

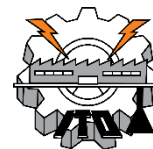


GOBIERNO DE
MÉXICO

EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y BIOQUÍMICA

TESIS

Para obtener el título de
INGENIERO QUÍMICO

**OBTENCIÓN DE UN EXTRACTO ETANÓLICO DE CHILE HUACLE
Y CHILE ANCHO, APLICADO AL PROCESO DE
DESHIDRATACIÓN DE MOLE OAXAQUEÑO**

PRESENTA

HERNÁNDEZ VÁSQUEZ ANAYELI

ASESORA INTERNA

M.C. MINERVA DONAJI MÉNDEZ LÓPEZ

ASESORA EXTERNA

M.D. FLOR DE BELEM PÉREZ CHÁVEZ

MAYO 2023

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Profesora Minerva Donají Méndez López porque sin su ayuda, paciencia y constancia no hubiera sido posible este proyecto. Usted formo parte importante en él, gracias por sus conocimientos y aportes profesionales. Sus palabras y conocimientos rigurosos y precisos fueron de mucha ayuda, a usted profesor Dr. Gonzalo Santos López, le debo todos mis conocimientos adquiridos durante mi Residencia profesional. Gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos profesionales, por su dedicación, perseverancia y tolerancia. Agradezco también a mis padres por creer en mí, por apoyarme sin dudar, por estar siempre para mí y sobre todo gracias por nunca dejarme rendir, ustedes son el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, gracias por estar siempre en los días buenos y malos durante mis horas de estudio.

RESUMEN

Los diferentes tipos de chiles que podemos encontrar tienen diversos componentes, como la vitamina B y E, hierro, potasio y capsaicina. Es importante preservar estos componentes ya que pueden sufrir degradación por el paso del tiempo debido a efectos de luz, oxidación, temperaturas, etc. El principal factor que se pierde en algún proceso que se requiera chile es la pérdida del color del mismo, esto es debido a que los rayos UV/visible le afectan. Como principal propósito que se tiene en este proyecto es extraer los componentes de gran importancia en los chiles Ancho y Huacle como los Betacarotenos, los cuales son uno de los principales compuestos que les dan el color a los chiles y son utilizados en una gran variedad de aplicaciones en el área alimentaria. Además de extraerlos se busca preservarlos de factores externos encapsulándolos en una matriz biopolimérica en forma de microesferas y aplicarlas a un sistema alimentario como el mole.

Para realizar el encapsulado de los carotenos o carotenoides necesitamos de biopolímeros que nos ayuden a su encapsulado, para este proceso se utiliza: pectina, alginato y quitosano, donde con una mezcla de estos biopolímeros logramos el encapsulado y así su aplicación al mole oaxaqueño deshidratado.

ÍNDICE

	página
INTRODUCCIÓN	9
OBJETIVOS	11
a. OBJETIVO GENERAL	11
JUSTIFICACIÓN	12
CAPITULO I. MARCO TEÓRICO	13
1.1 MOLE OAXAQUEÑO	13
1.1.1 ORIGEN DEL MOLE OAXAQUEÑO	13
1.1.2 TIPOS DE MOLES OAXAQUEÑOS	13
1.1.2.1 MOLE COLORADITO	14
1.3 ¿QUÉ ES EL CHILE?	15
1.3.1 CHILE ANCHO	16
1.3.1.1 CAPSAICINA DEL CHILE ANCHO.....	17
1.3.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL CHILE ANCHO.....	17
1.3.2 CHILE HUACLE.....	18
1.3.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL CHILE HUACLE	18
1.3 CAROTENOS	19
1.3.1 BENEFICIOS DE LOS CAROTENOS	20
1.3.2 CUÁNTO Y CÓMO CONSUMIR MÁS CAROTENOS	20
1.4 CAROTENOS OBTENIDOS DEL CHILE	21
1.5 EXTRACCIÓN CON ALCOHOL DE COMPONENTES DEL CHILE	21
1.6 MATRICES POLÍMERICAS (BIOPOLÍMERICAS) PARA ENCAPSULAMIENTO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS	22
2.6.1 QUE SON LOS BIOPOLÍMEROS.....	22

1.6.2 VENTAJAS DE LOS BIOPOLÍMEROS	22
1.6.3 CLASIFICACIÓN DE LOS BIOPOLÍMEROS.....	22
1.6.4 APLICACIONES DE LOS BIOPOLÍMEROS	23
1.7 BIOPOLÍMEROS UTILIZADOS EN EL ENCAPSULAMIENTO DE LOS CAROTENOS DEL CHILE ANCHO Y CHILE HUACLE.....	24
1.7.1 QUITOSANO	24
1.7.1.1 PROPIEDADES FUNCIONALES DEL QUITOSANO	24
1.7.2 PECTINA	25
1.7.2.1 PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA PECTINA	25
1.7.3 ALGINATO DE SODIO	25
1.8 MÉTODOS DE DESHIDRATACIÓN	26
CAPITULO II. DESARROLLO EXPERIMENTAL	30
2.1 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS	31
2.2 TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS.....	31
2.2.1 SECADO.....	31
2.2.1.1 SECADO CHILE ANCHO	31
2.2.1.2 SECADO CHILE HUACLE	31
2.2.2 MOLIENDA	32
2.2.2.1 MOLIENDA CHILE ANCHO	32
2.2.2.2 MOLIENDA CHILE HUACLE	32
2.2.3 TAMIZAJE	33
2.2.4 ALMACENAJE DE LAS MUESTRAS	33
2.3 EXTRACCIÓN.....	34
2.4 FORMACIÓN DE MICROESFERAS A BASE DE BIOPOLÍMEROS	35
2.5 ENCAPSULAMIENTO DE LOS COMPONENTES DEL CHILE (CAROTENOS Y CAROTENOIDES)	37

2.6 MOLE OAXAQUEÑO COLORADITO	45
2.6.1 INGREDIENTES	45
2.6.2 PREPARACIÓN	45
2.6.3 SECADO	46
2.6.4 MOLIENDA	47
2.6.5 PREPARACIÓN DEL MOLE CON LAS MICROESFERAS	47
CAPITULO III. RESULTADOS	48
3.1 SECADO	48
3.1.1 SECADO CHILE ANCHO	48
3.2 TAMIZAJE	49
3.2.1 TAMIZAJE CHILE ANCHO	49
3.2.2 TAMIZAJE CHILE HUACLE	50
3.3 EXTRACCIÓN	51
3.4 FORMACIÓN DE MICROESFERAS A BASE DE BIOPOLIMEROS	51
3.4.1 FORMACIÓN DE MICROESFERAS AQs	51
3.5 ENCAPSULAMIENTO DE LOS COMPONENTES DEL CHILE (CAROTENOS Y CAROTENOIDES)	52
3.5.3 CUANTIFICACION DE LOS β -CAROTENOS EN MICROESFERAS	56
3.5.4 TAMAÑO DE LAS MICROESFERAS	58
3.6 SECADO DEL MOLE COLORADITO OAXAQUEÑO	59
3.6.1 MOLIENDA DEL MOLE COLORADITO	60
3.6.2 PREPARACIÓN DEL MOLE CON LAS MICROESFERAS	60
3.6.3 MORFOLOGIA SUPEFICIAL POR MICROSCOPIA ELECTRONICA DE BARRIDO	62
3.6.4 CARACTERIZACIÓN POR ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO POR TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	63

3.6.5 MICROESFERAS CONTRA INCREMENTO DE TEMPERATURA	64
CAPITULO IV. CONCLUSIONES	66
CAPITULO VI. REFERENCIAS	67

ÍNDICE DE FIGURAS

	página
Figura 1 Tipos de mole	14
Figura 2 Mole coloradito	15
Figura 3 Chiles secos	16
Figura 4 Chile ancho.....	17
Figura 5 Nivel de picor.....	17
Figura 6 Chile huacle.....	18
Figura 7 Clasificación de los biopolímeros (Molina, Castillo, 2020).....	23
Figura 8 Estufa de secado del laboratorio de alimentos ITO	31
Figura 9 Secado de chile ancho	32
Figura 10 Almacenamiento de la molienda.....	33
Figura 11 a) materiales para la extracción, b) matraz cubierto y en agitación.....	34
Figura 12 Muestras del tamizaje del chile ancho	50
FIGURA 13 Extractos, a) etanol- chile huacle, b) etanol-chile ancho y c) etéreo- chile huacle	51
Figura 14 Microesferas AQs	52
Figura 15 Microesferas con extracto de etanol-alginato	52
FIGURA 16 Microesferas extracto etéreo	53
Figura 17 Microesferas con extracto de etanol seco- alginato.....	53
Figura 18 Microesferas AQs extracto etéreo seco, a) chile ancho, b) chile huacle	54
Figura 19 Microesferas con extracto de etanol-pectina (a) chile ancho, b) chile huacle).....	54

Figura 20 Microesferas PQs extracto etéreo chile ancho	55
Figura 21 Microesferas con extracto de etanol seco-pectina.....	55
Figura 22 Microesferas con éter de petróleo seco-pectina	56
Figura 23 Tamaño de las microesferas	58
Figura 24 Secado del mole coloradito	59
Figura 25 Molienda del mole coloradito	60
Figura 26 Izquierda TRATAMIENTO 1, Derecha TRATAMIENTO 2	61
Figura 27 Izquierda TRATAMIENTO 3, Derecha TRATAMIENTO 4	62
Figura 28 Morfología superficial de la microesfera	62
Figura 29 Caracterización por FTIR, creación propia	64
FIGURA 30 GRAFICA INCREMENTO DE TEMPERATURA.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

	página
Tabla 1 Cuantificación de β -carotenos chile ancho	57
Tabla 2 Cuantificación de β -carotenos chile huacle	57
Tabla 3 Tamaño de las microesferas	58

INTRODUCCIÓN

Los carotenos son pigmentos naturales que se encuentran en hortalizas y verduras de color verde, así como en frutas y alimentos de color amarillo, naranja o rojo (Gottau, 2019). El nombre de la palabra chile viene del náhuatl, *chilliy*, el chile es originario de México, Centro y Sudamérica, siendo cultivado en tierras templadas y calientes (Fideicomiso de Riesgo Compartido, 2017).

Una de las especies de chiles del género *capsicum* más representativa en la gastronomía mexicana es el chile ancho, y el chile huacle es un tipo de chile que representa a México aparte de que es caro, es muy importante en la gastronomía Oaxaqueña. El Chile Ancho es un tipo de chile seco que se usa comúnmente en la cocina mexicana (Salsas picantes, 2018). Un chile ancho es un chile poblano seco. Cuando los chiles poblanos se dejan madurar, pasan de verde a rojo y desarrollan notas dulces. Esto lo hace un chile con un sabor muy interesante y complejo (Piloncillo y vainilla, sf.). Mide aproximadamente de 4 a 5-1 / 2 pulgadas de largo y aproximadamente 2-3 pulgadas de ancho (Martínez, 2019).

El nombre del chile huacle viene del náhuatl chilhuactli, de chilli, chile y huactli, secado, que se traduce como chile viejo. Con este nombre se designan tres chiles secos de diferentes colores: el chilhuacle negro, el chilhuacle rojo y el chilhuacle amarillo (Los pacos Oaxaca, 2019). El chilhuacle negro tiene cáscara negra mate; es de forma voluminosa, por lo general mide unos 7 cm de diámetro y 8 de largo, es moderadamente picante. El chilhuacle rojo mide de 6 a 9 cm de largo y 6 de diámetro; posee un tono rojo oscuro, casi negruzco (LAROUSSE COCINA, sf.). Para lograr la encapsulación se necesitan biopolímeros. Los biopolímeros son

biomoléculas poliméricas, producidos en su mayoría por organismos vivos, como microorganismos, plantas, algas y hongos. (Molina, Castillo, 2020).

Los biopolímeros se clasifican de diferentes maneras según diferentes parámetros. En función de su degradabilidad, en función de la base de su estructura principal polimérica y según la naturaleza de la unidad repetitiva (Molina, Castillo, 2020). Los biopolímeros a utilizar son: Quitosano, es un polisacárido que se obtiene principalmente de la desacetilación de la Quitina, es un polisacárido polidisperso, ya que dependiendo de la fuente y del proceso de obtención presenta variaciones en sus principales características fisicoquímicas, como lo es el grado de acetilación y pesos moleculares. Pectina, es un biopolímero lineal formado con ácido galacturónico y con unidades de ramnogalacturonano, sus propiedades funcionales son gelificante, matriz de liberación controlada, antioxidante y emulsificante. Alginato, es un biopolímero obtenido de las algas pardas (*Pheophyceae*) y está formado por unidades de ácido gulurónico y manurónico, sus propiedades funcionales que tienes son, capacidad gelificante, biodegradable, biocompatible, biopolímero aprobado por la FDA.

OBJETIVOS

a. OBJETIVO GENERAL

Obtener un extracto Etanólico de chile huacle y chile ancho, aplicado al proceso de deshidratación de mole Oaxaqueño

b. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- a. Extraer y cuantificar compuestos bioactivos, por un método tradicional, en chile huacle y chile ancho.
- b. Generar matrices de encapsulamiento de los compuestos bioactivos extraídos de los chiles huacle y ancho a partir de los biopolímeros quitosano.
- c. Aplicar las matrices de encapsulamiento de compuestos bioactivos a un proceso de deshidratación de mole oaxaqueño y cuantificar su eficiencia.
- d. Caracterizar las matrices de encapsulamiento de compuestos bioactivos.

JUSTIFICACIÓN

En el instituto tecnológico de Oaxaca, se desarrolló un proceso de extracción y encapsulamiento de los chiles huacle y ancho, con el fin de conservar los pigmentos de los chiles y así ser aplicados en el proceso de deshidratación del mole oaxaqueño.

El mole es uno de los alimentos más representativos de la gastronomía de México, una forma de comercializarlo es deshidratado para así aumentar su vida de anaquel, pero esta presentación tiene el inconveniente que durante su procesamiento por efecto del calor se degradan compuestos a los que se le atribuye el color y sabor, los cuales son impartidos en gran medida por los chiles con los que se prepara. El objetivo principal de este proyecto es extraer los carotenos y capsaicinas por un método usando solventes de uso tradicional para estos procesos y el utilizar un método innovador de extracción a partir de solventes eutécticos profundos que son parte de la categoría de compuestos verdes. De los extractos se encapsularon los compuestos bioactivos con matrices de quitosano para presévalos en el proceso de secado del mole para mantener las propiedades funcionales y organolépticas lo más cercanas al mole. El beneficio de este proceso es para toda aquella población encargada de consumir, vender, o proveer el mole oaxaqueño con la finalidad de que sea un mole con un color sin igual, con características benéficas, que sea un mole elaborado con chiles de excelencia y sobre todo que sea capaz de satisfacer necesidades de color, sabor, aroma, entre otras características.

CAPITULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 MOLE OAXAQUEÑO

1.1.1 ORIGEN DEL MOLE OAXAQUEÑO

Uno de los platillos más emblemáticos de Oaxaca es, sin duda alguna, el mole. Para su preparación se incluyen ingredientes endémicos como chiles chihuacle, pasilla, y ancho, así como semillas, especias y hierbas. Debido a que el territorio de Oaxaca es uno de los más variados del país, la diversidad de los ingredientes permite que cada región de la entidad dé su propia esencia a este platillo (Castellanos, 2021). El mole es un platillo tradicional de Oaxaca. Los más populares suelen ser en su mayoría el mole rojo y el verde, sin embargo, el que más destaca por mucho es el mole negro, uno de los siete moles que se elaboran en el Estado de Oaxaca (Gastronomía, 2021). Creada en la época prehispánica, la receta del mole se ha transformado a lo largo del tiempo y ahora es un ícono no solo de la gastronomía oaxaqueña, sino mexicana. Diversos estudiosos coinciden en que el origen del mole fue cuando las culturas prehispánicas mezclaban variedades de chiles con semillas de calabaza, hierba santa y jitomate para crear una salsa a la que llamaban *mulli* (Castellanos, 2021).

1.1.2 TIPOS DE MOLES OAXAQUEÑOS

Se menciona que son siete los moles oaxaqueños: negro, rojo, amarillo, verde, coloradito, chichilo y manchamanteles. Esto se debe porque originalmente la entidad de Oaxaca estaba dividida en este mismo número de regiones; sin embargo, hoy en día una de ellas, la Sierra, se dividió en Norte y Sur (ADN40, 2022).



Figura 1 Tipos de mole

1.1.2.1 MOLE COLORADITO

Es un intermedio entre el mole rojo y negro; su nombre se debe al color que toma la salsa de un tipo marrón. Este platillo comparte ingredientes básicos como cebolla, ajo, semillas y chocolate, aunque su ingrediente secreto para espesar y endulzar es el puré de plátano maduro (ADN40, 2022). Es un platillo en el cual los sabores del chile ancho, chile chilhuacle rojo (se usa para dar picor a los tamales y salsas) resaltan más su sabor, uno de los moles más picantes que combina ese mismo picor con el dulzor de su receta creando así una fabulosa sensación en la boca. Tiene un aspecto rojo quemado y un fuerte aroma, normalmente se cocina con pollo criollo, gallina o carne de cerdo, así mismo se puede acompañar con arroz y tortillas que es como comúnmente se degusta en Oaxaca. A su vez, el mole coloradito

deriva a otros platos muy famosos de Oaxaca, que, pese a que su ingrediente principal es el mole coloradito, tienen un sabor y una consistencia totalmente diferente a como se degusta el mole, un claro ejemplo de ello son las enchiladas y las enmoladas que se sirven en varios lugares con el mole coloradito como ingrediente estrella (Mezcalero, 2019).



Figura 2 Mole coloradito

1.3 ¿QUÉ ES EL CHILE?

El nombre de la palabra chile viene del náhuatl, *chilliy*, se aplica a numerosas variedades y formas de la planta herbácea o subarborescente que se cultiva de manera anual. El chile es originario de México, Centro y Sudamérica, siendo cultivado en tierras templadas y calientes. En general alcanza de 30 a 80 cm de altura. El tallo es erguido, ramoso y liso. Las hojas son simples, alternas, generalmente ovaladas, enteras, lisas y lustrosas. (Fideicomiso de Riesgo Compartido, 2017).

El chile pertenece al género *Capsicum*, nombre que proviene del griego Kapsakes, que significa cápsula, el cual incluye 26 especies silvestres y cinco domesticadas; de estas últimas, cuatro están presentes en el país. El chile es considerado como

una de las hortalizas con mayor valor en la agricultura nacional, ya que al año genera un volumen aproximado de 2.2 millones de toneladas divididas en 140 mil hectáreas, lo cual coloca a México en la segunda posición a nivel mundial como productor (InfoAgro, 2020).



Figura 3 Chiles secos

1.3.1 CHILE ANCHO

El Chile Ancho es un tipo de chile seco que se usa comúnmente en la cocina mexicana y del suroeste de los Estados Unidos. Es la versión seca de la pimienta poblana (Salsas picantes, s.f.). Un chile ancho es un chile poblano seco. Este chile se cultiva tradicionalmente en Puebla, México y después de ser cosechado y madurado, el chile se seca. Una vez seco se convierte en chile ancho. Es por eso que un chile ancho es rojo, no verde como un poblano. Cuando los chiles poblanos se dejan madurar, pasan de verde a rojo y desarrollan notas dulces. Esto lo hace un chile con un sabor muy interesante y complejo (Piloncillo y vainilla, sf.).



Figura 4 Chile ancho

1.3.1.1 CAPSAICINA DEL CHILE ANCHO

Los Chiles Ancho registran entre 1.000 y 2.000 unidades de picor en la Escala Scoville, lo que significa que son bastante suaves (Salsas picantes, s.f.). El sabor de un chile ancho es interesante: son un poco dulces y chocolatosos (Piloncillo y vainilla, sf.).



Figura 5 Nivel de picor

1.3.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL CHILE ANCHO

Mide aproximadamente de 4 a 5-1 / 2 pulgadas de largo y aproximadamente 2-3 pulgadas de ancho (Martínez, 2019). La carne externa tiene un sabor dulce, rico y parecido a las pasas que a menudo se asocia

con el sabor de los platos de chile; el calor se encuentra en las venas internas de la pimienta (Salsas picantes, s.f.). La textura de la piel de este chile es una piel suave, brillante y corrugada, de picor suave y sabor afrutado (Martínez, 2019).

1.3.2 CHILE HUACLE

Del náhuatl chilhuactli, de chilli, chile y huactli, secado, que se traduce como chile viejo. Con este nombre se designan tres chiles secos de diferentes colores: el chilhuacle negro, el chilhuacle rojo y el chilhuacle amarillo (Los pacos Oaxaca, s.f.).



Figura 6 Chile huacle

1.3.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL CHILE HUACLE

Su producción es limitada y aunque muchos le han perdido la fe (Gourmet de México, 2019). Son chiles oaxaqueños, sólo se cultivan en Cuicatlán en la región de Cañada Chica, son caros, escasos y difíciles de conseguir en Oaxaca y fuera del estado (Los pacos Oaxaca, s.f.). Cuando el chile está fresco es aprovechado para hacer chile caldo, un tesoro poco visto fuera de su demarcación. Se trata de una sopa de agradecimiento a la Madre Tierra, la cual se acostumbra preparar en el campo como la comida de la jornada. Para secarlo, la práctica tradicional era exponerlo 15 días al rayo del sol en el cerro sobre piedras, pero la lluvia retarda

mucho su deshidratación. Ahora, esta sociedad de campesinos tiene una secadora con la que llevan a cabo el proceso en una semana. Una peculiaridad de este fruto es que conserva su forma redonda aún después de perder su humedad. Su precio en seco oscila entre los 350 pesos el kilo hasta más de mil pesos cuando llega a la Ciudad de México (Gourmet de México, 2019). El chilhuacle negro tiene cáscara negra mate; es de forma voluminosa, por lo general mide unos 7 cm de diámetro y 8 de largo, es moderadamente picante. El chilhuacle rojo mide de 6 a 9 cm de largo y 6 de diámetro; posee un tono rojo oscuro, casi negruzco (Larousse cocina, sf.).

1.3 CAROTENOS

Es un **pigmento** natural de muchos alimentos, encontrándose ampliamente distribuido en hortalizas y verduras de color verde, así como en frutas y alimentos de color amarillo, naranja o rojo (Gottau, 2019). Por lo tanto, se encuentra en el tomate, la zanahoria, la calabaza, la yema de huevo, las espinacas, el pimiento rojo, los albaricoques y melocotones secos, etc. (Nutrición, salud, 2021). Bajo el nombre de carotenos se incluye una serie de compuestos químicos de la familia de los terpenos que tiene acción de pro- vitamina, ya que pueden convertirse en vitamina A en el cuerpo humano. El beta- caroteno es el más abundante dentro de este grupo y por ello, se los suele denominar también de esta forma (Gottau, 2019).

1.3.1 BENEFICIOS DE LOS CAROTENOS

Aunque siempre asociamos carotenos con el color de nuestra piel y por eso, solemos acordarnos de ellos cuando buscamos broncearnos, la realidad es que más allá de la coloración pues tienen otras funciones y ofrecen muchos beneficios al organismo:

- Tienen efecto antioxidante
- Favorecen la salud mental y cerebral
- Podría reducir el riesgo de sufrir cáncer
- Contribuyen a la salud ocular y a la visión
- Reducen el riesgo cardiovascular al disminuir las probabilidades de sufrir aterosclerosis
- Pueden mejorar la salud metabólica (Gottau, 2019).

1.3.2 CUÁNTO Y CÓMO CONSUMIR MÁS CAROTENOS

Los carotenos en su mayoría son convertidos en vitamina A en nuestro organismo, por eso, si bien no hay una ingesta diaria recomendada porque no son un nutriente como tal, sí se puede estimar que se requieren entre 9000 y 12000 microgramos de estos compuestos cada día. Sólo se absorbe el 50% de lo consumido y si nos excedemos con los alimentos ricos en carotenos podemos sufrir una carotenemia que se caracteriza por una tonalidad amarillenta casi naranja en nuestra piel (Gottau, 2019).

1.4 CAROTENOS OBTENIDOS DEL CHILE

En la composición de tres chiles secos: guajillo, ancho y mulato. Se encontraron diferentes tipos de carotenoides: en el chile ancho y el guajillo el betacaroteno es el principal componente seguido por la violaxantina. En el mulato en cambio, el principal componente es la violaxantina seguido del betacaroteno (Anuies, 2015).

1.5 EXTRACCIÓN CON ALCOHOL DE COMPONENTES DEL CHILE

El vocablo extracto, del latín medieval, derivó en nuestro idioma en extracción. Este término alude al acto y la consecuencia de extraer: quitar, extirpar, eliminar (Pérez Porto, 2018). Los colorantes y las oleorresinas son dos componentes muy difíciles de separar o aislar de los alimentos, en este caso de los chiles, esto se debe a que los lípidos y colorantes que se encuentran en los alimentos son muy diversos, pero con propiedades fisicoquímicas muy similares, además de ser muy inestables en condiciones de laboratorio. Para poder llevar a cabo la extracción de dichos componentes, se requiere seleccionar disolventes adecuados que logren separar los lípidos y los colorantes de las partes del chile donde se encuentran contenidos, en este caso, el pericarpio y las semillas, por lo que las propiedades fisicoquímicas del disolvente son de vital importancia. Para obtener mayor eficiencia durante el procedimiento de la extracción resulta necesario considerar:

- Pretratamiento de la muestra
- Selección del disolvente
- Proceso de extracción.

1.6 MATRICES POLÍMERICAS (BIOPOLÍMERICAS) PARA ENCAPSULAMIENTO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS

2.6.1 QUE SON LOS BIOPOLÍMEROS

Los biopolímeros son biomoléculas poliméricas, producidos en su mayoría por organismos vivos, como microorganismos, plantas, algas y hongos. Sin embargo, también es importante mencionar que es posible obtener biopolímeros a partir de la química sintética, apoyados de fuentes biológicas de monómeros o polímeros, como por ejemplo aceites vegetales, azúcares, grasas, resinas, proteínas, aminoácidos, etcétera (Molina, Castillo, 2020).

1.6.2 VENTAJAS DE LOS BIOPOLÍMEROS

Los biopolímeros reducen la dependencia de la industria ante los materiales fósiles y disminuyen considerablemente las emisiones de gases de efecto invernadero, también son biodegradables, es decir, al finalizar su ciclo de vida es descompuesto completamente por los microorganismos (Química y sostenibilidad, 2022).

1.6.3 CLASIFICACIÓN DE LOS BIOPOLÍMEROS

Los biopolímeros se clasifican de diferentes maneras según diferentes parámetros. En función de su degradabilidad, los biopolímeros se pueden dividir en dos grupos: biodegradables y no biodegradables, y de manera alternativa, en biopolímeros de base biológica y de base no biológica. En función de la base de su estructura principal polimérica, los biopolímeros pueden clasificarse de manera general en los siguientes grupos: policarbonatos, poliésteres, polisacáridos, poliamidas y polímeros de vinilo. Adicionalmente, los biopolímeros se pueden

clasificar en tres grupos según la naturaleza de la unidad repetitiva (monómero) de la que están hechos: primero, los polisacáridos, conformados por carbohidratos, segundo, las proteínas, hechas de aminoácidos y tercero, los ácidos nucleicos, formados por nucleótidos (Molina, Castillo, 2020).

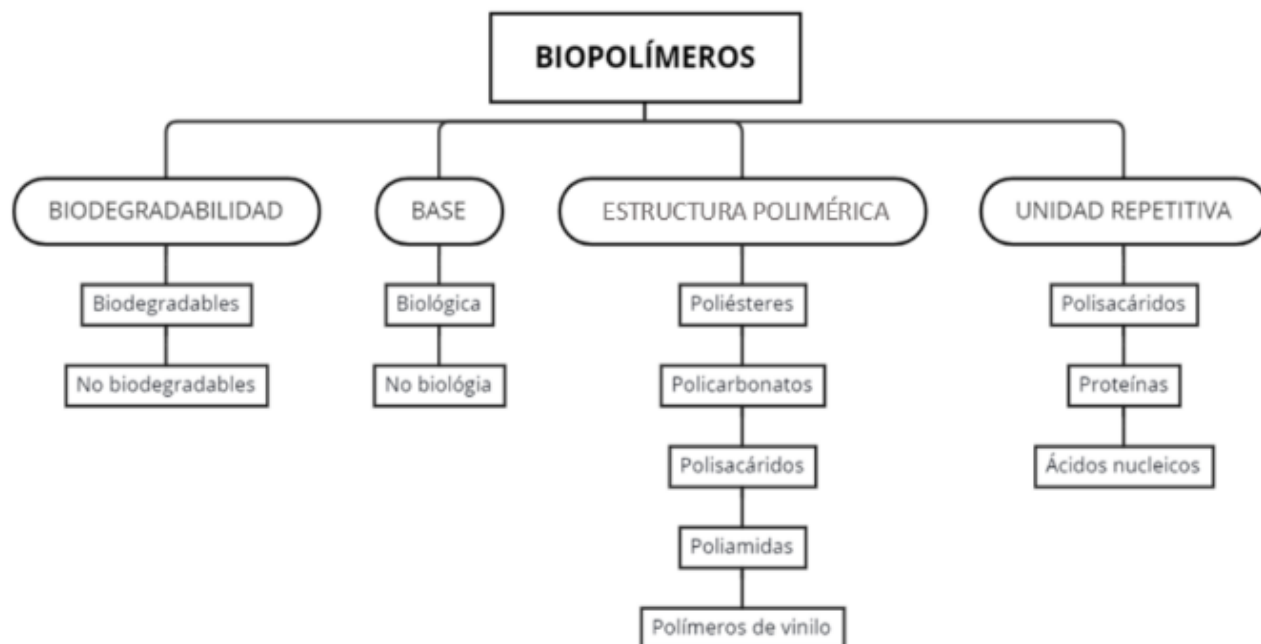


Figura 7 Clasificación de los biopolímeros (Molina, Castillo, 2020)

1.6.4 APLICACIONES DE LOS BIOPOLÍMEROS

Los biopolímeros pueden ser utilizados y clasificados en diversas aplicaciones, destacando la liberación de fármacos (donde encontramos alcohol poli vinílico, pectina, quitosano y almidón), la biorremediación (encontramos la poli (ε-caprolactona), el ácido poli láctico y la celulosa), el empaquetamiento de alimentos

(aquí encontramos al alginato, la proteína de soja, la gelatina y el galactano) y la catálisis enzimática (Molina, Castillo, 2020).

1.7 BIOPOLÍMEROS UTILIZADOS EN EL ENCAPSULAMIENTO DE LOS CAROTENOS DEL CHILE ANCHO Y CHILE HUACLE

1.7.1 QUITOSANO

El Quitosano o Quitosana es un biopolímero natural que se obtiene de la Quitina por métodos químicos, electroquímicos o enzimáticos. Químicamente es una Poli(D-glucosamina), por ello se considera un polisacárido Biodegradable (Quitoquímica, sf.).

1.7.1.1 PROPIEDADES FUNCIONALES DEL QUITOSANO

Este polímero natural es el único polisacárido alcalino presente en la naturaleza ya que otros son de naturaleza neutra o ácida. Este material es inodoro, no es tóxico y tiene dentro de sus características más sobresalientes su alta biodegradabilidad ya que se descompone en productos inofensivos como azúcares que son absorbidos por el cuerpo, es importante mencionar que las características atribuidas a este material incluyendo sus propiedades químicas y físicas dependen de diferentes factores como el pH, peso molecular, grado de desacetilación, grado de cristalinidad, grado de ionización y solubilidad (Espinosa, Sáenz, Castañeda, 2020).

1.7.2 PECTINA

La pectina es un producto natural presente en la pared celular de todas las plantas superiores y es usada por la industria alimenticia, cosmética y farmacéutica por sus propiedades gelatinizantes, espesantes y estabilizantes (Silvateam, sf.).

1.7.2.1 PROPIEADES FUNCIONALES DE LA PECTINA

Las pectinas siempre fueron un componente natural de los alimentos. Se utilizan en la industria alimenticia como ingrediente debido a sus propiedades funcionales, incluyendo la actividad gelificante, suministro de viscosidad, estabilización de proteínas y actuación como sustituta de grasa. Las principales aplicaciones de pectina en la industria alimentaria incluyen gelificación y espesamiento de mermeladas, jaleas, rellenos de panificación, confitería y preparaciones de frutas, así como estabilización de bebidas a base de leche y frutas. Otras nuevas aplicaciones de pectina emplean su potencial prebiótico, propiedades anticancerígenas y capacidad de desintoxicación de metales pesados (Aditivos Ingredientes, sf.).

1.7.3 ALGINATO DE SODIO

El Alginato de Sodio es un polisacárido procedente de algas marrones. Aunque se puede utilizar como espesante, su papel más llamativo en la cocina moderna es el de permitirnos hacer "esferificaciones". El alginato disuelto en una mezcla líquida entra en rápida reacción con otro líquido rico en calcio (como el cloruro de calcio o el gluconolactato) solidificando de manera muy rápida creando una estructura muy estable y resistente (Cocinista, sf.).

1.8 MÉTODOS DE DESHIDRATACIÓN

La deshidratación es un procedimiento de conservación de alimentos que, al eliminar la totalidad del agua libre de este, impide la actividad microbiana y reduce la actividad enzimática. Recibe diferentes denominaciones, como secado, desecado e hidratación (Ceupe, sf.), y hay diferentes tipos como son:

I. El secado solar:

- a. Secaderos solares directos. En líneas generales constan de una superficie de secado cubierta por un material transparente, que protege al producto de la lluvia y de la contaminación. Generalmente se utilizan para el secado de productos agrícolas.
- b. Secaderos solares indirectos. En este tipo de secaderos, la radiación solar no incide directamente sobre el producto a secar.
- c. Secaderos solares asistidos. Se trata de secaderos convencionales que se han modificado para poder utilizar energía térmica en sustitución de la energía solar.

II. Secado por gases calientes: Con este método los gases calientes se ponen en contacto con el material húmedo a secar para facilitar la transferencia de calor y de masa. En general son aparatos sencillos y de fácil manejo. En esencia constan de las siguientes partes: Sistema de impulsión de aire, de calefacción y recinto de secado, generalmente está calorifugado.

- a. Secaderos de bandejas. Están formados por una cámara metálica rectangular, en cuyo interior se disponen unos bastidores móviles.
- b. Secaderos de túnel. El producto a secar se coloca sobre unas bandejas que se transportan con carretillas por el interior del túnel.
- c. Secaderos de cinta sinfín. Son secaderos continuos con circulación de aire a través del material, que se traslada sobre un transportador de cinta perforada.
- d. Secaderos rotatorios. Son secaderos de funcionamiento continuo que constan de una carcasa cilíndrica ligeramente inclinada que gira sobre unas bandas de rodadura.
- e. Secaderos de lecho fluidizado. En este tipo de secaderos el aire caliente se utiliza simultáneamente como agente de secado y de fluidización al ser forzado a pasar a través del lecho de partículas del alimento.

III. Secado por contacto o conducción: En estos secaderos la transmisión de calor hasta el producto húmedo tiene lugar por conducción a través de una pared, generalmente metálica.

- a. Secaderos de rodillos. En estos secaderos el producto se seca sobre la superficie de un rodillo giratorio calentado interiormente.
- b. Secado a vacío. Este secadero consiste en una cámara a vacío conectada a un condensador y una bomba de vacío.
- c. Secado a vacío de cinta sinfín. En estos secaderos el alimento a secar se distribuye en forma de pasta sobre una cinta transportadora de acero que circula en una cámara a vacío sobre dos rodillos huecos.

IV. Liofilización: Es la congelación y posterior sublimación (paso de hielo a vapor) del agua de un alimento, reduciendo al mínimo el arrastre de sustancias y el daño a su estructura. El proceso de liofilización se desarrolla en tres fases:

- a. Fase de precongelación hasta la temperatura en que material está completamente sólido, que será inferior a 0 °C.
- b. Fase de sublimación en la que se elimina alrededor del 90 % del agua. Se elimina el hielo libre.
- c. Fase de desorción, que elimina el 10 % del agua ligada restante. Esta fase consiste en una vaporización a vacío, a una temperatura positiva de 20 a 60 °C.

La gran ventaja de la liofilización es que, al calentar el alimento solo un poco, sus características organolépticas (aroma, sabor, forma y color) y su valor nutritivo resultan poco afectados. Sin embargo, los costes de congelación y de las bajas presiones empleadas son muy elevados.

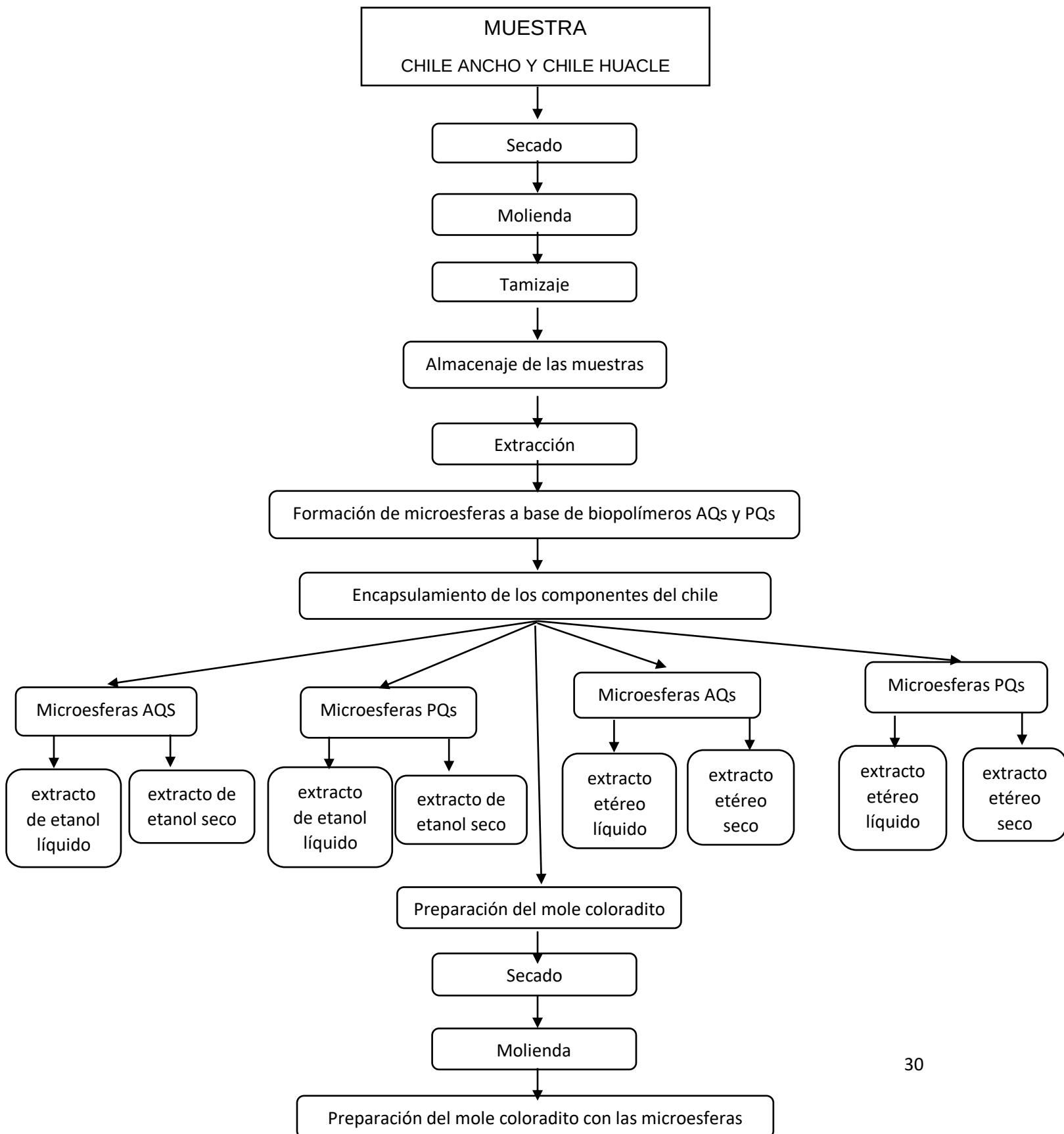
V. Deshidratación osmótica: Si se sumergen frutas y hortalizas frescas en una solución azucarada o salina, que tiene una presión osmótica mayor que la del alimento, el agua pasa del alimento a la solución por la influencia del gradiente de la presión osmótica, por lo que la actividad de agua del alimento disminuye. La deshidratación osmótica no reduce suficientemente la actividad de agua como para impedir la proliferación de los microorganismos. El proceso aumenta, en cierta

forma, la vida útil del alimento, pero no la preserva. Los alimentos obtenidos por este método presentan ciertas ventajas:

- a. Están disponibles para comer, no requieren rehidratación.
- b. La cantidad de sustancia osmoactiva que penetra en el tejido puede ajustarse a requerimientos individuales.
- c. La composición química del alimento se puede regular conforme a necesidades.
- d. La masa de materia prima se reduce, usualmente a la mitad.

CAPITULO II. DESARROLLO EXPERIMENTAL

Diagrama general de la formación de las microesferas



2.1 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

Las muestras a utilizar fueron recolectadas de dos puntos diferentes de la ciudad, la central de abastos y en el mercado 20 de noviembre, una vez ya adquiridas se almacenaron en bolsas ziploc en condiciones libres de humedad y contaminación.

2.2 TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS

2.2.1 SECADO

2.2.1.1 SECADO CHILE ANCHO

Se pesaron 10 chiles anchos en una báscula (RADWAG, AS 220. R2) los cuales pesaron 229 gramos, secándose en una estufa de secado (J.P.SELECTA, VACIOTEM-T) a 80°C, se quitaron de la estufa cuando se notó que su peso ya no disminuía.



Figura 8 Estufa de secado del laboratorio de alimentos ITO

2.2.1.2 SECADO CHILE HUACLE

Se pesaron 10 chiles huacles en una báscula (RADWAG, AS 220. R2) pesando 86.0638 gramos, se pusieron a secar en una estufa de secado (J.P.SELECTA,

VACIOTEM-T) a 80°C, se quitaron de la estufa cuando se notó que el peso de los chiles ya no cambio.



Figura 9 Secado de chile ancho

2.2.2 MOLIENDA

2.2.2.1 MOLIENDA CHILE ANCHO

Se molió todo el chile en un procesador de alimentos manual (Licuadora marca OSTER, modelo 6881, 6881-13), buscando así que la molienda fuera lo más fina posible. Primero se procedió a moler la mitad de la cantidad del chile que se tenía dejándolo procesar por 30 minutos y posterior a esto se molió la otra parte, por el mismo tiempo, se realizó de esta manera con tal de que la molienda fuera lo más eficaz posible y se lograra moler todo el chile.

2.2.2.2 MOLIENDA CHILE HUACLE

Se molió la cantidad total de chile en un procesador de alimentos manual (Licuadora marca OSTER, modelo 6881, 6881-13), primero se molió la mitad de los chiles, esperando de que la molienda sea lo más fina posible. Se molió aproximadamente cada parte de 5 a 10 minutos, la primera parte del chile fue de 43.5618 gramos y la segunda fue de 35.3567 gramos, después juntamos las dos

moliendas y molimos todo el chile por 5 minutos, como era poco chile la licuadora se calentó.

2.2.3 TAMIZAJE

Después se realizó el tamizado de la molienda (chile ancho y chile huacle) con diferentes números de tamices ASTM (American Society for Testing and Materials), malla 10(2mm), malla 12 (1.77 mm), malla 20 (0.35 um), malla 30 (0.59 mm), malla 40 (0.425 mm), esto con la finalidad de que nuestra molienda fuera lo más fina posible.

2.2.4 ALMACENAJE DE LAS MUESTRAS

Cada muestra de residuo se almacenó en bolsas de aluminio, esto se hizo con el fin de que los componentes del chile como son los carotenos y carotenoides no se degradaran por efecto de la luz. Las bolsas de aluminio o bolsas aluminizadas están hechas de láminas de polipropileno laminado y se utilizan sobre todo para mantener frescos los alimentos. Estas bolsas son una estupenda barrera contra el aire, la humedad y los rayos UV, por eso fue que ocupamos este tipo de material para almacenar nuestra molienda.



Figura 10 Almacenamiento de la molienda

2.3 EXTRACCIÓN

Se realizaron diferentes tipos de extracciones: utilizando etanol al 100 % y éter de petróleo al 100 %, siguiendo la metodología que se menciona.

1) Extracción con etanol

En un matraz Erlenmeyer se pesaron 0.2000 g de residuo malla #40 de la molienda del chile (**ancho y huacle**). Se agregaron 10 ml de Etanol, se cubrió completamente el matraz con aluminio y se dejó 24 h en agitación constante (agitador magnético VELP, F20510011).

2) Extracción con éter de petróleo

En un matraz Erlenmeyer se pesaron 0.2000 g de residuo malla #40 de la molienda del chile (**ancho y huacle**). Se agregaron 10 ml de Éter de petróleo, se cubrió completamente el matraz con aluminio y se dejó 24 h en agitación constante (agitador magnético VELP, F20510011).



a)



b)

Figura 11 a) materiales para la extracción, b) matraz cubierto y en agitación

2.4 FORMACIÓN DE MICROESFERAS A BASE DE BIOPOLÍMEROS

Se utilizó y se modificó la metodología propuesta por Frent y col. (2022) para la obtención en microesferas, obteniendo así dos tipos diferentes de microesferas utilizando biopolímeros:

- Microesferas de Alginato-Quitosano (AQs).
- Microesferas de Pectina-Quitosano (PQs).

2.4.1 FORMACIÓN DE MICROESFERAS AQs

Paso 1. Preparación de Quitosano en ácido acético

Se preparó una solución de ácido acético 0.3M (0.75 ml de ácido acético se disolvieron en 250 ml de agua destilada) y una solución de Quitosano al 1% (0.1 g de Quitosano se disolvieron en 100 ml de la solución de ácido acético 0.3M).

Paso 2. Solución Quitosano con Cloruro de Calcio

En 8 ml de Quitosano se diluyen 0.32 gramos de CaCl_2 y dejamos en agitación por 1 hora.

Paso 3. Solución de Sodio- Alginato

0.75 gramos de Alginato de Sodio se disolvieron en 100 ml de agua destilada. Se dejó en agitación por 30 minutos.

Paso 4. Formación de la microesferas

Se tomó 1 ml de la mezcla de alginato y se dejaron caer gotas a la solución Quitosano- CaCl_2 hasta la formación de pequeñas esferas sólidas de gel, se dejó en agitación constante por 30 minutos.

2.4.2 FORMACIÓN DE MICROESFERAS PQs

Paso 1. Preparación de pectina 5%

0.5 gramos de Pectina se disolvieron en 10 ml de agua destilada, dejando agitar la mezcla por 24 horas.

Paso 2. Quitosano 1% p/v en ácido acético 0.3M

Se preparó ácido acético 0.3M, 0.75 ml de ácido acético se disolvieron en 250 ml de agua destilada. Para la solución de Quitosano al 1%, 0.1 gramos de Quitosano se disolvieron en 100 ml de la solución de ácido acético 0.3M.

Paso 3. Solución Quitosano con Cloruro de Calcio

De la mezcla realizada en el paso 2, se tomaron 8 ml y se le adiciono 0.32 gramos de Cloruro de Calcio (CaCl_2), se dejó en agitación por 1 hora.

Paso 4. Formación de microesferas

Se tomó 1 ml de la mezcla de pectina al 5% y se dejaron caer gotas a la solución Quitosano- CaCl_2 hasta la formación de pequeñas esferas sólidas de gel, se dejó en agitación constante por 30 minutos.

2.5 ENCAPSULAMIENTO DE LOS COMPONENTES DEL CHILE (CAROTENOS Y CAROTENOIDES)

1) PREPARACIÓN DE MICROESFERAS AQs

a. EXTRACTO DE ETANOL LÍQUIDO

Paso 1. Preparación de Quitosano en ácido acético

Se preparó una solución de ácido acético 0.3M (0.75 ml de ácido acético se disolvieron en 250 ml de agua destilada) y una solución de Quitosano al 1% (0.1 g de Quitosano se disolvieron en 100 ml de la solución de ácido acético 0.3M).

Paso 2. Solución de quitosano

En 8 ml de Quitosano se diluyeron 0.32 gramos de CaCl_2 y se dejó en agitación por 1 hora.

Paso 3. Solución de Sodio- Alginato

0.75 g de Alginato de Sodio le añadimos 100 ml de agua destilada, dejándolo agitar por 30 min.

Paso 4. Mezcla de extracto con alginato

5 ml de extracto de Etanol (**chile ancho o chile huacle**) se diluyeron en 20 ml de Alginato de Sodio, se dejó en agitación 1 hora, cubriendo completamente la mezcla con aluminio, para evitar que los componentes del chile se pierdan por la luz.

Paso 5. Formación de microesferas

1 ml de mezcla del Extracto- Alginato, se goteo en la mezcla de Quitosano- CaCl_2 .

b. EXTRACTO ETereo LÍQUIDO

Paso 1. Preparación de Quitosano en Ácido Acético

Se preparó una solución de ácido acético 0.3M (0.75 ml de ácido acético se disolvieron en 250 ml de agua destilada) y una solución de Quitosano al 1% (0.1 g de Quitosano se disolvieron en 100 ml de la solución de ácido acético 0.3M).

Paso 2. Solución de quitosano

En 8 ml de Quitosano se diluyeron 0.32 g de CaCl_2 y se dejó en agitación por 1 h.

Paso 3. Solución de sodio- Alginato

0.75 g de Alginato de Sodio le añadimos 100 ml de agua destilada, dejándolo agitar por 30 min.

Paso 4. Mezcla de extracto-alginato

4 ml de extracto de Éter de Petróleo de (**chile ancho o chile huacle**) se diluyeron en 20 ml de Alginato de Sodio, se dejó en agitación 1 hora, cubriendo completamente la mezcla con aluminio, para evitar que los componentes del chile se pierdan por la luz.

Paso 5. Formación de microesferas

1 ml de la mezcla del Extracto- Alginato se goteo en la mezcla de Quitosano- CaCl_2 .

c. EXTRACTO DE ETANOL SECO

Paso 1. Extracción de Etanol

0.2000 g de residuo malla #40 (**chile ancho o chile huacle**), se le añadieron 10 ml de etanol 100%, se cubrió por completo el matraz y se dejó en agitación por 24 h.

Paso 2. Secado

Una vez que se obtuvo el extracto se procede a secar por 24 h en la estufa de secado (J.P. SELECTA, VACIOTEM-T) a 40°C.

Paso 3. Solución alginato de calcio

Ya que obtuvimos el extracto de etanol seco se le añadió 20 ml de alginato de calcio, y se dejó en agitación por 1 h.

Paso 4. Solución quitosano

En 8 ml de quitosano 1% p/v en ácido acético 0.3M, se disolvieron 0.32 g de cloruro de calcio, y se dejó en agitación por 1 h.

Paso 5. Formación de microesferas

A la solución del paso 4, se le goteo 1 ml de la mezcla del Extracto de etanol-alginato.

d. EXTRACTO ETereo SECO

Paso1. Extracción de éter de petróleo

0.2000 g de residuo malla #40 de (**chile ancho o chile huacle**), se le añadieron 10 ml de Éter de petróleo puro, se cubrió por completo el matraz y se dejó en agitación por 24 h.

Paso 2. Secado

Una vez que se obtuvo el extracto se procede a secar por 24 h en la estufa de secado (J.P. SELECTA, VACIOTEM-T) a 40°C.

Paso 3. Solución alginato de calcio

Ya que obtuvimos el extracto de Éter de petróleo seco se le añadió 20 ml de Alginato de Calcio, y se dejó en agitación por 1 h.

Paso 4. Solución quitosano

En 8 ml de Quitosano 1% p/v con ácido acético 0.3M, se disolvieron 0.32 g de Cloruro de Calcio, y se dejó en agitación por 1 h.

Paso 5. Formación de microesferas

A la solución del paso 4, se le goteo 1 ml de la mezcla del Extracto de Éter de petróleo con Alginato.

2) PREPARACIÓN DE MICROESFERAS PQs

a. EXTRACTO DE ETANOL LÍQUIDO

PASO 1. Solución de pectina

Preparamos una solución de Pectina 5% p/v (0.5 g de Pectina se disuelven en 10 ml de agua destilada), se deja agitar por 15 min y enseguida agregamos 5 ml del extracto de Etanol de (**chile ancho o chile huacle**), dejando en agitación por 24 h.

PASO 2. Quitosano 1% p/v en ácido acético 0.3M

Para la preparación del ácido acético 0.3M (0.75 ml de ácido acético se disuelven en 250 ml de agua destilada) y una solución de Quitosano al 1% (0.1 g de Quitosano en 100 ml de la solución de ácido acético 0.3M.

Paso 3. Solución cloruro de calcio

De la mezcla del paso 2, se tomaron 8 ml, se le adiciono 0.32 g de Cloruro de Calcio (CaCl_2), y se dejó en agitación por 1 hora.

Paso 4. Formación de microesferas

A la mezcla que se realizó en el paso 3 Quitosano con Cloruro de Calcio, se le goteo 1 ml de nuestra mezcla del paso 1 pectina con el extracto de Etanol.

b. EXTRACTO ETereo LÍQUIDO

Paso 1. Solución de pectina

Preparamos una solución de Pectina 5% p/v (0.5 g de pectina se disuelven en 10 ml de agua destilada), se dejó agitar 15 min, después se agregó 4 ml del extracto de Éter de Petróleo de (**chile ancho o chile huacle**), dejando agitar por 24 h.

Paso 2. QUITOSANO 1% p/v EN ÁCIDO ACETICO 0.3M

Para la preparación del ácido acético 0.3M (0.75 ml de ácido acético se disuelven en 250 ml de agua destilada) y para la solución de Quitosano al 1% (0.1 g de Quitosano se disuelven en 100 ml de la solución de ácido acético 0.3M).

Paso 3. Solución cloruro de calcio

De la mezcla del paso 2, se tomaron 8 ml y se le adiciono 0.32 g de Cloruro de Calcio (CaCl_2), y se dejó en agitación por 1 h.

Paso 4. Formación de microesferas

A la mezcla del paso 3, le dejamos gotear 1 ml de la mezcla del paso 1 pectina con el extracto de Éter de Petróleo.

c. EXTRACTO DE ETANOL SECO

Paso 1. Extracción del Etanol

0.2000 g de residuo malla #40 (**chile ancho o chile huacle**), se le añadieron 10 ml de etanol puro, se cubrió por completo el matraz Erlenmeyer y se dejó en agitación por 24 h.

Paso 2. Secado

Se dejó secar el extracto de Etanol por 24 h en la estufa de secado (J.P. SELECTA, VACIOTEM-T) a 40°C.

Paso 3. Solución de pectina- extracto

Se preparó pectina al 5% p/v (0.5 g de pectina se diluyen en 10 ml de agua destilada), se dejó agitar por 15 min., posteriormente se le adiciona el extracto de Etanol seco dejándolo en agitación por 24h.

Paso 4. Solución cloruro de calcio

8 ml de la mezcla de Quitosano con ácido acético se le adiciono 0.32 g de Cloruro de Calcio, dejándolo en agitación 1 h a 200 rpm.

Paso 5. Formación de microesferas

A la mezcla de Quitosano con Cloruro de Calcio se le gotea 1 ml del extracto de Etanol con Pectina.

d. EXTRACTO ETÉREO SECO

Paso1. Extracción de éter de petróleo

0.2000 g de residuo malla #40 (**chile ancho o chile huacle**), se le añadieron 10 ml de éter de petróleo puro, se cubrió por completo el matraz Erlenmeyer y se dejó en agitación por 24 h.

Paso 2. Secado

Una vez ya obtenido el extracto se procede a secar por 24 h en una estufa de secado (J.P. SELECTA, VACIOTEM-T) a 40°C.

Paso 3. Solución de pectina- extracto

0.5 gramos de Pectina se disolvieron en 10 ml de agua se agito por 15 minutos, posteriormente se le añadió el extracto seco dejándolo en agitación por 24 h.

Paso 4. Solución cloruro de calcio

8 ml de Quitosano 1% p/v con ácido acético 0.3M, se le adiciono 0.32 g de Cloruro de Calcio dejándolo en agitación por 1 h.

Paso 5. Formación de microesferas

A la mezcla del paso 4 de Quitosano con Cloruro de Calcio, se le gotea 1 ml de la mezcla del Extracto de Éter de petróleo con Pectina.

2.6 MOLE OAXAQUEÑO COLORADITO

2.6.1 INGREDIENTES

- I. 50 gramos de chile guajillo limpio sin semillas
- II. 100 gramos de chile ancho limpio sin semillas
- III. 2 jitomates
- IV. 1 pieza de cebolla chica
- V. 4 dientes de ajo pelados
- VI. 4 cucharadas soperas de aceite
- VII. 1 plátano macho en rodajas
- VIII. 3 rodajas de pan bolillo
- IX. 2 cucharadas soperas de ajonjolí
- X. 1 rama de canela
- XI. 1 pizca de orégano
- XII. 2 clavos de olor
- XIII. sal y pimienta al gusto
- XIV. caldo de pollo en polvo al gusto

2.6.2 PREPARACIÓN

- a. Comienza la receta fácil de mole coloradito tatemando los chiles guajillo y los chiles anchos en un comal. No dejes que se quemen, si no tomarán un sabor amargo.

- b. Retira del comal y lleva a suavizar en agua caliente aproximadamente unos 10 minutos.
- c. Mientras se suavizan los chiles, asa los jitomates, la cebolla y los dientes de ajo pelados. Cuando los jitomates estén listos, notarás que la piel se desprende fácil, puedes retirarla o dejarla.
- d. Después que la cebolla y los dientes de ajo estén asados, fríelos en aceite con el ajonjolí y deja que se doren ligeramente por unos 3 minutos.
- e. En la misma sartén con aceite, fríe unos 5 minutos el plátano macho y el pan bolillo en rodajas. Pasado este tiempo, retira la sartén del fuego.
- f. Ahora es momento de mezclar todo. Coloca en la licuadora los chiles suavizados, los jitomates, la cebolla, los dientes de ajo, el ajonjolí, el plátano y el pan bolillo frito. Añade también una ramita de canela, 1 pizca orégano, 2 clavos de olor, 1 taza de caldo de pollo, sal y pimienta al gusto. Licua todo aproximadamente unos 3 minutos para obtener una salsa de textura suave.
- g. En una olla con una cucharada de aceite, sofríe la salsa que licuaste, vierte caldo de pollo y mueve constantemente. Deja cocinar alrededor de 15 minutos a fuego medio-alto hasta que espese.
- h. Cuando haya espesado, puedes comprobar el sabor y sazonar con un poco más de sal al gusto.

2.6.3 SECADO

Se puso a secar dos charolas de mole, la charola 1 250 gramos de mole, la charola 2 290 gramos de mole, se pusieron a secar en la estufa a 80°C, se dejó 24 h.

2.6.4 MOLIENDA

Se molió el mole coloradito en un procesador de alimentos manual (Licuadora marca OSTER, modelo 6881, 6881-13).

2.6.5 PREPARACIÓN DEL MOLE CON LAS MICROESFERAS

Se realizaron 4 tratamientos con 2 diferentes tipos de mole deshidratado, uno comercial y el otro fue elaborado de manera casera.

CAPITULO III. RESULTADOS

3.1 SECADO

3.1.1 SECADO CHILE ANCHO

Durante el secado de los chiles notamos que después de 3 horas su textura había cambiado pues se veían más arrugados y sobre los chiles se había formulado una capa como de ceniza y su peso había disminuido a 192 g. Pasando 5 horas más (8 horas en total) los chiles se veían más arrugados, con menos humedad y ya tenían un color blanco, pesando 155 g. Después de 3 horas (11 horas en total), los chiles ya no tenían nada de humedad, estaban completamente tostados y arrugados, con un peso de 149 g, lo dejamos por más tiempo, pero igual notamos que nada había cambiado y el peso era el mismo entonces nos enfocamos en los primeros cambios. Posteriormente realizamos el cálculo de humedad de los chiles utilizando el peso inicial y final.

Cálculo del % de humedad (%H)

P= peso

$$\%H = \frac{P_{\text{inicial}} - P_{\text{final}}}{P_{\text{inicial}}} \quad \%H = \frac{229 \text{ g} - 149 \text{ g}}{229 \text{ g}}$$

$$\%H = 0.35 \quad H = 35\%$$

3.1.2 SECADO CHILE HUACLE

Durante el secado de los chiles se notó que pasando 2 horas los chiles se veían físicamente iguales, pero tenían una textura tostada y su peso había disminuido a

81.6439 gramos. Se dejo 22 horas los chiles huacles en la estufa de secado notando que las características de los chiles eran las mismas, solo que los chiles se sentían más tostados, con un peso de 78.9185 gramos. Posteriormente realizamos el cálculo de humedad de los chiles utilizando el peso inicial y final.

Cálculo del % de humedad (%H)

P= peso

$$\%H = \frac{P_{inicial} - P_{final}}{P_{inicial}} \quad \%H = \frac{81.6439 \text{ g} - 78.9185 \text{ g}}{81.6439 \text{ g}}$$

$$\%H = 0.0333 \quad H = 3.33\%$$

3.2 TAMIZAJE

3.2.1 TAMIZAJE CHILE ANCHO

Durante este procedimiento después de que pasamos nuestra molienda del chile por los tamices obtuvimos los siguientes resultados:

Tamiz #10 (ASTM, E11):

Peso residuo= 2.0656 g, con una partícula mayor a 2 mm.

Tamiz #12 (ASTM, E11):

Peso residuo= 0.4939 g, con una partícula entre 1.77 mm a 2 mm

Tamiz #20 (ASTM, E11):

Peso residuo= 6.6957 g, con una partícula entre 350 µm a 1.77 mm.

Tamiz #30 (ASTM, E11):

Peso residuo= 16.0151 g, con una partícula entre 0.59 mm a 350 μm .

Tamiz #40 (ASTM, E11):

Peso residuo= 35.7748g, con una partícula entre 425 μm a 0.59 mm.



Figura 12 Muestras del tamizaje del chile ancho

3.2.2 TAMIZAJE CHILE HUACLE

Después de obtener la molienda de la licuadora se tamizo para que se obtuviera una molienda más fina, obteniendo así:

Tamiz #12 (ASTM, E11):

Peso residuo= 3.9338 g, con una partícula entre 1.77 mm a 2 mm

Tamiz #20 (ASTM, E11):

Peso residuo= 28.1756 g, con una partícula entre 350 μm a 1.77 mm.

Tamiz #30 (ASTM, E11):

Peso residuo= 10.3818 g, con una partícula entre 0.59 mm a 350 μm .

Tamiz #40 (ASTM, E11):

Peso residuo= 32.0733 g, con una partícula entre 425 μm a 0.59 mm.

3.3 EXTRACCIÓN

Las extracciones realizadas se realizaron con la finalidad de extraer los componentes del chile ancho, que se pierden por la luz o los cambios de temperaturas. Entonces para asegurarnos que estos componentes se encontraran en las extracciones se realizó una medición en el espectrofotómetro, donde se obtuvo que en las extracciones si se encontraban estos componentes.

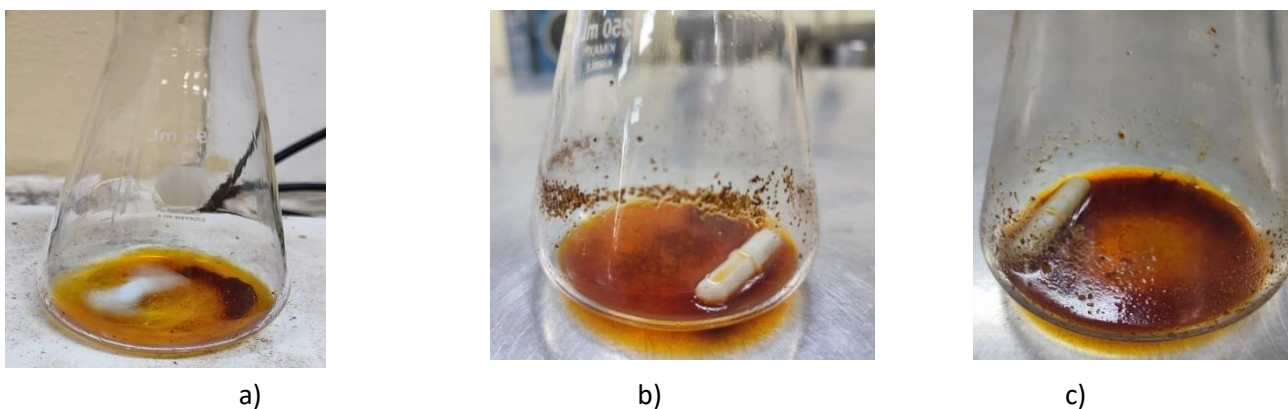


FIGURA 13 Extractos, a) etanol- chile huacle, b) etanol-chile ancho y c) etéreo-chile huacle

3.4 FORMACIÓN DE MICROESFERAS A BASE DE BIOPOLIMEROS

3.4.1 FORMACIÓN DE MICROESFERAS AQs

Se logró obtener el resultado esperado, las microesferas se formaron de manera perfecta, consiguiendo así la primera mezcla de componentes para formarlas.

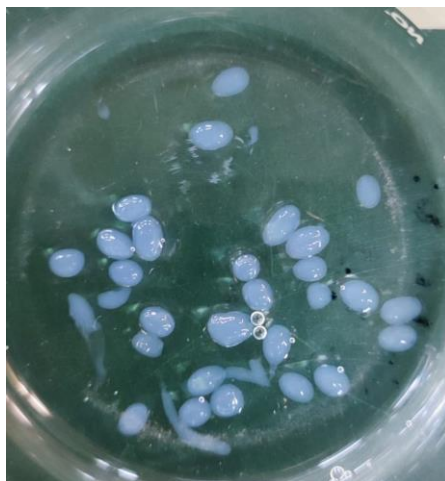


Figura 14 Microesferas AQs

3.4.2 FORMACIÓN DE MICROESFERAS PQs

Al igual que la formulación anterior, con esta se lograron obtener las microesferas deseadas, con esto tenemos la segunda mezcla de componentes aprobada.

3.5 ENCAPSULAMIENTO DE LOS COMPONENTES DEL CHILE (CAROTENOS Y CAROTENOIDES)

1) PREPARACIÓN DE MICROESFERAS AQs

a. EXTRACTO DE ETANOL LÍQUIDO

Al realiza el paso 5, cuando se goteo, podemos observar cómo se formulan una especie de bolitas de gel chiquitas, pero sólidas, dejándolo en agitación 30 min observando cómo no se destruyen.



a)



b)

Figura 15 Microesferas con extracto de etanol-alginato
(a) chile ancho, b) chile huacle)

b. EXTRACTO ETereo LÍQUIDO

Cuando se comenzó a gotear se pudo observar cómo se formulan una especie de bolitas de gel chiquitas, pero sólidas, se dejaron en agitación por 30 minutos, observando cómo estas esferas no se destruyen.

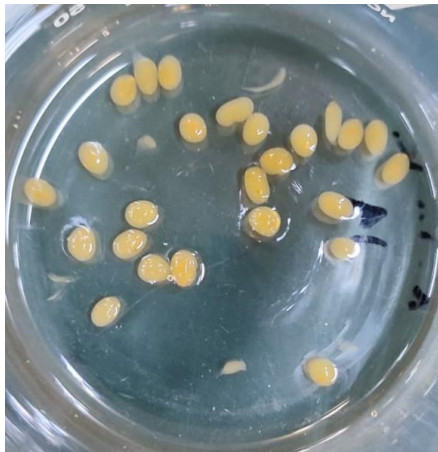


FIGURA 16 Microesferas extracto etéreo

c. EXTRACTO DE ETANOL SECO

Se realizó el proceso dos veces, la única diferencia es que aquí el extracto a utilizar está seco, pero aun así se logró formar las microesferas.

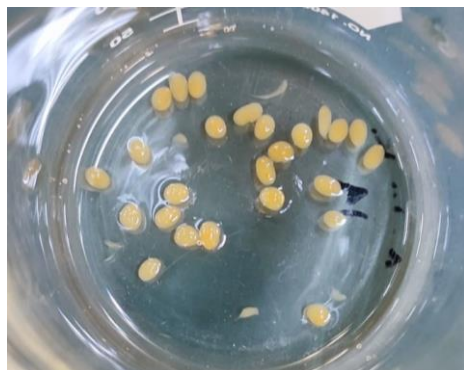


Figura 17 Microesferas con extracto de etanol seco- alginato

d. EXTRACTO ETÉREO SECO

Las microesferas se formaron de manera adecuada, incluso con el extracto de Éter de petróleo seco (Figura 18).



a)



b)

Figura 18 Microesferas AQs extracto etéreo seco, a) chile ancho, b) chile huacle

2) PREPARACIÓN DE MICROESFERAS PQs

- EXTRACTO ETANOL LÍQUIDO

Las microesferas que se realizaron con PQs con el extracto (figura 19) se forman de manera adecuada, al momento de gotear las microesferas se forman de manera instantánea y el tamaño es diferente a las realizadas con Alginato.



1.



b)

Figura 19 Microesferas con extracto de etanol-pectina (a) chile ancho, b) chile huacle)

- **EXTRACTO ETÉREO LÍQUIDO**

Las microesferas si se formaron, pero no están bien definidas, la forma que estas presentan no es tan clara () como las microesferas formadas con extracto de Etanol, que es lo único diferente en este proceso.



Figura 20 Microesferas PQs extracto etéreo chile ancho

- **EXTRACTO DE ETANOL SECO**

Al igual que las microesferas anteriores de PQs, estas se realizaron con extracto de etanol seco (Figura 21) , se observa como las microesferas se forman de manera adecuada, observando algunas diferencias a las anteriores.



Figura 21 Microesferas con extracto de etanol seco-pectina

- EXTRACTO ETÉREO SECO

Las microesferas que se realizaron llevan extracto Etéreo seco que es lo único diferente en su proceso, las microesferas aquí están un poco mejor definidas (Figura 22).



Figura 22 Microesferas con éter de petróleo seco-pectina

3.5.3 CUANTIFICACION DE LOS β -CAROTENOS EN MICROESFERAS

Se tomaron 6 microesferas de extracto etéreo con chile ancho y chile huacle, se agitaron en agua destilada por 1 hora determinando el contenido de β -carotenos midiendo su absorbancia en un espectrofotómetro Genesys 50 (marca Thermo Fisher). El cálculo de estos resultados se hizo mediante la ecuación.

$$X = \frac{E * Y}{\sum_{1cm}^{1\%} * 100}$$

Donde:

Y=volumen del extracto final

E=Absorbancia

X=gr de carotenoides en mg/ml

$$\sum_{1cm}^{1\%} = 2505 \text{ a } 450 \text{ nm}$$

- CUANTIFICACION DE LOS β -CAROTENOS DE CHILE ANCHO

Para realizar este cálculo se tomó en consideración los siguientes datos

Y=volumen del extracto final (10 ml)

E=Absorbancia a 450 nm

X=gr de carotenoides en mg/ml

$$\Sigma_{1cm}^{1\%} = 2505 \text{ a } 450 \text{ nm}$$

Tabla 1 Cuantificación de β -carotenos chile ancho

Material	Absorbancia a 450cm ⁻¹	Cuantificación de Carotenos (mg/g)
AQs	0.005	1.99601E-07

- CUANTIFICACION DE LOS β -CAROTENOS DE CHILE HUACLE

Y=volumen del extracto final

E=Absorbancia a 449 nm

X=gr de carotenoides en mg/ml

$$\Sigma_{1cm}^{1\%} = 2592 \text{ a } 450 \text{ nm}$$

Tabla 2 Cuantificación de β -carotenos chile huacle

Material	Absorbancia a 449cm ⁻¹	Cuantificación de Carotenos (mg/g)
AQs	0.033	1.27315E-06

NOTA: por cuestiones de materiales, no se realizó el cálculo con microesferas de pectina.

3.5.4 TAMAÑO DE LAS MICROESFERAS

Se realizaron mediciones de las microesferas para saber si el tamaño que estas presentaban variaba, se midieron 10 microesferas y se calculó la media.

Tabla 3 *Tamaño de las microesferas*

	Ancho (mm)	Largo (mm)
1	3.26	3.89
2	3.32	3.32
3	2.88	3.51
4	2.71	3.14
5	3.14	3.45
6	2.99	3.54
7	3.24	3.72
8	3.14	3.45
9	3.15	3.24
10	2.8	3.1
MEDIA	3.063	3.436

Las microesferas mostraron prácticamente el mismo tamaño. Por otro lado, notamos que las microesferas se forman de diferente tamaño dependiendo con que se gotee, si es jeringa depende mucho de la medida que esta tenga, en esta práctica se utilizó una jeringa de insulina.

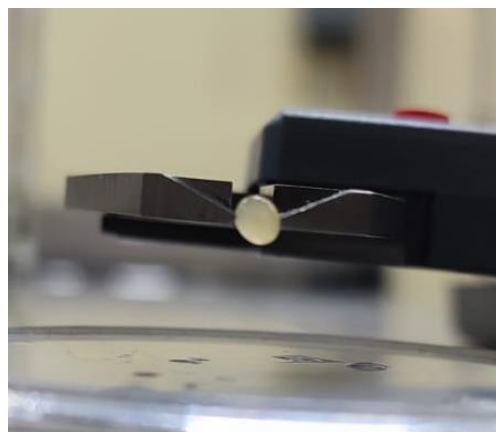


Figura 23 *Tamaño de las microesferas*

3.6 SECADO DEL MOLE COLORADITO OAXAQUEÑO

Cuando se realizó el secado del mole se apreció que durante las primeras 2 horas, el mole tenía formada una capa reseca y al momento de revolver el mole regresaba a la forma original, se vuelve a meter al horno y pasando otras 2 horas, el mole de nuevo tenía formada la capa reseca, se revolvió el mole volvía a tener la misma apariencia, pero se veía más espeso, volvimos a checar 2 horas después (6 horas TOTAL) notamos como el mole perdió humedad y ya se apreciaba más seco. Después de este tiempo notamos que al mole ya no se le formaba nada y lo dejamos 5 horas seguidas, se nota menos humedad, aunque el secado sea lento los cambios que ocurren son significativos. Lo volvimos a poner 2 horas más en la estufa de secado, para confirmar que ya no ocurrieran cambios y a simple vista se apreciaba el mole seco (Figura 24).



Figura 24 Secado del mole coloradito

3.6.1 MOLIENDA DEL MOLE COLORADITO

La molienda se hizo en dos partes, teniendo como resultado un mole con una humedad de 79% (Figura 25), pues como sabemos el mole contiene grasa y pues es difícil poder eliminar al 100% y por eso no quedo seco totalmente.



Figura 25 Molienda del mole coloradito

3.6.2 PREPARACIÓN DEL MOLE CON LAS MICROESFERAS

Se realizo 4 tratamientos con dos diferentes tipos de mole deshidratado, comercial y casero.

Las proporciones que se utilizaron para la elaboración fueron:

250 gramos ----- 2 tazas de agua (237 ml por taza)

5 gramos ----- 9.48 ml un equivalente de 9.5 ml a utilizar

TRATAMIENTOS:

- a) 5 gramos de mole deshidratado con 9.5 ml de agua hirviendo (Fig. 26).
- b) 5 gramos de mole deshidratado con 9.5 ml de agua hirviendo, mas 10 microesferas de alginato-extracto chile ancho (Fig. 26).

- c) 5 gramos de mole deshidratado comercial con 9.5 ml de agua hirviendo (Fig. 27).
- d) 5 gramos de mole deshidratado comercial con 9.5 ml de agua hirviendo, más 10 microesferas de alginato-extracto chile ancho (Fig. 27).

NOTA: Se observó como el proceso de hidratación del mole con agua hirviendo dio un resultado favorecedor, el mole mostraba una consistencia considerable a la del mole recién elaborado. Para el caso donde incorporamos las microesferas, se observó como estas no se destruyeron, ni con temperatura, ni esperando. Se concluyó que las microesferas son muy resistentes al calor y ahora se tendría que buscar un mecanismo para romper con la barrera que estas tienen.



Figura 26 Izquierda TRATAMIENTO 1, Derecha TRATAMIENTO 2



Figura 27 Izquierda TRATAMIENTO 3, Derecha TRATAMIENTO 4

3.6.3 MORFOLOGIA SUPEFICIAL POR MICROSCOPIA ELECTRONICA

DE BARRIDO

SEM Modelo JSM IT300-LV (JEOL, Japan), el equipo fue operado a 10 kV en alto vacío, usando un detector de electrones retrodispersados (BED-S). Para esta técnica se utilizó una Microesfera de Alginato con chile huacle y Quitosano con Cloruro de Calcio.

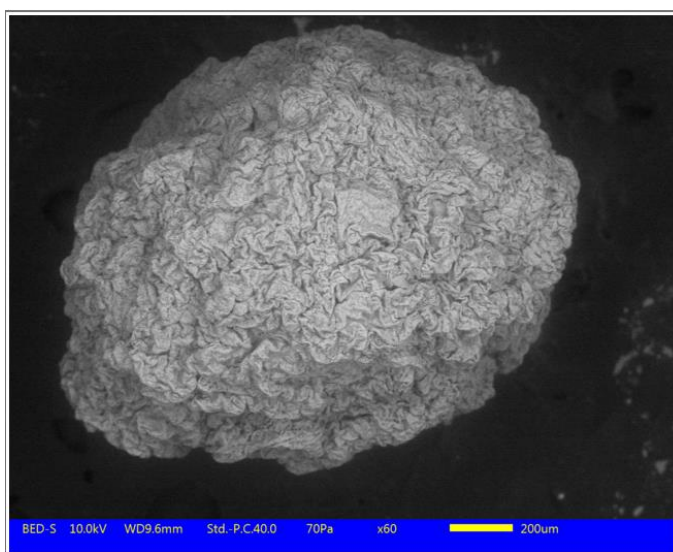


Figura 28 Morfología superficial de la microesfera

3.6.4 CARACTERIZACIÓN POR ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO POR TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)

La FTIR consiste en un método empleado para determinar las estructuras específicas de aquellas moléculas las cuales cumplan la característica base como lo es la absorción de la radiación infrarroja de acuerdo con la vibración molecular de la misma, ya que dicha característica es en realidad única para cada molécula en particular; es decir, se está en presencia de una propiedad física única, un único registro de identificación para la molécula. Es por esto que, la FTIR es considerada como una técnica funcional y potencialmente versátil, ya que a través de esta es posible el estudio y la determinación de cualquier tipo de muestra, indiferentemente del estado en que la misma se encuentre -líquidos, gel, gases, fibras, superficies, entre otros-; la misma **“es una técnica espectroscópica poderosa y versátil, que ofrece selectividad y especificidad. Por ello, se ha convertido en una herramienta muy útil para el análisis de innumerables sustancias en muestras complejas, sin la necesidad de tratamientos complejos previos a la muestra”** (López, 2022).

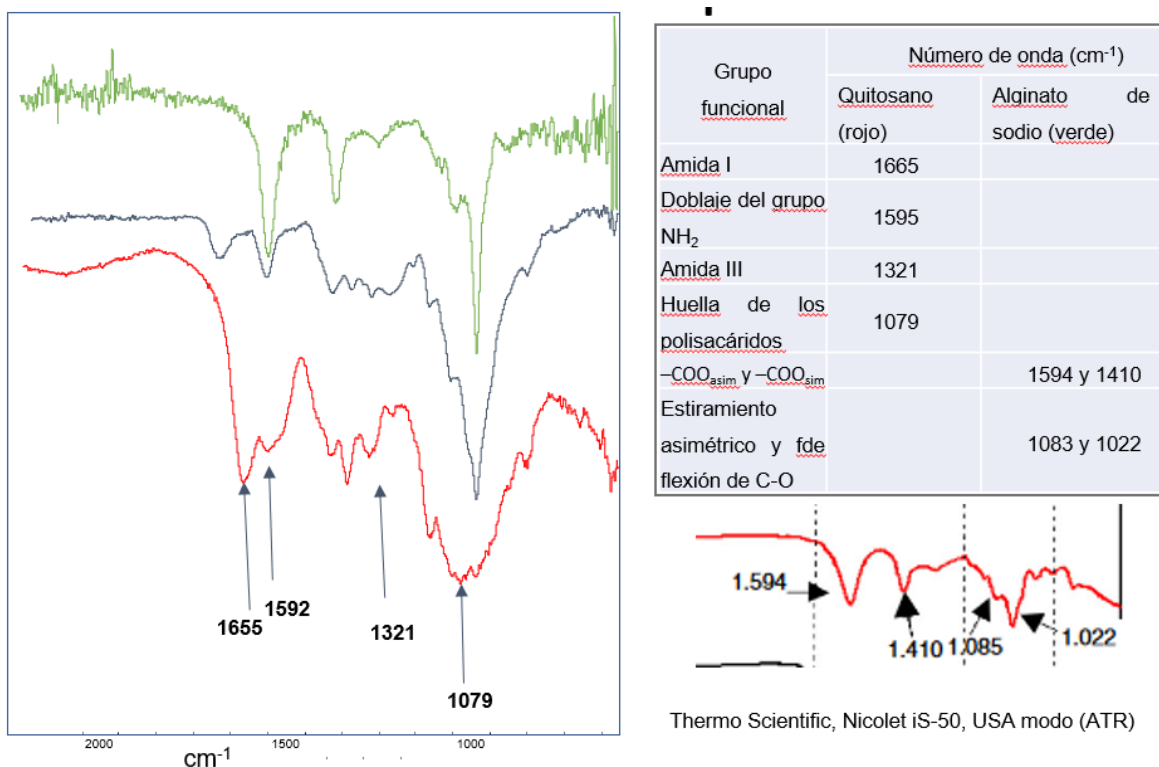


Figura 29 Caracterización por FTIR, creación propia

3.6.5 MICROESFERAS CONTRA INCREMENTO DE TEMPERATURA

Vamos a encontrar polímeros con diferentes estructuras, amorfos y cristalinos; los polímeros amorfos tienen una estructura de cadena aleatoria/desordenada. Por debajo de la T_g (transición vítrea), son duros y quebradizos. A medida que se aplica calor, comienzan a ablandarse gradualmente hasta un punto en el que se vuelven correosos/gomosos. Esta transición se denomina transición vítrea. Si se sigue aplicando calor, se funden gradualmente, y se pasa por la T_g hasta llegar a una temperatura en la que el polímero empieza a mostrar un flujo viscoso.

Los polímeros semicristalinos tienen regiones cristalinas altamente ordenadas junto con regiones amorfas. Sin embargo, en el caso de los materiales semicristalinos, una vez que las regiones amorfas han pasado por la T_g, las

regiones cristalinas permanecen muy ordenadas y estructuran el material bruto. Por ello, muchos materiales semicristalinos pueden utilizarse mucho más allá de su T_g .

La Fig. 28 muestra un estudio que realizamos a nuestros polímeros que obtuvimos, donde nos dice que nuestros polímeros son de las dos clases mencionadas anteriormente y que por más calor que le apliquemos nuestros polímeros cuentan con una barrera que no se puede romper tan fácilmente.

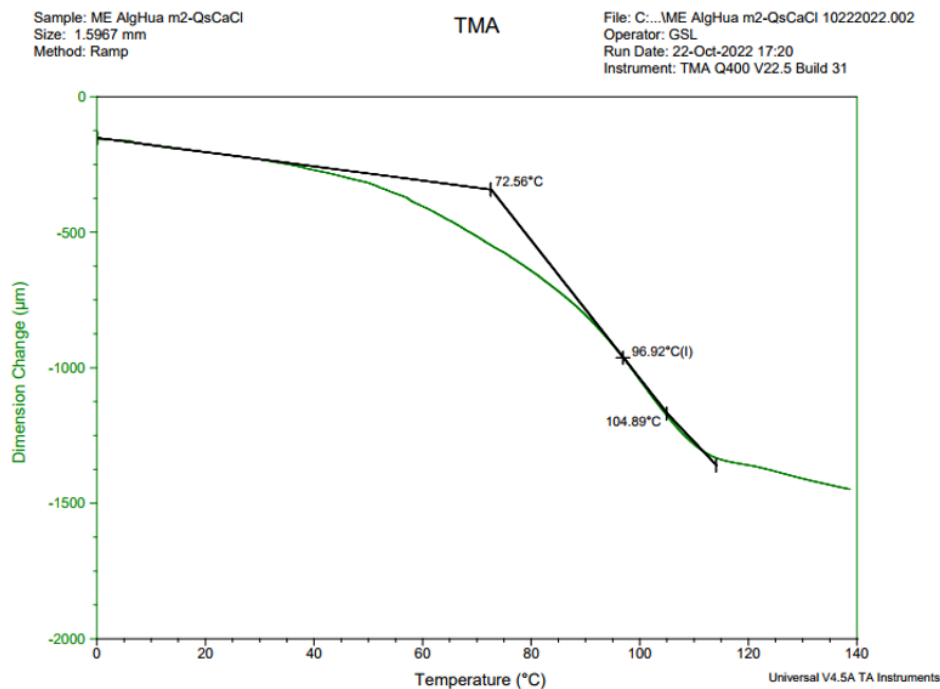


FIGURA 30 GRAFICA INCREMENTO DE TEMPERATURA

CAPITULO IV. CONCLUSIONES

Se extrajeron y cuantificaron los compuestos bioactivos de los chiles ancho y huacle utilizando solventes eutécticos, posteriormente se obtuvieron las microesferas formadas por gelificación ionotrópica de Alginato de Calcio y de Pectina con Cloruro de Calcio y Quitosano. Estas fueron realizadas con el extracto con b-carotenos en el interior y con una base protectora a base de los biopolímeros de tipo esférico. Se observó que por la caracterización de los componentes de las microesferas de Alginato de Calcio con Cloruro de Calcio y Quitosano mantienen su identidad química durante el proceso y presentan estabilidad a temperaturas de calentamiento del mole coloradito oaxaqueño.

CAPITULO VI. REFERENCIAS

- Aditivos Alimentarios. (2016). Obtenido de <https://www.aditivos-alimentarios.com/2016/01/E401.html>
- Aditivos Ingredientes. (s.f.). *Pectinas - propiedades funcionales y aplicaciones*. Obtenido de <https://aditivosingredientes.com/artigos/artigos-em-espanhol/pectinas-propiedades-funcionales-y-aplicaciones#:~:text=Las%20pectinas%20siempre%20fueron%20un,actuaci%C3%B3n%20como%20sustituta%20de%20grasa>.
- ADN40. (2 de Junio de 2022). *¿Fan del mole? Te decimos cuáles son los más tradicionales de Oaxaca*. Obtenido de <https://www.adn40.mx/mexico/mole-oaxaca-tradicionales-dps>
- ANUIES. (15 de Enero de 2015). *Analizan la diversidad de carotenoides en los chiles*. Obtenido de <http://www.anui.es.mx/noticias/analizan-la-diversidad-de-carotenoides-en-los-chiles#:~:text=%C3%89stos%20tienen%20alrededor%20de%20una,violaxantina%20seguido%20del%20beta%20caroteno>.
- ASTM. (s.f.). *Standard Guide for Exposing and Testing Plastics that Degrade in the Environment by a Combination of Oxidation and Biodegradation*. Obtenido de DOI: 10.1520/D6954-18
- Castellanos, J. C. (23 de Noviembre de 2021). *EL ORIGEN DEL MOLE OAXAQUEÑO*. Obtenido de <https://webcamsdemexico.com/gastronomia/el-origen-del-mole-oaxaquenol>
- Ceupe. (s.f.). *La deshidratación de los alimentos*. Obtenido de <https://www.ceupe.com/blog/la-deshidratacion-de-los-alimentos.html>
- Cocinista. (s.f.). *Alginato*. Obtenido de <https://www.cocinista.es/web/es/enciclopedia-cocinista/ingredientes-modernos/alginate.html>
- Fideicomiso de riesgo compartido. (11 de Septiembre de 2017). *Chile, producto tradicional de la gastronomía mexicana*. Obtenido de <https://www.gob.mx/firco/articulos/chile-producto-tradicional-de-la-gastronomia-mexicana?idiom=es>
- Gastronomia. (15 de Diciembre de 2021). *Disfruta el mole de Oaxaca y saborea su historia*. Obtenido de <https://xaca.mx/disfruta-el-mole-de-oaxaca-y-saborea-su-historia/>

- Gottau, G. (18 de Abril de 2019). *Carotenos: qué son, cuáles son sus funciones y cómo incluirlos en tus platos*. Obtenido de <https://www.directoalpaladar.com/salud/carotenos-que-cuales-sus-funciones-como-incluirlos-tus-platos>
- Gourmet de Mexico. (1 de Febrero de 2019). *Chile huacle: orgullo oaxaqueño*. Obtenido de <https://gourmetdemexico.com.mx/gourmet/cultura/chile-huacle-orgullo-oaxaqueno/>
- HENDRIX&DAIL. (s.f.). *QUÉ ES EL QUITOSANO Y PARA QUÉ SE USA*. Obtenido de <https://hendrixcentroamerica.com/quitosano-usos/>
- InfoAgro. (26 de Marzo de 2020). *CHILES; VARIEDADES Y SUS ENEMIGOS*. Obtenido de <https://mexico.infoagro.com/chiles-variedades-y-sus-enemigos/>
- J., P. P. (14 de Noviembre de 2018). *DEFINICIÓN DE*. Obtenido de <https://definicion.de/extraccion/#:~:text=El%20vocablo%20extractio%2C%20del%20lat%C3%ADn,%3A%20quitar%2C%20extirpar%2C%20eliminar.>
- K. G. Espinosa-Cavazos, A. S.-G.-F. (6 de Febrero de 2020). *Películas de quitosano propiedades y aplicaciones*. Obtenido de <file:///C:/Users/anana/Downloads/377418-Other-545218-1-10-20201210.pdf>
- Larousse cocina. (s.f.). *Chile chilhuacle*. Obtenido de <https://laroussecocina.mx/palabra/chile-chilhuacle/>
- Los pacos Oaxaca. (s.f.). *Chile Chilhuacle Ingrediente Principal Del Mole Oaxaqueño En Peligro De Extinción*. Obtenido de <https://lospacosoaxaca.com/chile-chilhuacle-ingrediente-principal-del-mole-oaxaqueno-en-peligro-de-extincion/>
- Martinez, M. (13 de Junio de 2019). *Mexico en mi cocina*. Obtenido de Tipos de chiles secos: <https://www.mexicoenmicocina.com/tipos-de-chiles-secos/>
- Mezcalero, C. (19 de Junio de 2019). *MOLE COLORADITO*. Obtenido de <https://www.elsabordeoaxaca.com.mx/mole-coloradito/>
- Molina, A. B. (Agosto de 2020). *Biopolímeros como sistemas de bioencapsulación*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/343452469_Biopolimeros_como_sistemas_de_bioencapsulacion
- Nutrición, Salud. (9 de Junio de 2021). *Carotenos: ¿qué son y cuáles son sus beneficios?* Obtenido de <https://ienutricion.com/carotenos-que-son-y-cuales-son-sus->

beneficios/#:~:text=Los%20carotenos%20son%20pigmentos%20sintetizado s,anaranjado%2C%20amarillo%20o%20verde%20oscuro.

Perez Porto, J. G. (14 de Noviembre de 2018). Obtenido de <https://definicion.de/extraccion/#:~:text=El%20vocablo%20extractio%2C%20del%20lat%C3%ADn,%3A%20quitar%2C%20extirpar%2C%20eliminar.>

Piloncillo y vainilla. (s.f.). Obtenido de <https://www.piloncilloyvainilla.com/cooking-with-dried-ancho-chile-peppers/>

Química y sostenibilidad. (6 de Abril de 2022). *¿QUÉ SON LOS BIOPOLÍMEROS Y PARA QUÉ SE UTILIZAN EN LA INDUSTRIA?* Obtenido de <https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/que-son-los-biopolimeros/>

Quitoquímica. (s.f.). *Qué es el Quitosano.* Obtenido de <https://www.quitoquimica.cl/que-es-el-quitosano/>

Salsas picantes. (s.f.). Obtenido de <https://salsaspicantes.net/chile-ancho/>

SILVATEAM. (s.f.). *Pectina.* Obtenido de <https://www.silvateam.com/es/productos-y-servicios/aditivos-alimentarios/pectina.html>