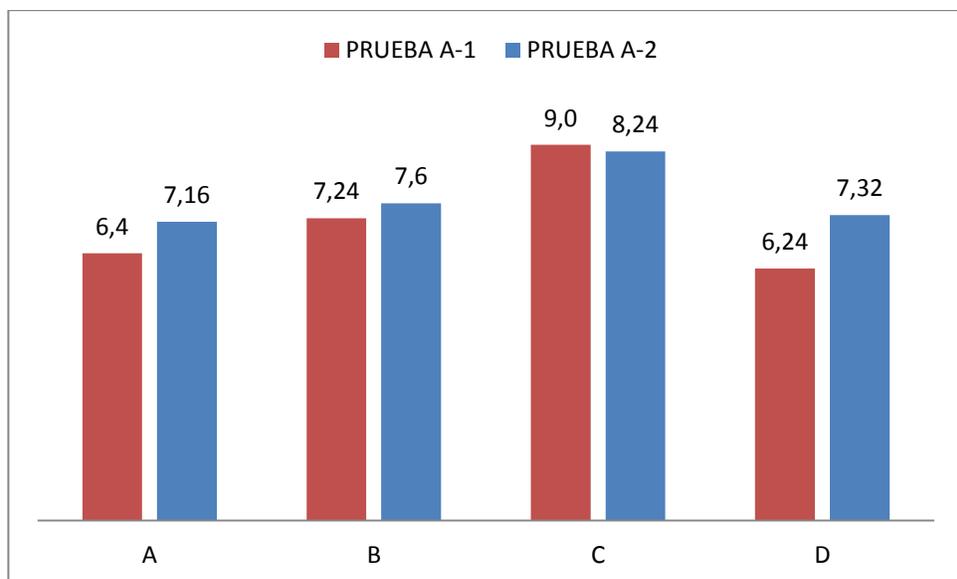
Continuación.

20	6	6	9	4
21	7	7	9	4
22	7	6	8	3
23	6	7	9	4
24	6	7	9	4
25	6	7	9	4
TOTAL	159	169	218	104
PROMEDIO	6,36	6,76	8,72	4,16

Fuente: elaboración propia.

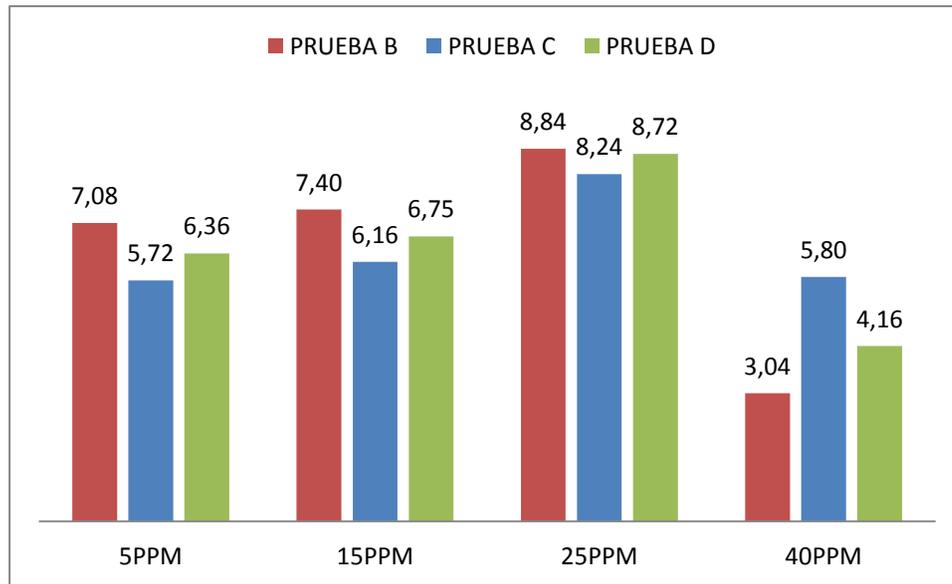
APÉNDICE E

Resultados de la evaluación sensorial practicada al grupo de aderezos con la aplicación de la oleorresina de chile chiltepe (*Capsicum annuum var Aviculare*), para determinar el aderezo que era preferido por los jueces consumidores del panel 1 y 2.



Fuente: elaboración propia.

Resultados de la evaluación sensorial practicada al grupo de aderezos con la aplicación de la oleoresina de chile chiltepe (*Capsicum annuum* var *Aviculare*), para determinar el aderezo que era preferido por los jueces consumidores del panel 3, 4 y 5.



Fuente: elaboración propia.

APÉNDICE F

- Cálculo de la densidad del extracto etanólico

Para determinar la densidad del extracto etanólico obtenido del proceso, se tomó la medición de la masa y el volumen utilizando para esto un picnómetro.

Se utilizó la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{Mt \text{ g} - Mo(g)}{V(mL)} \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde:

ρ = densidad del extracto etanólico (g/mL)

Mt = masa total (masa picnómetro + masa extracto etanólico) (g)

Mo = masa inicial del picnómetro (g)

V = volumen del picnómetro (mL)

Ejemplo:

Los datos obtenidos en la extracción de la etapa de evaluación a nivel laboratorio para la muestra MX03A son que para un picnómetro con una tara de 4,2460g y 1,027mL al agregarle el extracto etanólico pesó 5,2280g

$$\rho = \frac{5,2280 \text{ g} - 4,2460(g)}{1,027(mL)} = \frac{0,982(g)}{1,027(mL)} = \mathbf{0,956 \text{ mL}}$$

- Cálculo del porcentaje de rendimiento de oleorresina de chile chiltepe (*Capsicum annuum var Aviculare*)

Para determinar el porcentaje de rendimiento de la oleorresina se requiere la masa de la materia prima utilizada en el proceso y la masa de la oleorresina recuperada, para aplicarla en la siguiente ecuación:

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{\text{masa de oleorresina recuperada}}{\text{masa inicial de muestra}} * 100 \quad \text{Ecuación 3}$$

Ejemplo:

De acuerdo a los datos obtenidos del proceso de extracción de la muestra MX03A, tabulados en el apéndice C.

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{2,814(g)}{14,062 g} * 100 = 0,2013 = 20,13\%$$

- Cálculo de las unidades de calor Scoville (*SHU*) de la oleorresina de chile chiltepe (*Capsicum annuum var Aviculare*)

Para determinar las unidades de calor Scoville (*SHU*) se requiere la cantidad de capsaicina presente reportada en partes por millón (ppm) a partir del análisis de cromatografía líquida de alta eficiencia (*HPLC*) y el valor de capsaicina reportado se multiplica por un factor de 16.

$$SHU_{[muestra]} = \text{capsaicina}_{\text{ppm}} * 16 \quad \text{Ecuación 1}$$

Ejemplo:

De acuerdo a los datos obtenidos de la caracterización fisicoquímica de la muestra MX03A, tabulados en el apéndice C.

$$SHU_{[muestra]} = 143,80 \text{ ppm} * 16 = 2\,300,80 \text{ SHU}$$

APÉNDICE G

Herramientas para la prueba de Tukey

Tabla con valores de Cuantiles de la distribución de Tukey $q(n;m)$

$\alpha = 0.05$	2	3	4	5	6	7	n 8	9	10	11	12	13	14	15
m														
2	6.08	8.33	9.80	10.88	11.73	12.43	13.03	13.54	13.99	14.40	14.76	15.09	15.39	15.67
3	4.50	5.91	6.82	7.50	8.04	8.48	8.85	9.18	9.46	9.72	9.95	10.15	10.35	10.52
4	3.93	5.04	5.76	6.29	6.71	7.05	7.35	7.60	7.83	8.03	8.21	8.37	8.52	8.66
5	3.64	4.60	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80	6.99	7.17	7.32	7.47	7.60	7.72
6	3.46	4.34	4.90	5.30	5.63	5.90	6.12	6.32	6.49	6.65	6.79	6.92	7.03	7.14
7	3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.61	5.82	6.00	6.16	6.30	6.43	6.55	6.66	6.76
8	3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92	6.05	6.18	6.29	6.39	6.48
9	3.20	3.95	4.41	4.76	5.02	5.24	5.43	5.59	5.74	5.87	5.98	6.09	6.19	6.28
10	3.15	3.88	4.33	4.65	4.91	5.12	5.30	5.46	5.60	5.72	5.83	5.93	6.03	6.11
11	3.11	3.82	4.26	4.57	4.82	5.03	5.20	5.35	5.49	5.61	5.71	5.81	5.90	5.98
12	3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	5.39	5.51	5.61	5.71	5.80	5.88
13	3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32	5.43	5.53	5.63	5.71	5.79
14	3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25	5.36	5.46	5.55	5.64	5.71
15	3.01	3.67	4.08	4.37	4.59	4.78	4.94	5.08	5.20	5.31	5.40	5.49	5.57	5.65
16	3.00	3.65	4.05	4.33	4.56	4.74	4.90	5.03	5.15	5.26	5.35	5.44	5.52	5.59
17	2.98	3.63	4.02	4.30	4.52	4.70	4.86	4.99	5.11	5.21	5.31	5.39	5.47	5.54
18	2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.82	4.96	5.07	5.17	5.27	5.35	5.43	5.50
19	2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.65	4.79	4.92	5.04	5.14	5.23	5.31	5.39	5.46
20	2.95	3.58	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.90	5.01	5.11	5.20	5.28	5.36	5.43
21	2.94	3.56	3.94	4.21	4.42	4.60	4.74	4.87	4.98	5.08	5.17	5.25	5.33	5.40
22	2.93	3.55	3.93	4.20	4.41	4.58	4.72	4.85	4.96	5.06	5.14	5.23	5.30	5.37
23	2.93	3.54	3.91	4.18	4.39	4.56	4.70	4.83	4.94	5.03	5.12	5.20	5.27	5.34
24	2.92	3.53	3.90	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92	5.01	5.10	5.18	5.25	5.32
25	2.91	3.52	3.89	4.15	4.36	4.53	4.67	4.79	4.90	4.99	5.08	5.16	5.23	5.30
26	2.91	3.51	3.88	4.14	4.35	4.51	4.65	4.77	4.88	4.98	5.06	5.14	5.21	5.28
27	2.90	3.51	3.87	4.13	4.33	4.50	4.64	4.76	4.86	4.96	5.04	5.12	5.19	5.26
28	2.90	3.50	3.86	4.12	4.32	4.49	4.62	4.74	4.85	4.94	5.03	5.11	5.18	5.24
29	2.89	3.49	3.85	4.11	4.31	4.47	4.61	4.73	4.84	4.93	5.01	5.09	5.16	5.23
30	2.89	3.49	3.85	4.10	4.30	4.46	4.60	4.72	4.82	4.92	5.00	5.08	5.15	5.21
31	2.88	3.48	3.84	4.09	4.29	4.45	4.59	4.71	4.81	4.90	4.99	5.06	5.13	5.20
32	2.88	3.48	3.83	4.09	4.28	4.45	4.58	4.70	4.80	4.89	4.98	5.05	5.12	5.18
33	2.88	3.47	3.83	4.08	4.28	4.44	4.57	4.69	4.79	4.88	4.97	5.04	5.11	5.17
34	2.87	3.47	3.82	4.07	4.27	4.43	4.56	4.68	4.78	4.87	4.96	5.03	5.10	5.16
35	2.87	3.46	3.81	4.07	4.26	4.42	4.56	4.67	4.77	4.86	4.95	5.02	5.09	5.15
36	2.87	3.46	3.81	4.06	4.25	4.41	4.55	4.66	4.76	4.85	4.94	5.01	5.08	5.14
37	2.87	3.45	3.80	4.05	4.25	4.41	4.54	4.66	4.76	4.85	4.93	5.00	5.07	5.13
38	2.86	3.45	3.80	4.05	4.24	4.40	4.53	4.65	4.75	4.84	4.92	4.99	5.06	5.12
39	2.86	3.45	3.79	4.04	4.24	4.39	4.53	4.64	4.74	4.83	4.91	4.98	5.05	5.11
40	2.86	3.44	3.79	4.04	4.23	4.39	4.52	4.63	4.73	4.82	4.90	4.98	5.04	5.11
41	2.86	3.44	3.79	4.03	4.23	4.38	4.51	4.63	4.73	4.82	4.90	4.97	5.04	5.10
42	2.85	3.44	3.78	4.03	4.22	4.38	4.51	4.62	4.72	4.81	4.89	4.96	5.03	5.09
43	2.85	3.43	3.78	4.03	4.22	4.37	4.50	4.62	4.72	4.80	4.88	4.96	5.02	5.08
44	2.85	3.43	3.78	4.02	4.21	4.37	4.50	4.61	4.71	4.80	4.88	4.95	5.02	5.08
45	2.85	3.43	3.77	4.02	4.21	4.36	4.49	4.61	4.70	4.79	4.87	4.94	5.01	5.07
46	2.85	3.42	3.77	4.01	4.20	4.36	4.49	4.60	4.70	4.79	4.87	4.94	5.00	5.06
47	2.85	3.42	3.77	4.01	4.20	4.36	4.48	4.60	4.69	4.78	4.86	4.93	5.00	5.06
48	2.84	3.42	3.76	4.01	4.20	4.35	4.48	4.59	4.69	4.78	4.86	4.93	4.99	5.05
49	2.84	3.42	3.76	4.00	4.19	4.35	4.48	4.59	4.69	4.77	4.85	4.92	4.99	5.05
50	2.84	3.42	3.76	4.00	4.19	4.34	4.47	4.58	4.68	4.77	4.85	4.92	4.98	5.04

Fuente: PERRY, M, GREEN, D., MALONEY, J. Manual del Ingeniero Químico. Sexta Edición.
Tomo 5. Capítulo Seis. España. Mc Graw Hill.

Diferencia de medias para cada panel sensorial

PRUEBA 1					
Muestras Y medias		D	C	B	A
			6,68	8,92	7,42
A	6,78	0,10	2,14	0,64	0,00
B	7,42	0,74	1,50	0,00	
C	8,92	2,24	0,00		
D	6,68	0,00			

Fuente: elaboración propia.

PRUEBA 2					
Muestras Y medias		H	G	F	E
			4,33	8,60	6,77
E	6,39	2,05	2,21	0,39	0,00
F	6,77	2,44	1,83	0,00	
G	8,60	4,27	0,00		
H	4,33	0,00			

Fuente: elaboración propia.

Diferencia de medias para cada panel sensorial con la prueba de Tukey para evaluar la diferencia significativa

PRUEBA 1					
Pareja de muestras	Diferencia de Medias	$q(t, \alpha, glee)$	$\frac{CM_{ee}}{r}$	w	Tiene diferencia significativa
AD	0,10	3,42	0,409	1,400	no
AC	2,14	3,42	0,409	1,400	si
AB	0,64	3,42	0,409	1,400	no
BD	0,74	3,42	0,409	1,400	no
BC	1,50	3,42	0,409	1,400	si
DC	2,24	3,42	0,409	1,400	si

Fuente: elaboración propia.

PRUEBA 2					
Pareja de muestras	Diferencia de Medias	$q(t, \alpha, glee)$	$\frac{CM_{ee}}{r}$	w	Tiene diferencia significativa
AD	2,05	3,42	0,442	1,511	si
AC	2,21	3,42	0,442	1,511	si
AB	0,39	3,42	0,442	1,511	no
BD	2,44	3,42	0,442	1,511	si
BC	1,83	3,42	0,442	1,511	si
DC	4,27	3,42	0,442	1,511	si

Fuente: elaboración propia.

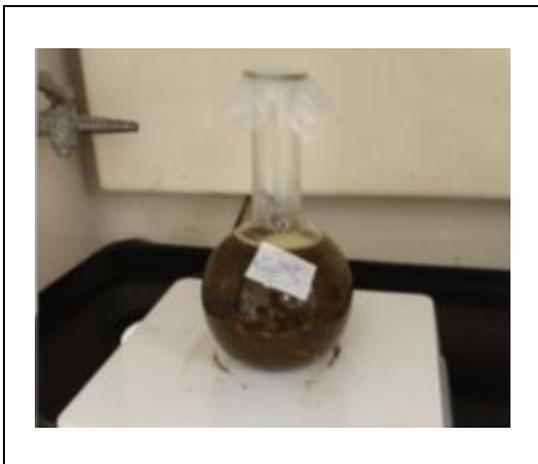
APÉNDICE H

Primera fila: materia vegetal en las bandejas del secador, previo a iniciarse el proceso de secado. Segunda fila de izquierda a derecha: materia vegetal seca, posterior al proceso de secado, materia vegetal seca posterior al proceso de molienda.



Fuente: elaboración propia.

Primera fila, muestras de chile chiltepe en su proceso extractivo para la etapa de evaluación a nivel laboratorio. Segunda fila, de izquierda a derecha, muestra de chile chiltepe en su proceso extractivo para la etapa de evaluación a nivel laboratorio, materia prima deshidratada posterior a su etapa de molienda.



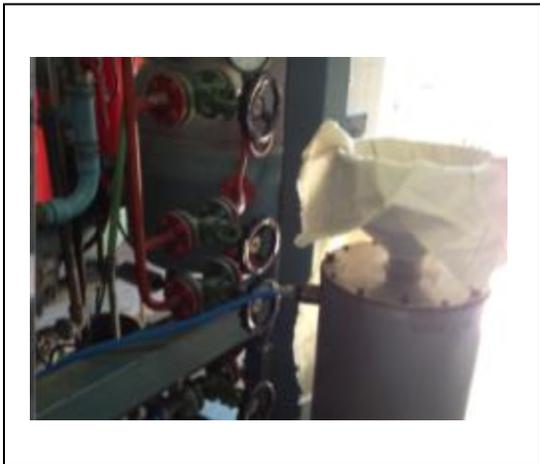
Fuente: elaboración propia.

Primera fila de izquierda a derecha, etapa en la que se agrega la materia vegetal a la marmita previo iniciar el proceso extractivo, proceso extractivo de maceración dinámica a temperatura ambiente. Segunda fila, de izquierda a derecha, proceso extractivo de maceración dinámica a temperatura ambiente, marmita de extracción.



Fuente: elaboración propia.

Primera fila de izquierda a derecha, extracto etanólico, equipo de filtración. Segunda fila, de izquierda a derecha, equipo de filtración, proceso de filtrado del extracto etanólico.



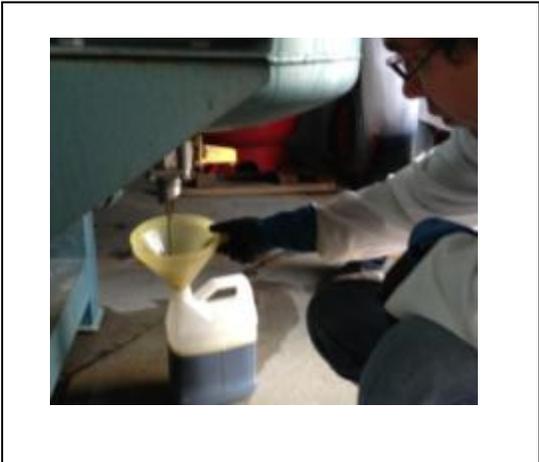
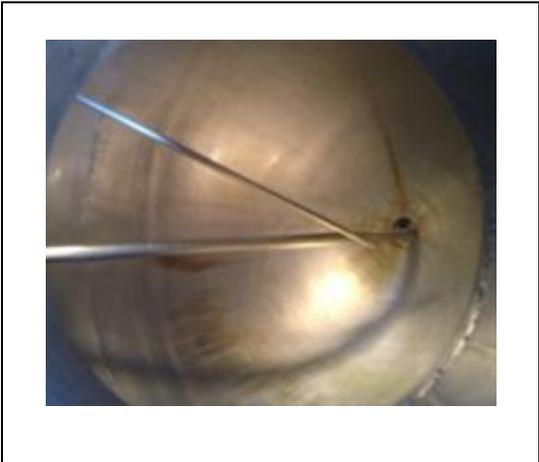
Fuente: elaboración propia.

Primera fila, proceso de filtración del extracto etanólico. Segunda fila, etapa de agregación del extracto etanólico a la marmita de concentración.



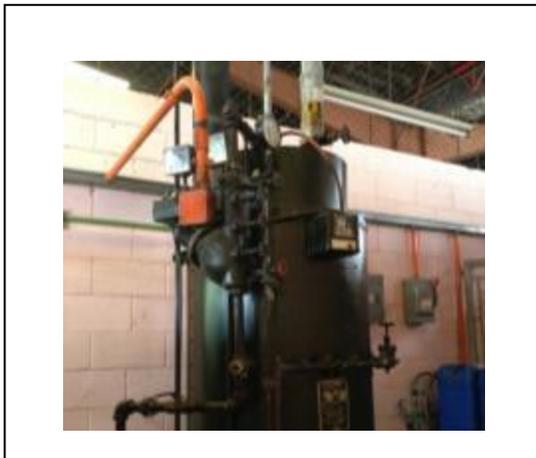
Fuente: elaboración propia.

Primera fila, proceso de concentración del extracto etanólico. Segunda fila, proceso de recuperación de extracto concentrado de la marmita.



Fuente: elaboración propia.

Primera fila, proceso de recuperación de concentrado de extracto etanólico. Segunda fila de izquierda a derecha: Caldera del LIEXVE, marmita de concentración.



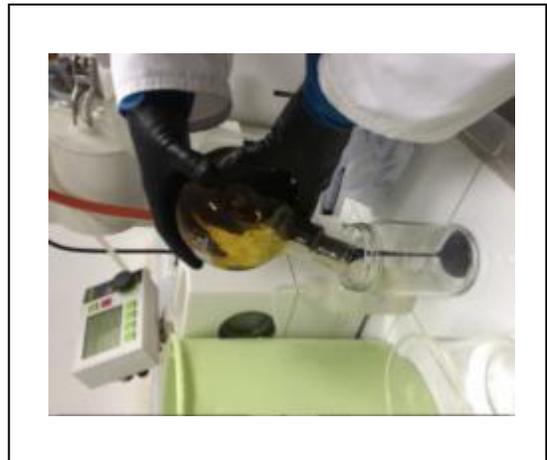
Fuente: elaboración propia.

Primera fila de izquierda a derecha: extracto etanólico ya en su balón de concentración, extracto etanólico previo a iniciar con el proceso de concentración de la oleorresina en rota-evaporador. Segunda fila: proceso de concentración por rota-evaporación del extracto etanólico.



Fuente: elaboración propia.

Primera fila: oleorresina obtenida del proceso de concentración del extracto etanólico, Segunda fila de izquierda a derecha: sanitización de envases de aderezos y envases de muestras para evaluación sensorial, recipiente con miel de abeja.



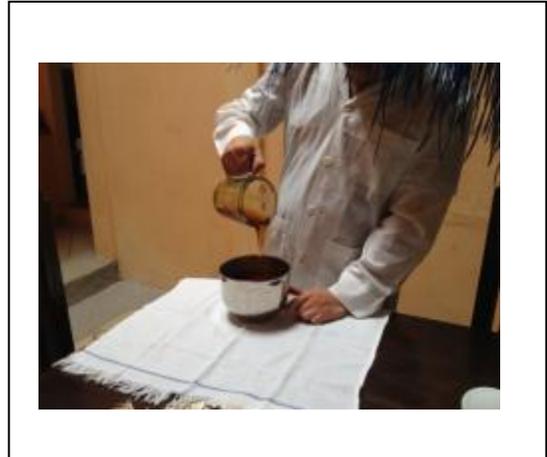
Fuente: elaboración propia.

Primera fila de izquierda a derecha: miel blanca, pasta de tomate, Segunda fila de izquierda a derecha: pasta de tomate, miel y oleorresina, ajo.



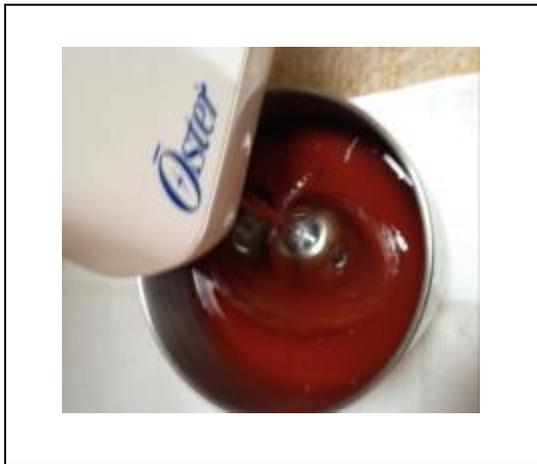
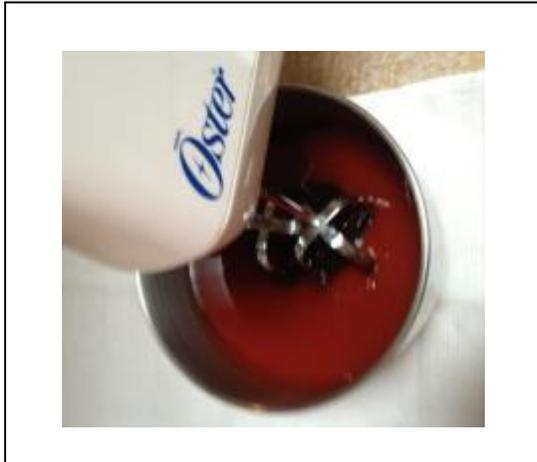
Fuente: elaboración propia.

Etapas de formulación y elaboración del aderezo, agregado de ingredientes, primera fila: miel. Segunda fila de izquierda a derecha: mezcla ajo/cebolla, oleorresina



Fuente: elaboración propia.

Primera fila de izquierda a derecha: agregado de oleoresina, mezclado de ingredientes. Segunda fila: mezclado de ingredientes.



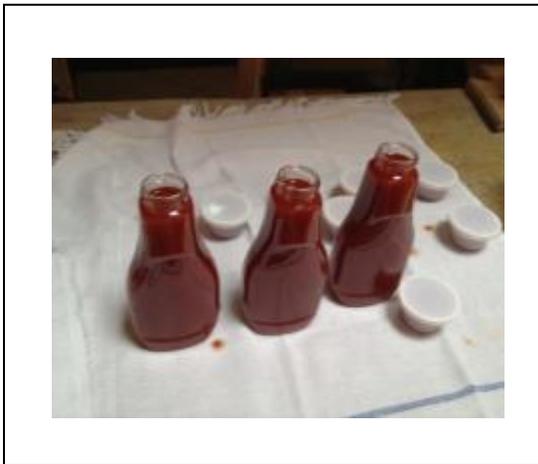
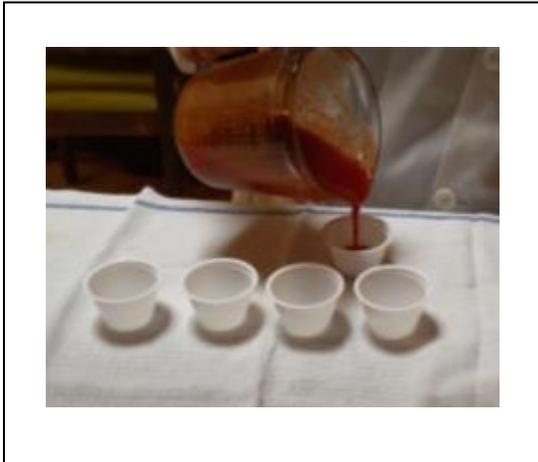
Fuente: elaboración propia.

Primera y segunda fila, llenado de envases de aderezo.



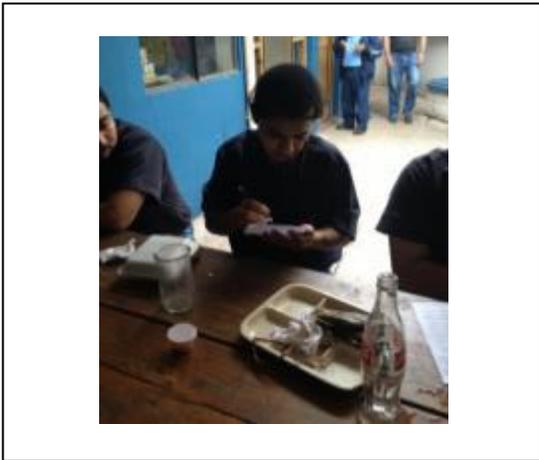
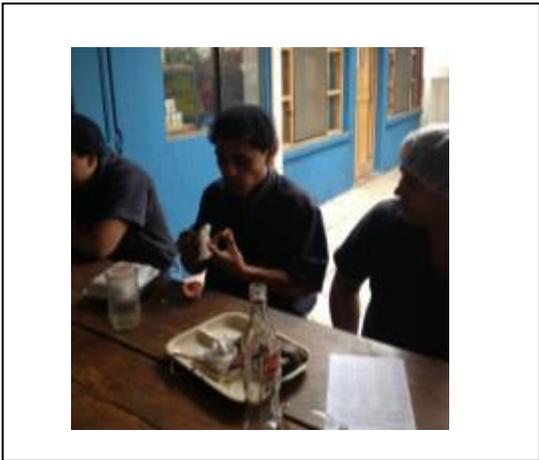
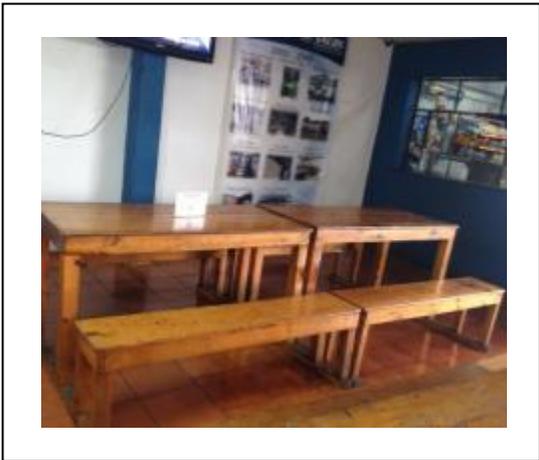
Fuente: elaboración propia.

Primera fila: llenado de envases de muestras de aderezos para pruebas sensoriales. Segunda fila: envases de aderezos y muestras llenos.



Fuente: elaboración propia.

Primera fila: área de pruebas sensoriales. Segunda fila: Pruebas sensoriales.



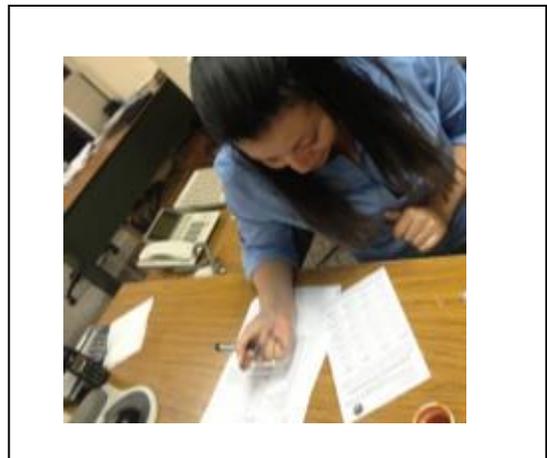
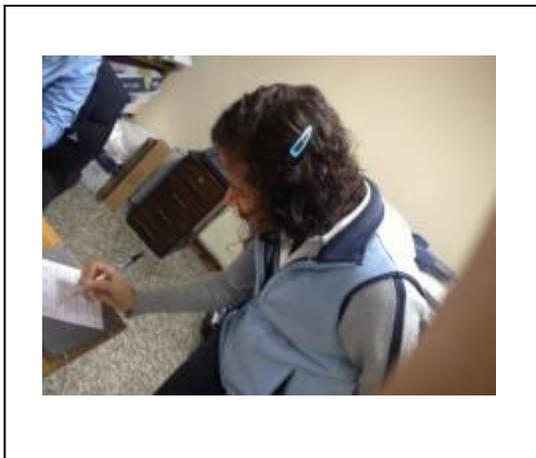
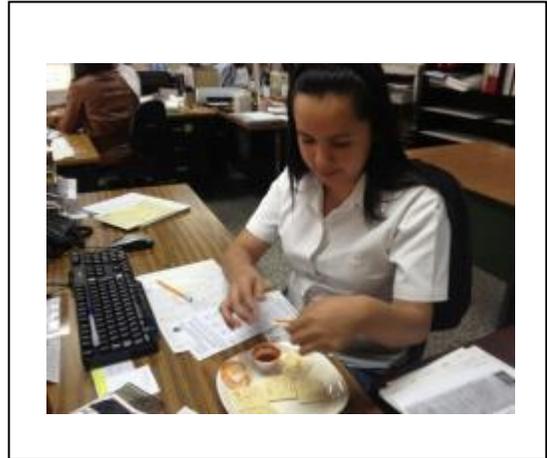
Fuente: elaboración propia.

Primera y segunda fila: Pruebas sensoriales.



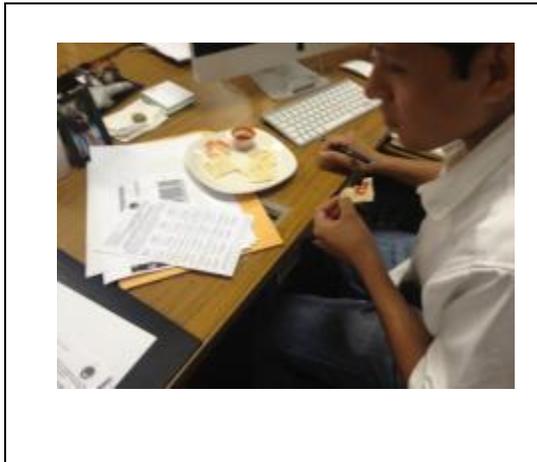
Fuente: elaboración propia.

Primera y segunda fila: Pruebas sensoriales.



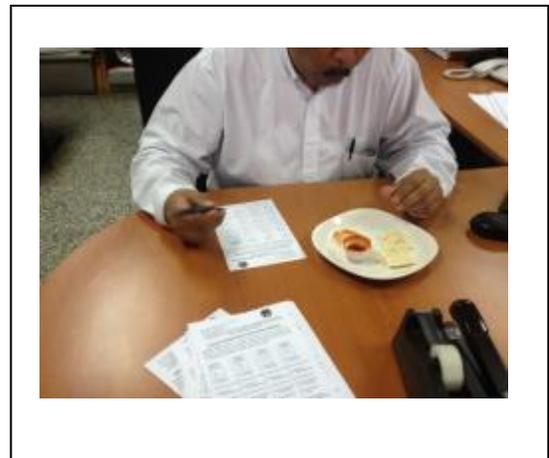
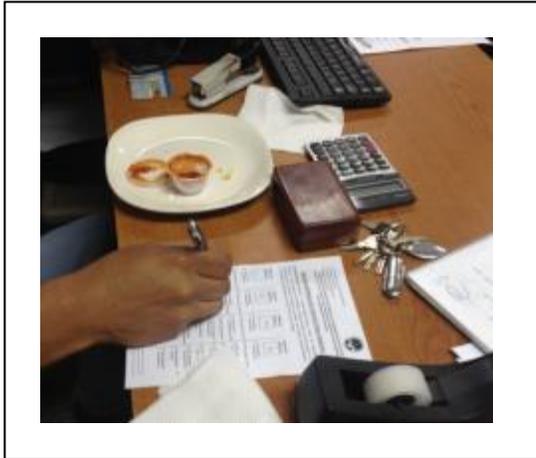
Fuente: elaboración propia.

Primera y segunda fila: Pruebas sensoriales.



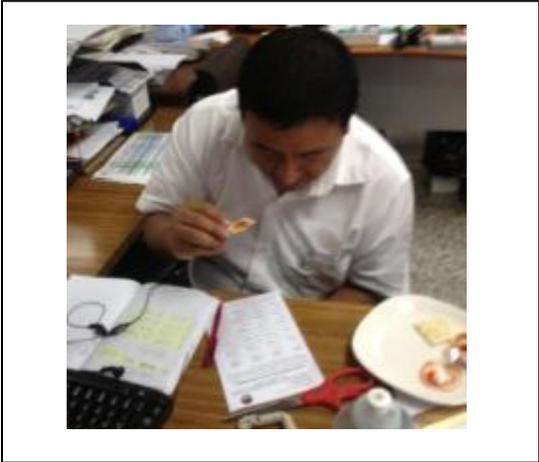
Fuente: elaboración propia.

Primera y segunda fila: Pruebas sensoriales.



Fuente: elaboración propia.

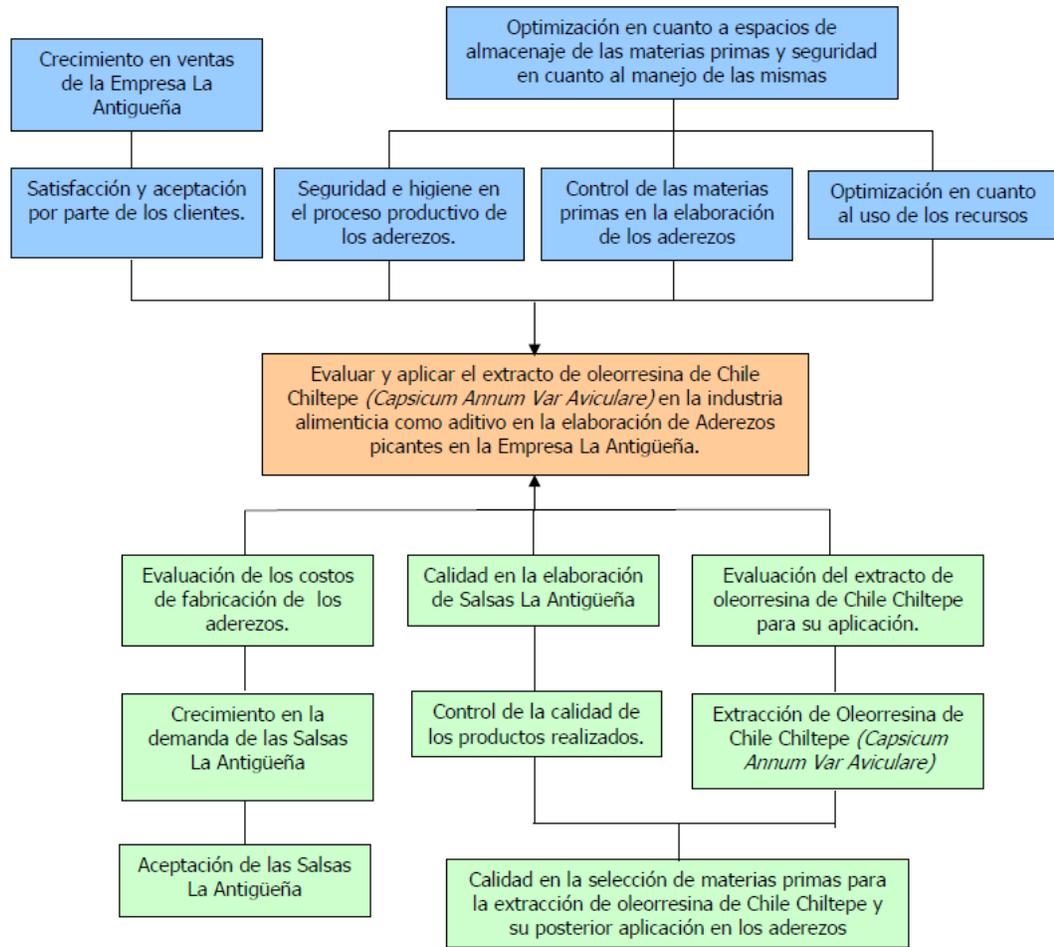
Primera y segunda fila: Pruebas sensoriales.



Fuente: elaboración propia.

APÉNDICE I

Árbol de problemas



Fuente: elaboración propia.

APÉNDICE J

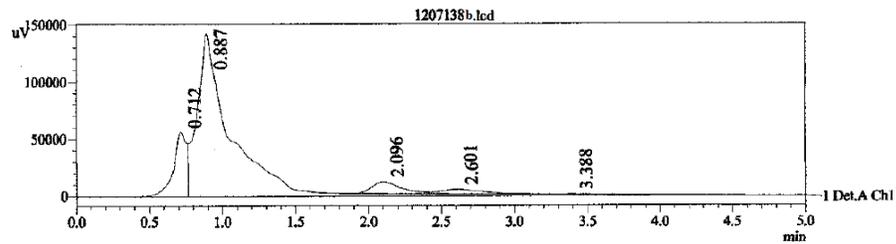
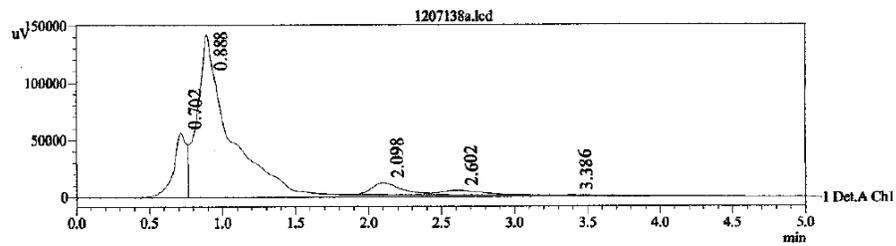
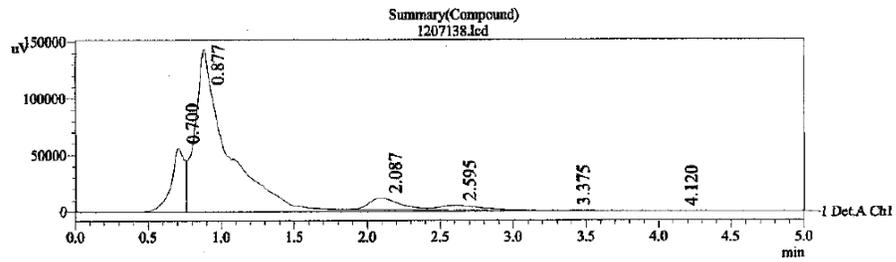
Pruebas hedónicas de nueve puntos

Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química Trabajo de Graduación:			
EXTRACCIÓN, EVALUACIÓN Y APLICACIÓN DE LA OLEORRESINA DE CHILE CHILTEPE (<i>Capsicum annum var aviculare</i>= EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA COMO INGREDIENTE EN LA ELABORACIÓN DE ADEREZOS			
<u>PRUEBA HEDÓNICA DE 9 PUNTOS PARA ADEREZOS</u>			
INSTRUCCIONES: Observe y pruebe cada muestra, yendo de izquierda a derecha, como aparece en la boleta. Indique el grado en que le gusta o le desagrada cada muestra, haciendo una marca en la figura correspondiente a las palabras apropiadas en cada columna de código:			
Código de Muestra <input style="width: 40px; height: 40px; border: 1px solid black;" type="text"/>	Código de Muestra <input style="width: 40px; height: 40px; border: 1px solid black;" type="text"/>	Código de Muestra <input style="width: 40px; height: 40px; border: 1px solid black;" type="text"/>	Código de Muestra <input style="width: 40px; height: 40px; border: 1px solid black;" type="text"/>
<input type="radio"/> Me gusta muchísimo	<input type="radio"/> Me gusta muchísimo	<input type="radio"/> Me gusta muchísimo	<input type="radio"/> Me gusta muchísimo
<input type="radio"/> Me gusta mucho	<input type="radio"/> Me gusta mucho	<input type="radio"/> Me gusta mucho	<input type="radio"/> Me gusta mucho
<input type="radio"/> Me gusta moderadamente	<input type="radio"/> Me gusta moderadamente	<input type="radio"/> Me gusta moderadamente	<input type="radio"/> Me gusta moderadamente
<input type="radio"/> Me gusta poco	<input type="radio"/> Me gusta poco	<input type="radio"/> Me gusta poco	<input type="radio"/> Me gusta poco
<input type="radio"/> No me gusta ni me disgusta	<input type="radio"/> No me gusta ni me disgusta	<input type="radio"/> No me gusta ni me disgusta	<input type="radio"/> No me gusta ni me disgusta
<input type="radio"/> Me disgusta poco	<input type="radio"/> Me disgusta poco	<input type="radio"/> Me disgusta poco	<input type="radio"/> Me disgusta poco
<input type="radio"/> Me disgusta moderadamente	<input type="radio"/> Me disgusta moderadamente	<input type="radio"/> Me disgusta moderadamente	<input type="radio"/> Me disgusta moderadamente
<input type="radio"/> Me disgusta mucho	<input type="radio"/> Me disgusta mucho	<input type="radio"/> Me disgusta mucho	<input type="radio"/> Me disgusta mucho
<input type="radio"/> Me disgusta muchísimo	<input type="radio"/> Me disgusta muchísimo	<input type="radio"/> Me disgusta muchísimo	<input type="radio"/> Me disgusta muchísimo
OBSERVACIONES/COMENTARIOS: _____ _____ _____			

Fuente: elaboración propia.

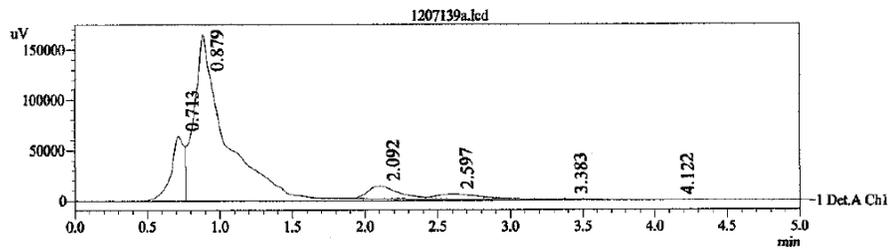
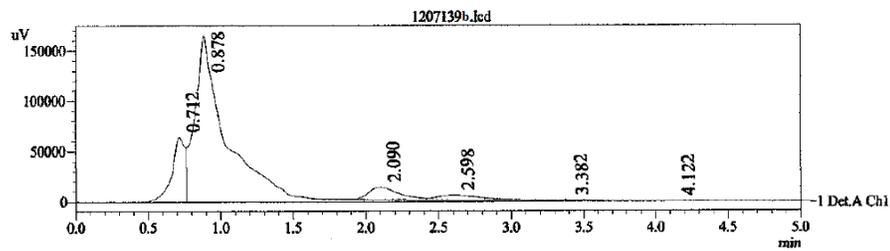
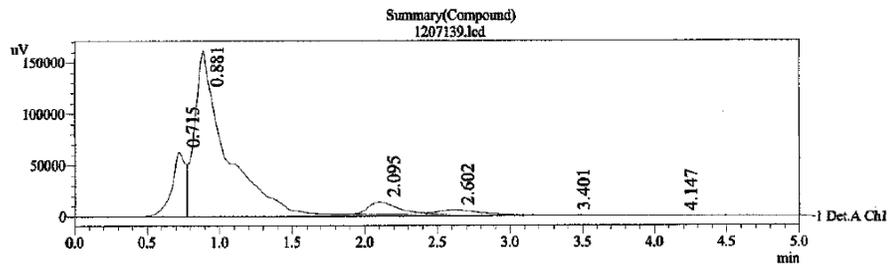
ANEXOS

Cromatograma de cuantificación de capsaicina para las muestras MX03A, MX03B Y MX03C respectivamente



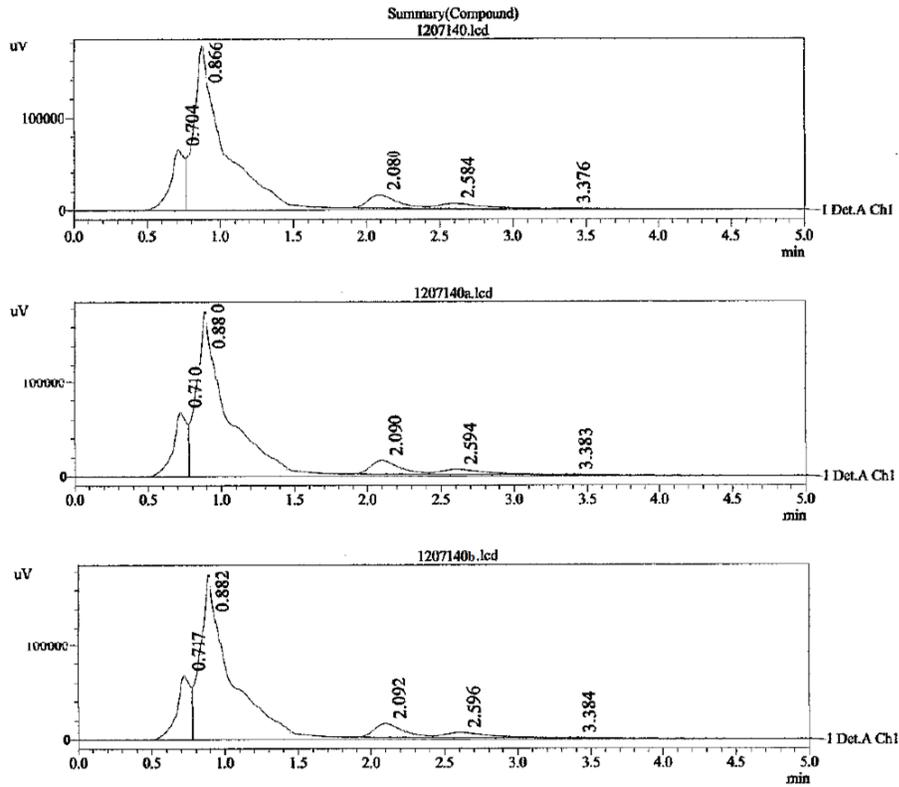
Fuente: unidad de análisis instrumental, USAC,
cromatógrafo líquido de alta eficiencia.

Cromatograma de cuantificación de capsaicina para las muestras MX04A, MX04B Y MX04C respectivamente



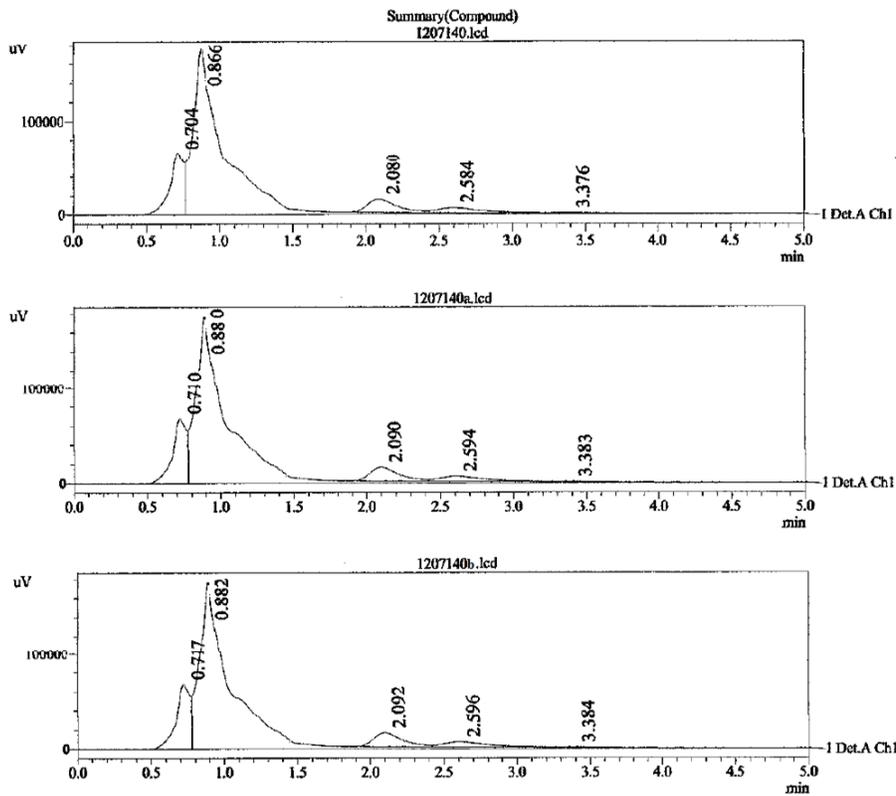
Fuente: unidad de análisis instrumental, USAC, cromatógrafo líquido de alta eficiencia.

Cromatograma de cuantificación de capsaicina para las muestras MX05A, MX05B Y MX05C respectivamente



Fuente: unidad de análisis instrumental, USAC,
cromatógrafo líquido de alta eficiencia.

Cromatograma de cuantificación de capsaicina para las muestras MX06A, MX06B Y MX06C respectivamente



Fuente: unidad de análisis instrumental, USAC, cromatógrafo líquido de alta eficiencia.