

32  
22



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

Facultad de Química

**ESTUDIO DEL CONTENIDO DE PIGMENTOS NATURALES EN  
ALGUNOS CHILES MEXICANOS Y SU POSIBLE APLICACION  
EN LOS ALIMENTOS**

**TESIS CON  
VALOR DE GRADUACION**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:

**QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO**

**P R E S E N T A :**

**ANA LAURA CASCO VAZQUEZ**



México, D. F.



1990



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

- Capítulo I	
Objetivos.....	2
- Capítulo II	
Introducción.....	4
- Capítulo III	
Generalidades.....	7
Antecedentes Históricos.....	7
Situación del Cultivo de Chile en México.....	8
Estadística de Producción de Chile.....	10
Clasificación del Chile.....	12
Composición Química General del Chile.....	14
Colorantes.....	15
Pigmentos.....	23
Pigmentos Carotenoides del Chile.....	28
- Capítulo IV	
Desarrollo Experimental.....	37
Determinación de Humedad.....	38
Extracción de la Oleoresina.....	40
Determinación del Color de la	
Oleoresina de Capsicum.....	42

- Capítulo V	
Resultados.....	46
Determinación del % de Humedad.....	46
% de Oleoresina Extraída.....	46
Determinación del Color de la	
Oleoresina de Capsicum.....	47
Espectro de Absorción de las Oleoresinas....	48
Caracterización Sensorial.....	51
- Capítulo VI	
Análisis de Costos.....	65
- Capítulo VII	
Discusión de Resultados.....	69
- Capítulo VIII	
Conclusiones.....	78
- Capítulo IX	
Bibliografía.....	81

## CAPITULO I

### OBJETIVOS

## OBJETIVOS

- Efectuar la determinación del contenido de pigmentos naturales que se encuentran presentes en diferentes variedades de Chiles Mexicanos.
- Realizar la caracterización sensorial y funcional de dichos pigmentos naturales, para determinar cual es la factibilidad de aplicarlo en un alimento en el que se use típicamente.
- Establecer cual sería el costo de estos pigmentos naturales, comparandolo con alguno disponible comercialmente.
- Definir en que nivel se encuentra la actividad industrial referente a este campo en México y por ende determinar cual sería la demanda que se pudiera tener de estos colorantes.

## CAPITULO II

### INTRODUCCION

## INTRODUCCION

El presente tema de tesis tiene como fin lograr la separación de los pigmentos naturales que están presentes en las diversas variedades de chiles que existen en nuestro país.

La generalidad de las determinaciones que se han realizado en diferentes variedades de chile han tenido por objeto la extracción de la capsaicina de la oleoresina del chile, que es el principio pungente de las variedades del genero "Capsicum"; dejandose un poco de lado la separación de los pigmentos que dan color a dicha oleoresina.

La contribución que se pretende hacer al estudiar los pigmentos de la oleoresina del chile podría ser de importancia para la industria que maneja y comercializa los colorantes, ya que en la actualidad el uso de estos productos, los cuales provienen de fuentes naturales o sintéticas, ha tenido una gran expansión; lo que probablemente se debe a que los consumidores antes de tomar la decisión de ingerir un alimento, cada vez más tienen en cuenta su aspecto visual y especialmente su color; la sensación que la persona experimenta al percibir el color influye sobre su reacción ante el alimento, rechazandolo o aceptandolo sin considerar otras posibles características. Lo que da lugar a pensar que el color



tiene gran importancia en el ambito de la tecnología de alimentos proporcionandole al alimento características que influyen en la aceptación del mismo por el consumidor.

México esta considerado dentro del grupo de países que producen una gran cantidad de toneladas de chile anualmente. Actualmente el uso más amplio que se hace de las diferentes variedades de chile es como condimento en la preparación de diversos alimentos, en medicina como tónico, carminativo y estimulante.

## CAPITULO III

### GENERALIDADES

Antecedentes Históricos

El chile es originario de América Central y Meridional, donde ya era cultivado en tiempos precolombinos. El chile tiene una larga tradición cultural en México; hay restos arqueológicos de este cultivo fechados entre 7,000 y 5,000 A.C. (1).

Se ha especulado que el chile pudo haber sido el primer cultivo domesticado en Mesoamérica; al menos, es posible afirmar, que ha sido un ingrediente obligado en la comida mexicana desde hace miles de años. Aunque es un material perecedero y no tiene buena conservación, en varios sitios arqueológicos se han encontrado evidencias de la existencia del chile en la época prehispánica como semillas carbonizadas o fragmentos de semillas.

Su importancia como condimento en esa época ha quedado confirmada por los escritos de los españoles del siglo XVI; el capsicum representó una novedad gastronómica para ellos y varios lo mencionaron en sus obras.

El chile fue un importante objeto de tributo antes y

después de la conquista; además de utilizarlo en la alimentación se usaba también combinado con otras plantas medicinales, para las inflamaciones gástricas, la dispepsia e incluso contra hemorragias. Introducido en Europa adquirió gran importancia como planta hortícola. (1,2)

### Situación Actual del Cultivo de Chile en México

En México el chile se cultiva y usa como alimento en la dieta diaria de la población; en el país se cultivan diferentes tipos de chiles que tienen forma, tamaño, color y sabor muy diversos.

Dada la gran diversidad de tipos de chiles cultivados y silvestres que hay en México y los diversos usos que se da a los frutos, ya sea como alimento directo o procesados en salsas, polvo o encurtido, la importancia económica de este cultivo es evidente por su amplia distribución y uso que tiene en todo el país. Se pueden diferenciar regiones especializadas en la producción comercial de ciertos tipos de chile, tales como: la región del Golfo donde se cultivan serranos y jalapeños; la región del Bajío donde se cultivan anchos, mulatos y pasillas; la región de la

Mesa Central donde se cultivan poblanos, miahuatecos y carricillos; la región del Pacífico Norte en donde se cultivan los chiles de exportación como dulce o bell, anaheim, caribe, fresno; la región del Norte en donde se cultivan mirasol, anchos y jalapeños, y la región del Sur, en donde se cultivan jalapeños, costeños y habaneros.

El cultivo de chile cumple una función socioeconómica importante para el país; por ser un cultivo hortícola intensivo, requiere de muchos cuidados en todas las etapas de su desarrollo vegetativo. El cultivo de chile se siembra como cultivo único en 90% del área sembrada el otro 10% se siembra como cultivo asociado, preferentemente con maíz y frijol.

Debido a que el producto es altamente perecedero, el valor de la producción es fuertemente determinado por la ley de la oferta y la demanda, exceptuando los chiles deshidratados los cuales tienen precios más o menos estables.

En México el chile es consumido en gran proporción, ya sea en forma fresca o seca para la preparación de diversos platillos, se usa ampliamente como sazónador debido a su atractivo color y a su marcada pungencia, características organolépticas que continúan presentes en las oleoresinas.

Una variedad de origen mexicano se cultiva actualmente en diferentes partes del mundo como España, donde recibe el nombre de pimiento, es de color rojo y sabor dulce; en Hungría se le conoce con el nombre de paprika, teniendo las mismas características que en España. (1,2,3,4)

#### ESTADISTICA DE PRODUCCION DE CHILE VERDE EN MEXICO

Año	Superf. Ha.	Prod. ton.	Comercio Ext.		Consumo	
			Imp. ton.	Exp. ton.	Nal. ton.	Percapita Kg.
1975	40,189	273,149	-	12,405	260,744	4.352
1976	40,246	338,930	-	17,518	321,412	5.200
1977	49,821	481,682	-	8,340	473,342	7.431
1978	55,911	531,286	-	11,763	519,523	7.920
1979	55,361	472,303	-	15,942	456,361	6.763
1980	42,010	357,078	-	15,601	341,477	4.924
1981	45,398	-	-	14,366	390,430	5.482
1982	66,292	-	-	1,111	552,946	7.560
1983	48,471	-	-	-	-	-

ESTADISTICA DE PRODUCCION DE CHILE SECO EN MEXICO

Año	Superf. Ha.	Prod. ton.	Comercio Ext.		Consumo	
			Imp. ton.	Ext. ton.	Nal. ton.	Per capita kg.
1975	26,226	29,300	78	1,920	27,458	0.458
1976	25,800	29,132	49	573	28,608	0.463
1977	35,513	37,486	118	589	37,009	0.581
1978	36,896	41,439	165	1,394	40,210	0.613
1979	28,348	33,578	214	1,536	18,462	0.274
1980	28,204	35,286	125	827	34,584	0.499
1981	24,250	28,727	-	-	-	-

ESTADISTICA DE RENTABILIDAD DEL CHILE EN MEXICO

AÑO	Peso/ Ha. cosechada
1925	449
1935	437
1945	1,382
1955	1,976
1965	4,988
1975	18,727
1978	41,516
1980	52,986
1981	90,657
1982	130,519

( Ref. 5)

## Clasificación

En principio se pueden clasificar en dos grupos:  
dulces y picantes:

**Dulces:** Estos suelen comersa crudos, en ensalada o cocinados de diversas formas, tanto maduros como recogidos antes de la madurez.

**Picantes:** Son propios para aperitivos, en crudo o encurtidos, son moderadamente pequeños y se usan para enlatar, en la preparación de paprika y de salsa picante, además de que entran en la composición de muchos linimentos rubefacientes. (6)

De acuerdo con sus características también se pueden clasificar en:

- *Capsicum annum*: Esta especie se cultiva en casi todo el país, la planta alcanza una altura de 50 a 100 cm., puede presentar pubescencia y su corola es de color blanco con 5 a 6 pétalos.

Las principales variedades del chile cultivado en México de esta especie son: ancho, arribeño, bolita, carricillo, cascabel, cora, costeño, chilaca, guajillo, guajón, huachinango, jalapeño, mulato, pasilla, piquín o chilepiquín,



serrano, tamarindo, totonilco, zonteco y otros de menor importancia. Dentro de las variedades que se introducen de E.U. y se cultivan en nuestro país están: california wonder, yolo wonder, florida giant, pimiento, paprika, anaheim, fresco caribe y floral gem.

- *Capsicum frutescens*: La planta puede medir de 50 a 100 cm. de altura aunque en algunas ocasiones puede alcanzar los 200 cm.; tiene ramas numerosas con estriás de color púrpura, es pubescente con corola blanca verdosa o amarillenta.

Los chiles que pertenecen a esta especie son chile de árbol, chile tabasco y el chile de huerto; son de color verde antes de madurar y se tornan rojos conforme avanza la madurez, aumentando además su picor.

- *Capsicum pubescens*: La planta es pubescente, crece en forma de arbusto y llega a tener alturas mayores a los 200 cm. Su principal característica es el color morado de sus corolas y sus semillas grandes y negras; el fruto es de forma globular.

Los ejemplos de chiles que constituyen esta especie son: chile perón, manzano, canario, cera y otros; el color de este chile cuando está tierno es verde y dependiendo del tipo de chile de que se trate, al madurar va a ser amarillo o rojo. (7,8)

## Composición Química General del Chile

- Carbohidratos	54.66 - 56.63 g/100 g
- Lípidos (ac. grasos saturados: monoinsaturados y polinsaturados, esteroides).	12.95 - 17.27 g/100 g
- Proteínas (todos los aa. esenciales). N * 6.25	12.01 - 14.76 g/100 g
- Fibra	20.69 - 24.88 g/100 g
- Agua	7.79 - 9.54 g/100 g
- Cenizas	6.04 - 8.53 g/100 g
- Vitamina A	4,161 - 60,604 U.I.
- Vitamina C	0.256 g/100 g
- Carotenoides	0.41 - 0.55 %
- Principios pungentes	
en chiles	0.001 - 0.85 %
en oleoresina	0.59 - 29.45 %
- Minerales	
Ca	0.099 g/100 g
Fe	0.013 g/100 g
P	0.281 g/100 g

## COLORANTES

Los colorantes suelen ser compuestos orgánicos que sirven para dar color a diversas sustancias, entre otras fibras animales, vegetales o sintéticas y productos similares. El colorante puede formar una combinación química con la sustancia que se tinte; o bien unirse a este físicamente.

Un compuesto orgánico se ve de color cuando absorbe luz de una o más frecuencias en la región visible de 4,000 a 7,500 Å de longitud de onda. Según la teoría clásica de Witt acerca de los colores, los grupos que producen color en un compuesto orgánico se llaman cromóforos, y otros grupos que modifican el color producido por estos cromóforos y que en muchos casos dan a la molécula afinidad por las fibras se denominan auxocromos. La teoría moderna, por lo general se basa en el concepto de resonancia, atribuyéndose a un cromóforo que esta en la molécula la absorción intensa de la luz y la posibilidad de resonancia entre dos o más estructuras equivalentes, lo que de ordinario se logra o intensifica por medio de la introducción de auxocromos. (10)

Se entiende por colorante, la sustancia obtenida de los vegetales, animales o minerales, o por síntesis; empleada para impartir o acentuar el color; en alimentos y bebidas,

comprende los siguientes:

- 1) Colorantes orgánicos sintéticos
- 2) Colorantes orgánicos naturales; que pueden ser de origen vegetal o animal, y
- 3) Colores inorgánicos que pueden ser de origen sintético o mineral. (27)

### Colorantes Sintéticos

Los colorantes orgánicos sintéticos son los más usuales: estos compuestos químicos se conocen con el nombre de colores certificados. Son derivados del alquitrán de hulla y pertenecen a las clases de colorantes "azoicos, nitrosados, indigoides, de xanteno, quinolina, tiazina, etc.", estos colorantes son inofensivos cuando se usan en las cantidades prescritas y en la forma acostumbrada. (10)

En México el uso de colorantes sintéticos se realiza, acatando las disposiciones de la Secretaría de Salud, la cual norma su criterio en base a las disposiciones de la FDA.

Los colorantes orgánicos sintéticos o colorantes artificiales permitidos en nuestro país, de acuerdo al reglamento de aditivos para alimentos; publicado en el Diario

Oficial de enero de 1988 son:

- Amarillo No. 5 (Tartrazina) Color Index (CI) No. 19140
- Azul No. 1 (Azul Brillante FCF) CI No. 42090
- Azul No. 2 (Indigotina) CI No. 73015
- Rojo cítrico No. 2 (Permitido para colorear corteza de naranja) CI No. 12156
- Rojo No. 3 (Eritrosina) CI No. 45430
- Rojo No. 40 (6-hidróxi 5-[(2-metóxi -5metil- 4sulfofenil) -azo] 2-naftalensulfonato disódico)
- Verde No. 3 (Verde Firme FCF) CI No. 42053
- Otros que determine la secretaria

Los colorantes orgánicos minerales y minerales permitidos son los siguientes:

- Gluconato Ferroso
- Dióxido de Titánio

(Ref. 27)

En los EE.UU. el uso de colorantes sintéticos ha estado bajo la inspección del gobierno desde hace mucho tiempo. Tal es el caso de los colorantes derivados del Alquitrán de hulla cuyo uso fué legalizado desde 1886; aunque fué hasta julio de 1907 cuando se establecieron los colores certificados; siendo los permitidos tonos rojos: amaranto, ponceau 3R, eritrocina; tono anaranjado: anaranjado I; tono amarillo:

amarillo de naftol S; tono verde: verde claro SF amarillento; tono azul: ácido indigodisulfónico. Para colorear productos alimenticios grasos, el primer color utilizado fue la tartrazina y los siguientes fueron Sudán I y Amarillo de Mantequilla (retirados después los dos). (10)

El 25 de junio de 1938 aprobó el congreso una nueva ley sobre alimentos, medicamentos y cosméticos que entro en vigor en 1940; decretandose que se requeria una lista de los colores inocuos como prueba de que estos aditivos en realidad no eran dañinos. La lista de colores para productos alimenticios llamados actualmente colores FD&C, aumento a dieciocho; la segunda lista, la de los colores D&C, certificados para usarlos en medicamentos y cosméticos pero no en alimentos, comprende materias colorantes que son inocuas en contacto con las membranas mucosas y por ingestión no continuada. Hay catorce colores primarios solubles en agua certificados para alimentos; los más usados son: azul FD&C No.1; verde FD&C No.2; anaranjado FD&C No.1; rojos FD&C No.1, 2, 3 y 4; amarillo FD&C No.5 y 6. En 1949 se designo un comite para investigar los nuevos usos de aditivos en alimentos y cosméticos; el comite en su informe reporto las enfermedades que resultaron por el uso excesivo de ciertos colorantes y también sugirieron a la FDA una revisión periódica de todos los colores certificados. En 1960 se creó la Colour Additive

Amendment la cual permite el uso de los colores en los nivel de seguridad y responsabiliza al fabricante de la buena calidad de los colores elaborados. (10,11,13)

Historia cronológica de los colores sintéticos en EE.UU.

AÑO DE ACEPTACION	NOMBRE COMUN	NUMERO DE LA F.D.A.	AÑO DE RECHAZO	ACTUALMENTE PERMITIDO
1907	Ponceau 3R	Red No.1	1961	no
1907	Amaranth	Red No.2	1976	no
1907	Erythrosine	Red No.3	--	si
1907	Orange I	Orange No.1	1956	no
1907	Naphtol Yellow S	Yellow No.1	1959	no
1907	Light Green SF yellowish	Green No.2	1966	no
1907	Indigotine	Blue No.2	--	si
1916	Tartrazine	Yellow No.5	--	si
1918	Sudan I	--	1918	no
1918	Butter Yellow	--	1918	no
1916	Yellow AB	Yellow No.3	1959	no
1918	Yellow OB	Yellow No.4	1959	no
1922	Guinea Green FCF	Green No.1	1966	no
1927	Fast Green FCF	Green No.3	--	si
1929	Ponceau SX	Red No.4	1976	no
1929	Sunet Yellow FCF	Yellow No.6	--	si
1929	Brilliant Blue FCF	Blue No.1	--	si
1939	Naphtol Yellow S (K Salt)	Yellow No.2	1959	no
1939	Orange SS	Orange No.2	1956	no
1939	Oil Red XD	Red No.32	1956	no
1950	Benzyl Violet 4B	Violet No.1	1974	no
1959	Citrus Red No. 2	Citrus Red No.2	--	si
1965	Orange B	Orange B	1979	no
1971	Red No. 40	Red No.40	--	si

(Ref. 12)

Existe en el mundo cierto grado de incertidumbre, en cuanto a la completa inocuidad de estos colorantes, debido esto, a informes que ponen en relieve un posible efecto cancerígeno teratológico o de índole patológico diverso. Hoy en día, una considerable proporción de los fondos asignados a la investigación son destinados a la obtención de nuevos colorantes de origen vegetal que por sus características naturales, no obstante sus limitaciones operativas, aventajan a los sintéticos por las razones antes mencionadas.

#### Colorantes Naturales:

El reglamento de aditivos para alimentos establecido por la Secretaría de Salud en México; indica que los colorantes orgánicos naturales permitidos son:

- Aceite de zanahoria (*Dacus carota*, L)
- Achiote, annato (extracto de semillas de *Bixa orellana*)
- Azafrán (estigmas de *Crocus sativus*, L)
- Beta-apo-8 carotenal
- Betabel deshidratado
- Beta-caroteno
- Clorofila
- Cochinilla (extracto de *Coccus cacti*, L. o carmin)



- Cúrcuma (polvo y oleoresina de rizoma de Cúrcuma longa)
- Extracto de tegumento de uva (Enocianina)
- Harina semilla de algodón, cocida, tostada y parcialmente desgrasada
- Jugo de frutas
- Jugo de vegetales
- Pimiento
- Pimiento oleoresina
- Riboflavina
- Xantofilas; flavoxantina, rubixantina, zeaxantina y los productos naturales que las contengan
- Otros que determina la secretaría

(Ref. 27)

Las materias colorantes naturales y los pigmentos inorgánicos naturales no caen bajo la jurisdicción de la Ley Federal sobre alimentos, medicamentos y cosméticos de 1938 y no es necesario la aprobación para su uso. Es el usuario a quien incumbe comprobar la pureza de esos colores, que pueden comprarse a fabricantes que garantizan la pureza y la uniformidad de sus productos. (11,13).

Código de Regulaciones Federales en EE.UU.

Lista de Colorantes Exentos de Certificación

Usados en Alimentos

Extracto de Annatto  
Remolacha Deshidratada (polvo de remolacha)  
Azul Ultramarino  
Cantaxantina  
Caramelo  
Beta-Apo-8'-carotenol  
Beta-Caroteno  
Extracto de Cochinilla: Carmine  
Gluconato Ferroso  
Extracto del Ollejo de Uva (enocianina)  
Óxido de Hierro Sintético  
Jugo de Frutas  
Jugo de Vegetales  
Harina de Alga Seca  
Aceite de Zanahoria  
Aceite del Endospermo del Maíz  
Paprika  
Oleoresina de Paprika  
Riboflavina  
Azafrán  
Dióxido de Titánio  
Cúrcuma  
Oleoresina de Cúrcuma

(Ref. 12)

Tanto el reglamento de aditivos para alimentos como el código de regulaciones federales de EE.UU. contemplan a la oleoresina de pimiento o de paprika como un colorante natural permitido. Por lo que teniendo en cuenta que tanto el pimiento o paprika como los chiles con los que se realizó este trabajo pertenecen a la misma especie (*Capsicum annum*); se puede pensar que la oleoresina obtenida podría estar dentro de los colorantes naturales permitidos.

## PIGMENTOS

Los pigmentos son compuestos químicos que estimulan la retina del ojo humano y dan sensación de color; en otras palabras dan un color característico. En general, hay dos clases de pigmentos:

- |  |  |
|--|--|
| 1.- Los que se encuentran en los plástidos | { Clorofila<br>Caroteno<br>Xantofila<br>Licopeno |
| 2.- Los que forman parte de la savia       | { Antocianinas<br>Antoxantinas                   |

### Clorofila:

La clorofila es el pigmento verde de las plantas superiores. De hecho, consta de dos pigmentos la clorofila "a" y la "b". En ambos pigmentos el magnesio es el centro de la molécula, habiendo en su interior anillos pirrólicos que contienen nitrógeno.

## Carotenoides:

### Definición:

De acuerdo con la definición propuesta por Karrer los carotenoides están formados por pigmentos amarillos y rojos con estructura alifática y alicíclica; la estructura básica está representada por el "licopeno" que forma los pigmentos rojos del tomate y chile; todos los carotenoides pertenecen a la clase de los polienos, o sea, que son largas cadenas con dobles ligaduras conjugadas, además de que su naturaleza es isoprenica. Los carotenoides poseen un esqueleto bilateralmente simétrico de cuarenta átomos de carbono, usualmente formado por ocho grupos isopreno eslabonados con dos grupos metilo. (16)

Se sabe de la existencia de aproximadamente trecientos carotenoides, los cuales cuentan con una estructura parecida a la del compuesto principal (licopeno), las diferencias que presentan estos se deben a cambios químicos como migración del doble enlace, introducción de un grupo hidróxilo, ceto o metóxilo, hidrogenación parcial, ciclización, degradación oxidativa o isomerización.

### Nomenclatura:

Dentro de los carotenoides existen subgrupos: los carotenos, los cuales incluyen todos los carotenoides

hidrocarburos; y las xantofilas que son derivados oxigenados de los carotenos que incluyen a los hidróxi, epóxi y óxiderivados. El nombre que recibe un carotenoides se va a deber a su descubridor, a alguna propiedad especial o a la fuente de donde fue extraído.

Los carotenoides se subdividen en alicíclicos, monocíclicos y bicíclicos, representados respectivamente por el "licopeno", "gama caroteno" y "beta caroteno". Es importante también el uso de prefijos como "neo" que designa los estereoisómeros de carotenoides que contienen una configuración cis en la cadena de doble enlace, el prefijo "pro" que designa a los carotenoides poli-cis y el prefijo "apo" que designa a los carotenoides que derivan de otros carotenoides que han perdido elementos estructurales por degradación.

#### Propiedades Físicas:

Los carotenoides cristalizan en varias formas, el color del cristal varia desde un rojo fuerte hasta violeta casi blanco. El punto de fusión es alto y tiende a aumentar cuando el peso molecular y los grupos funcionales aumentan; debido a que este sistema tiene dobles enlaces conjugados el material cristalino es muy sensible a la descomposición oxidativa por exposición al aire, los cristales por lo tanto deben almacenarse a bajas temperaturas en contenedores herméticos con

vácuo y gas inerte.

Los carotenoides son insolubles en agua, poco solubles en aceite vegetal, moderadamente solubles en hidrocarburos alifáticos y aromáticos y muy solubles en cloroformo. Cuando se suspenden o disuelven en aceite vegetal, la estabilidad es adecuada para el uso práctico en la coloración de alimentos; la solubilidad en aceites vegetales puede aumentar dramáticamente con el calentamiento y aunque la cristalización ocurre en frío, esta propiedad puede ponerse en práctica en la preparación y coloración de ciertos alimentos. El uso en alimentos como antióxidantes dan además un mejoramiento en la estabilidad. (15, 16, 17)

#### Localización en la Naturaleza:

El estado físico de los carotenoides en la naturaleza varia según la fuente. Los carotenoides se encuentran en solución en la fase lipídica, en dispersiones coloidales con los lípidos, o en los plástidos combinados con las proteínas en la fase acuosa. Los carotenoides estan en las flores, raíces, frutos, algas, bacterias, peces, tejido animal rico en grasa, etc.

Los carotenoides se pueden extraer por maceración del tejido, desnaturalización de las proteínas y la extracción

con solventes orgánicos. Varios carotenoides se pueden separar con una columna cromatográfica y ensayar espectrofotométricamente. (16)

#### Función en la Naturaleza:

Los carotenoides juegan varios papeles vitales en la economía de las plantas, son de interés en la fotosíntesis, el valor nutricional de los carotenoides en el reino animal es de gran importancia.

De los más de trescientos carotenoides solo seis o siete tienen actividad de provitamina "A", por lo que no es correcto considerar dicha actividad como una propiedad de los carotenoides; desde el punto de vista nutricional el "beta-caroteno" es el carotenoide más importante, en lo concerniente a la cadena carbonada, el "beta-caroteno" consiste en dos moléculas de vitamina "A" unidas cola a cola; teniendo en consecuencia dos anillos de "beta-ionona" la cual es esencial en la actividad de la provitamina "A". El "beta-caroteno" se transforma en vitamina "A" mediante la ayuda de enzimas presentes en la mucosa intestinal de los animales.

El isómero cis del "beta-caroteno", tiene una actividad de provitamina "A" algo inferior a la del isómero trans. La vitamina "A", como tal, no se encuentra en las

plantas, levaduras, hongos o bacterias, y el animal herbívoro solo la obtiene a partir de sus precursores, los carotenos. Teóricamente, una molécula de "beta-caroteno" debería de producir en el organismo animal, dos moléculas de vitamina "A" sin embargo, la eficiencia resulta ser algo menor. Los carotenoides con un anillo abierto de ionona sólo producirán la mitad de vitamina "A", y aquellos que no tengan anillos de ionona, como es el caso del licopeno, no tendrán actividad como vitamina "A". Otros carotenoides con actividad de provitamina "A" incluyen a la "beta-apo-8'-carotenol", "alfa-caroteno" y "criptoxantina".(14,16)

#### Antocianinas y Antoxantinas:

Las antocianinas producen el color rojo, azul y púrpura de muchas flores, frutas y hortalizas; las antoxantinas son causantes de los colores amarillos y marfil. Estos compuestos son algo complejos en su constitución química y contienen otros grupos, como una o dos moléculas de azúcar en su estructura molecular; por lo que los azúcares son necesarios para su formación.

#### Pigmentos Carotenoides del Chile

Los chiles rojos tienen una mezcla compleja de carotenoides. La intensidad de color del Capsicum, factor de



calidad esencial en este producto, depende de su contenido en carotenoides especialmente capsantino y capsarubeno; durante el almacenamiento los carotenoides pueden ser óxidados lo que provoca la pérdida de intensidad del color. Los triglicéridos particularmente el linoleico es susceptible de auto-oxidarse contribuyendo así a reducir la estabilidad del color. (15)

Los carotenoides de la paprika han recibido extensiva atención. Los primeros estudios de la composición en carotenoides del pimiento "Capsicum annum", se deben a Zechmeister y Cholnoky, quienes en 1927, aislaron del pericarpio un polvo rojo cristalino, determinaron su fórmula, el punto de fusión y su solubilidad siendo soluble en cloroformo y acetona. A este pigmento lo denominaron capsantina. En este mismo año, y en un trabajo posterior indican la presencia en el pimiento de un colorante amarillo que identifican como caroteno. Para lograr la separación de los pigmentos del chile Zechmeister y Cholnoky ensayaron la separación por cromatografía en columna, utilizando el carbonato cálcico como adsorbente. Por este procedimiento los autores aislan e identifican en el pericarpio de "Capsicum annum" los siguiente pigmentos:

- Colorantes típicos: capsantina y capsorrubina
- Colorantes provitamínicos: beta-caroteno y criptoxantina

- Otros carotenos: zeaxantina y luteína

Pocos años más tarde, Cholnoky y Col., en 1954, emprenden una serie de trabajos acerca de los carotenoides tomando como materia de análisis variedades de "Capsicum". Su objetivo es estudiar la formación y transformación de los carotenoides en el proceso de maduración de "Capsicum annum", variedades amarillas y rojas. Observan que antes de la maduración la composición en carotenoides es idéntica en ambas variedades, diferenciándose durante la maduración.

A continuación, un trabajo titulado de modo genérico, los pigmentos carotenoides hace un estudio exhaustivo de los carotenoides del pimiento variedad rojo, determinan también la estructura de la capsantina y la capsorrubina y, finalmente, de los pimientos amarillos.

La analítica de los carotenoides la efectúan de la manera siguiente: en primer lugar dividen los pigmentos en epifásicos e hipofásicos; luego proceden a la separación de los epifásicos por cromatografía sobre columna de hidróxido cálcico, los hipofásicos se cromatografían sobre carbonato cálcico. Identifican los carotenoides aislados por sus características espectrales y también por sus propiedades químicas.

También Zitko y Valentova llevan a cabo en 1954, el estudio de las transformaciones que sufre los carotenoides durante la maduración de los pimientos. Pero utilizan la separación por cromatografía sobre papel, y como líquido de desarrollo la mezcla benceno:etanol 90%.

Tres años más tarde, Curl (1962), hace un estudio analítico completo de los carotenoides de "Lapsicum annum" var. Bell. Opera siguiendo el método de extracción con metanol:agua, saponificación del extracto bruto y separación de los pigmentos por distribución a contra corriente con un aparato de Craig, utilizando cuatro sistemas disolventes. El autor procede a un estudio completo de las propiedades químicas y características de los pigmentos aislados. Su trabajo presenta un gran interés para todos el que se dedique a la analítica de los carotenoides. (20)

Los pigmentos del pimentón (Paprika rojo dulce) fueron también estudiados por Egger en 1953, este autor quiere identificar los ácidos grasos que esterifican a las xantofilas. Para ello procede a su extracción y a la separación del extracto bruto por cromatografía sobre columna de Silicagel. La analítica de los ácidos grasos que esterifican a las xantofilas indica que todas ellas están combinadas con ácido palmítico,

mirístico y láurico y no se encuentran ácidos grasos insaturados, tales como el oleico, muy habitual en los frutos.

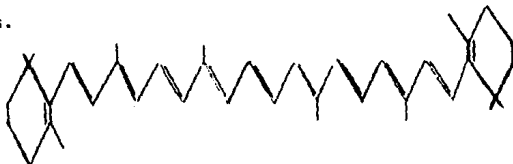
Philip y Francis publican en 1971 los resultados obtenidos en la investigación analítica de los carotenoides de "Capsicum annum" var. Columba gem. Para su separación utilizan la distribución a contra corriente propuesta por Curl, en un aparato de Craig.

Vinkler y Kiszal, en el mismo año, proponen un método cromatográfico en capa fina, para estudiar el contenido en carotenoides del pimentón, y la proporción de cada uno de sus componentes; emplean cromatoplaques de Silicagel G. Logran así separar los seis carotenoides principales que presentan Rf distintos y proceden a su determinación cuantitativa por espectrofotometría, después de raspar las bandas y eluir el pigmento.

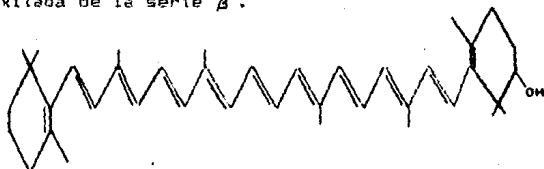
Se han indicado en orden cronológico, los estudios efectuados para la determinación de los carotenoides. A medida que las técnicas analíticas han ido evolucionando, se han ido también aplicando al estudio de los carotenoides del pimiento. (18,19)

Denominación y Estructura de los Carotenoides más Abundantes en "Capsicum annum"

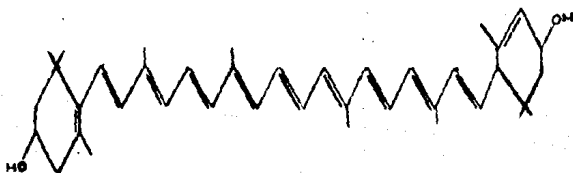
$\beta$ -caroteno ( $\beta, \beta$ -caroteno), caroteno bicíclico presente en las hojas verdes. Es el principal hidrocarburo poliénico de los vegetales.



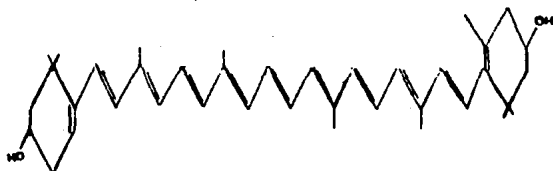
Criptoxantina (3-hidróxi  $\beta - \beta$ -caroteno), xantofila monohidroxilada de la serie  $\beta$ .



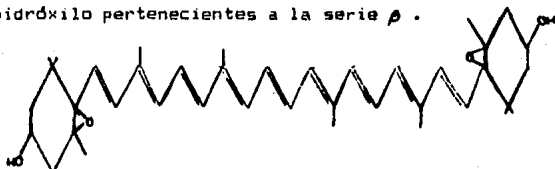
Luteína (3,3'-dihidróxi  $\beta - \epsilon$ -caroteno), xantofila dihidroxilada de la serie  $\alpha$ . Se encuentra ampliamente distribuida en el reino vegetal.



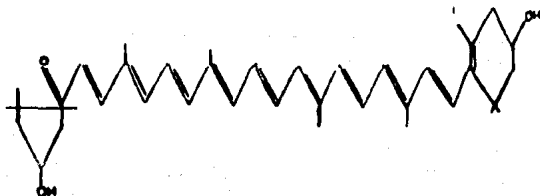
Zeaxantina (3,3'-dihidróxi  $\beta$  -  $\beta$  -caroteno), xantofila dihidróxilada de la serie  $\beta$ . Muy abundante en el grano de maíz.



Violaxantina (5,6:5',6'-diepóxi-5,6:5',6'-tetrahidro  $\beta$  -  $\beta$  -caroteno-3,3'-diol), xantofila con dos funciones epóxido y dos grupos hidróxilo pertenecientes a la serie  $\beta$ .



Capsantina (3,3'-dihidróxi- $\beta$  -  $\beta$  -caroten-6'ona), xantofila dihidróxilada que tiene además una función cetónica. Fue aislada por primera vez del pimentón y es el carotenoide más abundante del mismo.





## CAPITULO IV

### DESARROLLO EXPERIMENTAL



## DESARROLLO EXPERIMENTAL

Para efectuar la parte experimental de este trabajo se utilizaron tres variedades diferentes de chiles secos:

- C. annum grossum (ancho)
- C. annum longum (guajillo)
- C. annum cereum (cascabel)

Los cuales fueron escogidos por su bajo contenido de capsaicina y su alto rendimiento de oleoresina (24). De las dos primeras variedades mencionadas arriba se trabajo con tres muestras procedentes de tres diferentes estados de la República Mexicana; mientras que de la última variedad solo se trabajo con dos muestras debido a que no se encontro otra muestra que fuera de procedencia diferente.

Chile ancho { Guanajuato  
                  { San Luis Potosi  
                  { Zacatecas

Chile guajillo { Guanajuato  
                  { Puebla  
                  { Zacatecas

Chile cascabel { Hidalgo  
                  { Jalisco

## Preparación de la Muestra

Para empezar a trabajar con los chiles secos primero fue necesario realizar la operación llamada limpieza, la cual consiste en hacer un corte longitudinal del chile para poder así eliminar las semillas, venas y cola del mismo.

Una vez hecho esto, se realizó la molienda de los chiles en repetidas ocasiones hasta que el polvo que se obtenía pasaba a través de la malla # 30.

Teniendo ya las muestras de chile seco molido se procedió a realizar la determinación de humedad.

## DETERMINACION DE HUMEDAD

Como paso previo a la extracción de la oleoresina y a la determinación de su color, se determino la humedad de las diferentes muestras de chile seco, a fin de poder referir los resultados obtenidos a en relación a materia seca.

Debido a que elevadas temperaturas se pierde además del agua, los componentes esenciales volátiles, no fue posible utilizar el método de desecación en la estufa a temperatura de

100-105°C hasta peso constante; por lo que se utilizó un método de destilación con un solvente orgánico, que en este caso fue tolueno.

#### Fundamento:

El método de destilación con un solvente orgánico se basa en que, el solvente es inmisible en agua y tiene un punto de ebullición mayor y una gravedad específica menor que esta.

#### Procedimiento:

Para determinar la humedad de las muestras de Chile se utilizó un método oficial de análisis reportado en el AOAC publicado en el año de 1975.

#### Cálculos:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Vol. de H}_2\text{O} * 100}{\text{Peso de muestra}}$$

Una vez determinada la humedad de cada una de las muestras de Chile seco se procedió a realizar la extracción de su oleoresina.

## EXTRACCION DE LA OLEORESINA

La oleoresina puede definirse como un extracto líquido del chile que se presenta bajo la forma de un aceite viscoso de intenso color rojo y cuyo aroma es igual al del chile. La importancia de la oleoresina se debe a su gran poder colorante, y dado que se trata de un producto natural atóxico es ampliamente usado en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética, sustituyendo a otros aditivos de síntesis o minerales que pueden ser tóxicos a largo plazo. (18)

### Fundamento:

El fundamento de esta técnica se basa en la capacidad comprobada de la acetona para actuar como disolvente de los ácidos grasos que esterifican a los carotenos y xantofilas.

### Reactivos:

- Acetona

### Aparatos:

- Matraz de bola 250 ml.
- Refrigerante
- Mantilla eléctrica
- Reostato

- Probeta 100 ml.
- Soporte
- Mangueras
- Parrilla eléctrica
- Matraz erlenmeyer 125 ml.
- Vaso de precipitado 250 ml.
- Embudo tallo corto
- Termómetro
- Pinzas de tres dedos
- Tapón de corcho
- Papel filtro

**Procedimiento:**

Se pesan 5 g. de muestra y se vacían en el matraz de bola, al que posteriormente se le agregan 100 ml. de acetona.

Se monta el aparato de reflujo y se procede a hacer la extracción de la oleoresina refluendo durante 3 hr. La mezcla se deja enfriar a temperatura ambiente y luego se filtra sobre papel filtro; el residuo que queda en el matraz se lava con 2-5 ml. de acetona y se filtra. (18)

Posteriormente se evapora el solvente en una parrilla eléctrica, cuidando que la temperatura no sea mayor de 50°C.

Cálculos:

$$\% \text{ de Oleoresina} = \frac{\text{Peso de oleoresina ext. (g.)} \times 100}{\text{Peso de la muestra (g.)}}$$

El paso siguiente a la extracción de la oleoresina fue la determinación del color presente en ella, por medio del método espectrofotocolorimétrico.

#### DETERMINACION DEL COLOR DE LA OLEORESINA DE CAPSICUM

Los métodos más utilizados para la determinación del color del chile y su oleoresina, se basan en la comparación visual del color de los extractos, en diversos disolventes, con soluciones coloreadas de compuestos químicos inorgánicos, utilizados como patrón o con filtros de color naranja normalizados.

Estos procedimientos están siendo remplazados, en la actualidad, por las técnicas espectrofotométricas que eliminan los errores de apreciación personal, y son, más precisos. Los métodos oficiales de determinación del color, expresan generalmente los resultados en unidades arbitrarias ASTA, STANDARD; que son adecuadas para comprobar los productos entre

sí, pero no permiten conocer con exactitud el contenido en pigmentos colorantes responsables de la coloración. (18)

#### Fundamentos:

El método tiene como fundamento, la determinación de la densidad óptica de un extracto de la oleoresina, teniendo en cuenta, que la oleoresina al igual que el chile seco es soluble en acetona.

#### Reactivos:

- Acetona

#### Reactivos:

- Espectrofotómetro Unicam SPG-550 Philips
- Celdas de 1 cm.
- Estante graduado 100 ml.
- Probeta 100 ml.
- Pipeta graduada 10 ml.

#### Procedimiento:

Pesar 100 mg. de oleoresina y transferir a un matraz aforado de 100 ml. llegar a la marca con acetona tapar y agitar, reposar dos minutos. Con una pipeta de 10 ml. transferir 10 ml. de solución a otro matraz aforado de 100 ml. y llevar a la marca con acetona tapar y agitar. Transferir una porción de la solución a una celdilla y medir la absorbancia a 460 nm. con acetona como blanco. Determinar la absorción del filtro de vidrio estandar a 465 nm. (21,22)

#### Cálculos:

$$\text{Unidades ASTA} = \frac{\text{Abs. de la solución de acetona} * 154}{\text{Peso de la muestra (g.)}}$$

$$\text{Unidades Internacionales de Color} = \text{ASTA} * 40$$



## CAPITULO V

### RESULTADOS

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos para la determinación de humedad en cada una de las muestras de chile seco se muestran en la siguiente tabla.

Determinación del % de Humedad

Muestra	Peso de Muestra	Vol. de Agua	% Humedad
Ancho S.L.P.	7.0922 g	0.48 ml	6.77
Ancho Gto.	8.0462	0.55	6.84
Ancho Zac.	7.4925	0.60	8.01
Guajillo Zac.	8.0516	0.45	5.58
Guajillo Gto.	6.7824	0.40	5.87
Guajillo Pue.	8.0312	0.50	6.23
Cascabel Jal.	8.0106	0.52	6.49
Cascabel Hgo.	7.8666	0.48	6.10

En la extracción de oleoresina de las diferentes variedades de chile seco con que se trabajó se encontraron los siguientes valores.

% de Oleoresina Extraída

Muestra	Peso (g)		% Oleoresina	% Oleoresina Peso Seco
	Muestra	Oleoresina		
Ancho S.L.P.	5.0208	0.5826	11.60	12.40
Ancho Gto.	5.0510	0.6127	12.13	13.02
Ancho Zac.	5.0292	0.4310	8.57	9.32

% de Oleoresina Extraída (continuación)

Muestra	Peso (g)		% Oleoresina	% Oleoresina Peso Seco
	Muestra	Oleoresina		
Guajillo Zac.	5.1289	0.4929	9.51	10.18
Guajillo Gto.	5.0526	0.5435	10.76	11.43
Guajillo Pue.	5.0417	0.4237	8.40	8.96
Cascabel Jal.	5.1233	0.3079	6.01	6.43
Cascabel Hgo.	5.1373	0.3300	6.42	6.84

El contenido de Unidades Internacionales de Color presentes en cada una de las oleoresinas obtenidas se muestran a continuación.

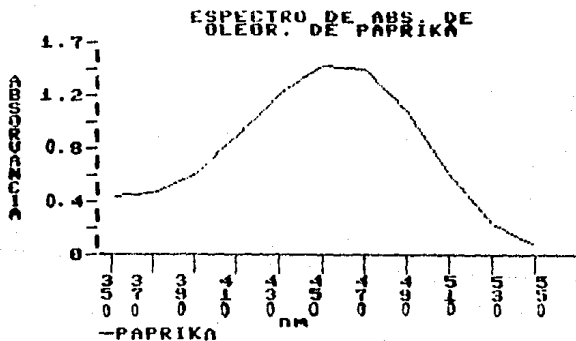
Determinación del Color de Oleoresina de Capsicum.

Muestra	Peso Oleoresina	Abs.	ASTA	U.Int. Color
Ancho S.L.F.	0.0410 g	0.493	1972	78880
Ancho Gto.	0.1409	0.333	387.6	15504
Ancho Zac.	0.0527	0.515	1502.6	64104
Guajillo Zac.	0.0519	0.855	2701.7	108068
Guajillo Gto.	0.1116	1.131	1862	66482
Guajillo Pue.	0.0527	0.416	1294.6	51784
Cascabel Jal.	0.0307	0.363	1939.2	77568
Cascabel Hgo.	0.0637	1.018	2620.9	104836

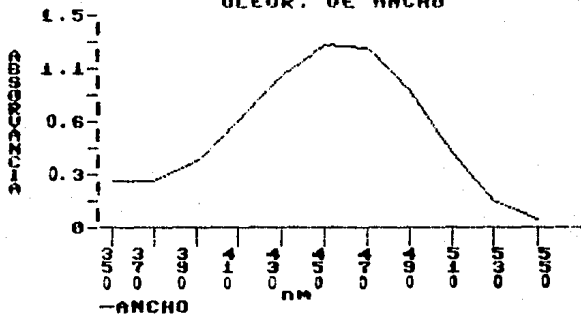
## ESPECTRO DE ABSORCIÓN DE LAS OLEORESINAS

Al realizar el barrido del espectro de absorción de cada una de las oleoresinas extraídas se obtuvieron los siguientes resultados:

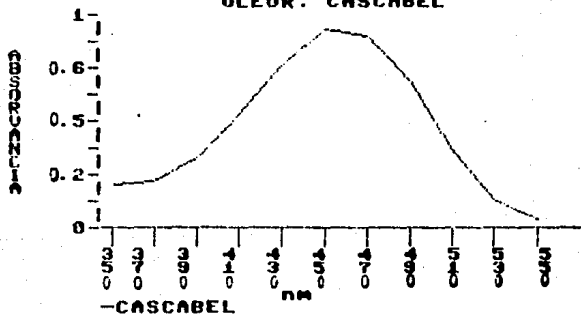
Longitud de Onda	Paprika	Ancho	Cascabel	Guajillo
	Abs.	Abs.	Abs.	Abs.
350	0.447	0.330	0.217	0.349
370	0.499	0.336	0.221	0.363
390	0.641	0.469	0.327	0.496
410	0.948	0.752	0.529	0.797
430	1.294	1.068	0.756	1.126
450	1.527	1.296	0.927	1.385
460	1.523	1.286	0.920	1.371
470	1.491	1.267	0.902	1.365
490	1.165	0.973	0.691	1.076
510	0.651	0.534	0.368	0.593
530	0.256	0.198	0.140	0.227
550	0.084	0.065	0.044	0.073



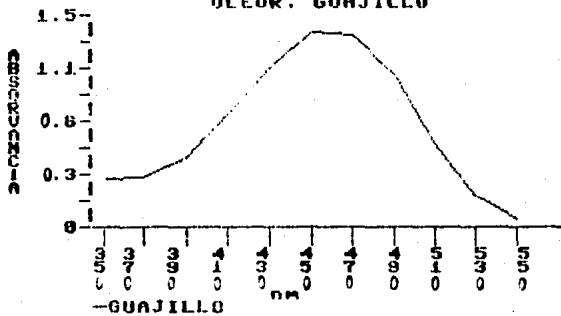
ESPECTRO DE ABS. DE  
OLEOR. DE ANCHO



ESPECTRO DE ABS. DE  
OLEOR. DE CASCABEL



ESPECTRO DE ABS. DE  
OLEOR. GUAJILLO



## CARACTERIZACION SENSORIAL

Para investigar la factibilidad de aplicación de las oleoresinas de chile como colorantes alimentarios, se escogió el alimento denominado mayonesa.

Antes de realizar la aplicación de las oleoresinas fue necesario determinar la cantidad de Unidades Internacionales de Color que hay en cada una de ellas; para ello se utilizó el método ASTA ya referido anteriormente, obteniéndose los siguientes resultados:

Oleoresina	Peso Oleoresina	Abs.	ASTA	U.Int. Color
Paprika	0.1026 g	1.589	2534.98	101399.22
Ancho	0.1138	1.372	1977.22	79088.95
Cascabel	0.1000	1.442	2364.88	94595.20
Guajillo	0.0917	1.475	2637.95	105517.99

Conociendo el contenido de Unidades Internacionales de Color presentes; tanto, en las tres diferentes oleoresinas obtenidas como en la oleoresina comercial de paprika que se utilizó como punto de referencia; se procedió a realizar la dosificación de estas en la mayonesa, para obtener un producto que se puede considerar como un aderezo en el cual se procedió a realizar posteriormente la caracterización sensorial.

Dosis para 100 g de Mayonesa

Oleoresina de Paprika:

Peso de Oleoresina => 0.0398 g

0.1028 g --- 101399.22 UIC

0.0398 g --- X

X = 39257.67 U. Int. Color a dosificar

Oleoresina de Chile Ancho:

0.1138 g --- 79088.93 UIC

X --- 39257.67 UIC

X = 0.0565 g (Peso teórico de Oleor. de Chile Ancho)

X' = 0.05741 g (Peso real de Oleor. de Chile Ancho)

Oleoresina de Chile Cascabel:

0.1000 g --- 94595.20 UIC

X --- 39257.67 UIC

X = 0.0415 g (Peso teórico de Oleor. de Chile Cascabel)

X' = 0.0423 g (Peso real de Oleor. de Chile Cascabel)

Oleoresina de Chile Guajillo:

0.0917 g --- 105517.99 UIC

X --- 39257.67 UIC

X = 0.0341 g (Peso teórico de Oleor. de Chile Guajillo)

X' = 0.0358 g (Peso real de Oleor. de Chile Guajillo)



## Preparación de Aderezo de Mayonesa

Se pesaron 100 g de mayonesa en cuatro recipientes y se aplicó la cantidad de oleoresina que correspondía a cada uno de ellos; se mezclaron la mayonesa y la oleoresina hasta lograr una coloración uniforme en cada uno de los aderezos, se taparon los recipientes y se procedió a realizar la evaluación sensorial.

## Evaluación Sensorial

Para realizar la evaluación sensorial del aderezo de mayonesa se trabajó con dos grupos diferentes; el primero estuvo constituido por 30 jueces consumidores frecuentes de aderezo de mayonesa, con edades que iban de los 16 a los 60 años, y pertenecientes a ambos sexos; el segundo grupo fue un panel de jueces entrenados de la Cia. Takasago.

Resultados obtenidos con el primer grupo:

La prueba de aceptación por atributos solo la realizaron las personas que se dijeron ser consumidores frecuentes de aderezo de mayonesa, para determinar si lo eran se les aplicó una encuesta de la forma siguiente:

Nombre: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

1.- Es usted un consumidor frecuente de aderezos de mayonesa?

Si (\_\_\_)

No (\_\_\_)

2.- Con que frecuencia los consume? (Marque solo una respuesta)

a) Una vez al mes (\_\_\_)

b) Una vez cada 15 días (\_\_\_)

c) Una vez en la semana (\_\_\_)

d) Cada tercer día (\_\_\_)

e) Diario (\_\_\_)

Muchas Gracias

Para responder el formato de la Prueba de Aceptación por Atributos se le dio a cada consumidor las cuatro muestras previamente etiquetadas usando un código de dos letras y dos números en la forma siguiente:

- Aderezo Mayonesa con Oleoresina de Paprika => AL45

- Aderezo Mayonesa con Oleoresina de Ancho => SG18

- Aderezo Mayonesa con Oleoresina de Cascabel => EC24

- Aderezo Mayonesa con Oleoresina de Guajillo => RM09

La calificación de los atributos de cada uno de los aderezos se realizó en el formato que se presenta a continuación.

Prueba de Aceptación por Atributos

Nombre: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

A continuación se le presentan cuatro muestras diferentes de aderezo de mayonesa. Favor de observar y probar separadamente cada una de ellas y posteriormente calificar los atributos abajo mencionados de acuerdo a la escala que se le da.

	ASPECTU				COLOR				AROMA				SABOR			
	AL 45	SG 18	EC 24	NM 90	AL 45	SG 18	EC 24	NM 90	AL 45	SG 18	EC 24	NM 90	AL 45	SG 18	EC 24	NM 90
EXCELENTE																
MUY BUENO																
BUENO																
REGULAR																
HALO																
MUY MALO																
PESIMO																

De las cuatro muestras cual le agrada más?: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

Gracias por su Ayuda.

Las evaluaciones dadas a las muestras fueron calificadas en una escala de 1 a 7; siendo 1 = pésimo y 7 = excelente. Se determinaron las calificaciones promedio, el análisis de varianza (ANOVA) y la diferencia entre muestras por el método de Prueba del Rango Múltiple de Duncan; esto se realizó para cada uno de los atributos calificados.

#### ASPECTO

R	S-45 (Española)			S618 (Ancho)			E024 (Casc.)			NMR0 (Guaj.)		
	f	f(x)	f(x) <sup>2</sup>	f	f(x)	f(x) <sup>2</sup>	f	f(x)	f(x) <sup>2</sup>	f	f(x)	f(x) <sup>2</sup>
7	2	14	98	2	14	98	1	7	49	3	21	147
6	10	78	468	8	48	288	6	36	216	7	42	252
5	8	48	225	11	55	275	9	45	225	11	55	275
4	6	24	96	6	24	96	12	48	192	8	32	128
3	0	0	0	3	9	27	2	6	18	1	3	9
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Sigma f$	30			30			30			30		
$\Sigma f(x)$		161			150			142			153	
$\bar{x}$		5.37			5.0			4.73			5.1	
$\Sigma f(x)^2$			887			784			700			811

#### Análisis de Varianza (ANOVA)

$$S^2 = \frac{[\Sigma f(x)]^2 - [\Sigma f(x)^2]}{n}$$

$$\frac{[\Sigma f(x)]^2}{n} = \frac{(161)^2 + (150)^2 + (142)^2 + (153)^2}{30} = 3066.466$$

$$\Sigma f(x)^2 = 887 + 784 + 700 + 811 = 3182$$

$$F.C. = \frac{[\Sigma f(x)^2]}{m} = \frac{887 + 784 + 700 + 811}{120} = 3060.3$$

$$SCF = 3066.466 - 3060.3 = 6.166$$

$$SCM = 121.7 - 3060.3 = 121.7$$

$$SCE = 121.7 - 6.166 = 115.534$$

$$SCM = SCF + SCE$$

$$F_{calc.} = SCM / SCE$$

	GL	SC	SCM	F <sub>calc.</sub>	F. teórica
Formulación	3	6.166	2.055	2.063	2.68
Error	116	115.534	0.996		
Total	119	121.7			

2.063 < 2.68 No hay diferencia significativa

COLOUR

r	S127 (Parrilla)			SG18 (Ancho)			ED24 (Lase.)			NM90 (Guajillo)		
	f	f(x)	f(x) <sup>2</sup>	f	f(x)	f(x) <sup>2</sup>	f	f(x)	f(x) <sup>2</sup>	f	f(x)	f(x) <sup>2</sup>
7	5	35	245	1	7	49	3	21	147	5	35	245
6	4	24	324	7	42	252	2	12	72	5	35	216
5	11	55	275	17	85	425	9	40	200	13	65	325
4	5	20	80	5	20	80	16	64	256	5	20	80
3	0	0	0	0	0	0	1	3	9	1	3	9
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Σf</b>	30			30			30			30		
<b>Σf(x)</b>		164			154			140			159	
<b>Σf(x)<sup>2</sup></b>			924			806			684			675

Análisis de Varianza (ANOVA)

$$\sum [f(x)]^2 = \frac{(164)^2 + (154)^2 + (140)^2 + (159)^2}{30} = 3163.1$$

$$n = 30$$

$$\sum f(x)^2 = 924 + 806 + 684 + 675 = 3289$$

$$F.C. = \frac{[\sum f(x)]^2}{n} = \frac{[164 + 154 + 140 + 159]^2}{120} = 3172.41$$

$$n = 120$$

$$SFC = 3163.1 - 3172.41 = 10.69$$

$$SCF = 3289 - 3172.41 = 116.59$$

$$SCE = 116.59 - 10.69 = 105.9$$

	GL	SC	CCM	F.calc.	F.teórica
Formulación	3	10.69	3.563	3.902	2.68
Error	116	105.90	0.913		
Total	119	116.59			

3.902 > 2.68 Si hay diferencia significativa

### Prueba de Rango Múltiple de Duncan

$$C.d.i.v. = \sqrt{SOM / n}$$

$$= \sqrt{0.913 / 50} = 0.1745$$

$$r = 2 - 1 = 2.77 * 0.1745 = 0.483$$

$$r = 3 - 1 = 2.92 * 0.1745 = 0.509$$

$$r = 4 - 1 = 3.02 * 0.1745 = 0.527$$

AL45 vs. 5G16

5.466 - 5.15 = 0.336 < 0.483 No hay diferencia significativa

AL45 vs. 8G04

5.466 - 4.96 = 0.506 > 0.509 Si hay diferencia significativa

AL45 vs. 8G50

5.466 - 5.30 = 0.166 < 0.483 No hay diferencia significativa

5G16 vs. 8G04

5.15 - 4.96 = 0.170 < 0.483 No hay diferencia significativa

8G50 vs. 8G16

5.30 - 5.15 = 0.170 < 0.483 No hay diferencia significativa

8G50 vs. 8G04

5.30 - 4.96 = 0.340 > 0.527 Si hay diferencia significativa

8G04 presenta diferencia significativa con respecto a AL45, 8G50

## AFOMA

x	Al-45 (Paprika)			SG16 (Ancho)			EC24 (Casc.)			NM90 (Guajillo)		
	f	f(x)	f(x) <sup>2</sup>	f	f(x)	f(x) <sup>2</sup>	f	f(x)	f(x) <sup>2</sup>	f	f(x)	f(x) <sup>2</sup>
7	3	21	147	1	7	49	2	14	98	2	14	98
6	10	60	360	11	66	726	6	36	216	5	30	180
5	10	50	250	9	45	225	7	35	245	12	60	300
4	7	28	112	8	32	128	12	48	192	10	40	160
3	0	0	0	1	3	9	3	9	27	1	3	9
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Σf</b>	30			30			30			30		
<b>Σf(x)</b>		159			153			142			147	
<b>Σ</b>		5.3			5.1			4.7			4.9	
<b>Σf(x)<sup>2</sup></b>			869			807			708			749

## Análisis de Varianza (ANOVA)

$$\frac{[\Sigma f(x)]^2}{n} = \frac{(159)^2 + (153)^2 + (142)^2 + (147)^2}{30} = 3018.43$$

$$n = 30$$

$$\Sigma f(x)^2 = 869 + 807 + 708 + 749 = 3131$$

$$F.C. = \frac{[\Sigma f(x)]^2}{m} = \frac{[159 + 153 + 142 + 147]^2}{120} = 3010.01$$

$$m = 120$$

$$SCF = 3018.43 - 3010.01 = 8.42$$

$$SDT \Rightarrow 3131 - 3010.01 = 120.99$$

$$SCE \Rightarrow 120.99 - 8.42 = 115.57$$

	GL	SC	SCM	f. calc.	f. crítica
Formulación	3	8.42	1.801	1.803	2.68
Error	116	115.57	0.996		
total	119	120.99			

1.813 < 2.68 No hay diferencia significativa



LABOR

N	Al 45 (Paprika)			SG18 (Ancho)			EC24 (Casc.)			NM90 (Gusjillo)		
	f	f(x)	f(x) <sup>2</sup>	f	f(x)	f(x) <sup>2</sup>	f	f(x)	f(x) <sup>2</sup>	f	f(x)	f(x) <sup>2</sup>
3	3	21	147	1	7	49	8	56	392	5	35	245
6	12	72	432	10	70	490	7	42	253	7	42	294
5	7	35	175	7	35	175	4	28	100	9	45	225
4	6	32	128	13	49	192	7	28	112	9	36	144
2	0	0	0	0	0	0	3	9	27	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1	2	4	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Σ f	30			30			30			30		
Σ f(x)		160			210			157			158	
Σ f(x) <sup>2</sup>		5,30			5,0			5,23			5,26	
Σ f(x) <sup>3</sup>			882			776			887			866

Análisis de Variancia (ANOVA)

$$\sum f(x)^2 = (160)^2 + (210)^2 + (157)^2 + (158)^2 = 3257,1$$

$$n = 30$$

$$\sum f(x)^3 = 882 + 776 + 887 + 866 = 3411$$

$$F.L. = \frac{[\sum f(x)]^2}{m} = \frac{[160 + 210 + 157 + 158]^2}{120} = 3255,21$$

$$m = 120$$

$$S.E. = 3257,1 - 3255,21 = 1,89$$

$$S.C. = 3411 - 3255,21 = 155,79$$

$$S.C. = 155,79 - 1,89 = 153,9$$

	Gl.	S.E.	S.C.	Fcalc.	F.teórica
Enfoculación	3	1,89	0,630	0,475	2,680
Ember	116	153,90	1,326		
Total	119	155,79			

0,475 < 2,68 No hay diferencia significativa

El grupo formado por el panel de cinco jueces entrenados realizó dos pruebas diferentes; la primera consistió en calificar el atributo denominado color comparando cada uno de los aditivos contra el de paprika que fue el que se utilizó como referencia.

La escala que se utilizó para calificar las diferencias existentes fue:

Identicos => 5

Muy Parecidos => 4

Diferencia Moderada => 3

Mucha Diferencia => 2

Totalmente Distintos => 1

Muestras	Calif. Prom. ( $\bar{X}$ )	Obs.
Paprika vs. Ancho	3.5	color más rojizo
Paprika vs. Cascabel	3.0	color más pálido
Paprika vs. Guajillo	3.7	coloración casi igual

La siguiente prueba que se realizó fue una descripción del aroma y apariencia de cada muestra: en esta ocasión la evaluación se efectuó directamente sobre la oleoresina obtenida, para lo cual se hizo una dilución al 10 % de la oleoresina en etanol y de esta solución se tomó la cantidad suficiente para dosificar 0.05 % en agua. Los resultados obtenidos son los siguientes:

#### Descripción

Muestra	Aroma	Apariencia
01. Paprika	Dulzón, Típico de Pimentón	Terroso
01. Ancho	Ligeramente Frutal	Menos terroso
01. Cascabel	Picante, Seco	
01. Guajillo	Afrutado, Dulce	Terroso

## CAPITULO VI

### ANALISIS DE COSTOS

## Análisis de Costos

Se realizó un análisis de costos para el proceso de extracción de la oleoresina con el objeto de ver que tan factible es la sustitución de la oleoresina de paprika por alguna de las oleoresinas que se estudiaron.

### Oleoresina de Chile Ancho

#### Costo del Chile / Kg de Oleoresina

3.208 g muestra --- 0.5826 g oleoresina  
X --- 1000 g oleoresina  
X = 8617.92 g de Chile Ancho

1000 g Chile Ancho --- \$ 4,500.00  
8617.92 g Chile Ancho --- X  
X = \$ 38,781.00

#### Costo de Acetona / Kg de Oleoresina

100 g de muestra --- 0.100 Litros de Acetona  
8617.92 g Chile Ancho --- X  
X = 10.77 Litros de Acetona

1.077 Lt. de Acetona --- 100 %  
X --- 15 %  
X = 1.615 Lt. de Acetona

1.615 Lt. de Acetona --- \$ 14,000.00  
1.615 Lt. Acetona --- X  
X = \$ 22,617.00

#### Costo de Agua / Kg de Oleoresina

46.81 Lt. de Agua --- 1 Hora  
X --- 3 Horas  
X = 140.4 Lt. de Agua

1000 Lt. --- 1 m<sup>3</sup>  
 140.4 Lt. --- X  
 X = 0.1404 m<sup>3</sup>

1 m<sup>3</sup> --- \$ 2960.93  
 0.1404 m<sup>3</sup> --- X  
 X = \$ 415.71

**Costo de Energía Eléctrica / Kg de Oleoresina**

0.505 KW --- 1 Hr.  
 X --- 4.5 Hr.  
 X = 2.273 KW

1 KW --- \$ 126.75  
 2.273 KW --- X  
 X = \$ 288.04

Chile Ancho: \$ 39,781.00

Acetona \$ 22,617.00

Agua: \$ 415.71

Energía Eléctrica: \$ 288.04

-----  
 \$ 62,101.75

\$ 1.00 USD --- \$ 2,793.00

X --- \$ 62,101.75

X = \$ 22.23 USD/Kg Oleoresina

### Oleoresina de Chile Guajillo

Chile Guajillo:	\$ 31,218.88
Acetona:	\$ 27,314.00
Agua:	\$ 415.71
Energía Eléctrica:	\$ 288.04
	<hr/>
	\$ 59,234.43

\$ 21.21 USD/Kg Oleoresina

### Oleoresina de Chile Cascabel

Chile Cascabel:	\$ 170,776.65
Acetona:	\$ 40,753.52
Agua:	\$ 415.71
Energía Eléctrica:	\$ 288.04
	<hr/>
	\$ 215,233.92

\$ 76.00 USD/Kg Oleoresina

## CAPITULO VII

### DISCUSION DE RESULTADOS



## DISCUSION DE RESULTADOS

### - Determinación de Humedad:

Las muestras de chile seco analizadas presentaron porcentajes de humedad que van desde 5.58 hasta 8.01 % encontrándose dentro de los límites establecidos por la Norma UNE 34-096-B1 parte 7 ISO 939, que admite un máximo de 14 % de humedad (8); además de que también cumplen con la norma vigente en los EE.UU., que aceptan un máximo de 12 % (18). Dato muy importante ya que una gran parte de la producción de chile en nuestro país se destina a la exportación.

### - Extracción de Oleoresina del Chile:

La oleoresina de chile se extrae a partir del polvo obtenido de la molienda del chile y un disolvente polar, acetona, la cual se sabía por la investigación bibliográfica efectuada con anterioridad es un disolvente adecuado para la extracción de los carotenoides del pimentón, además de que disuelve totalmente la oleoresina obtenida.

El porcentaje de oleoresina extraído en cada una de las variedades de chile seco fue diferente en cada uno de los

casos. En la variedad del chile ancho, el chile que procedía de Guanajuato tiene un rendimiento mayor (13.02 %) que los procedentes de S.L.F. y Zacatecas; además al comparar este rendimiento con el obtenido en otras investigaciones (13.65 %) (24), se puede ver que es muy cercano; un resultado parecido se observa con la variedad de chile guajillo procedente de Guanajuato con un rendimiento de 11.43 % mayor que en los otros dos casos. Lo que hace pensar que el cultivo de chile en esta zona del país tiene características especiales, como son el tener un tamaño más grande y presentar un mayor grosor del pericarpio del chile, es decir, son más carnosos, lo que probablemente influye directamente sobre la cantidad de oleoresina que se obtiene de ellos. El porcentaje reportado de oleoresina de chile guajillo es de 13.48 % (24), un poco mayor que el rendimiento obtenido experimentalmente en este trabajo.

En cuanto a el porcentaje de oleoresina obtenido del chile cascabel procedente de Hidalgo (5.84 %), se puede observar que es muy bajo con respecto al reportado anteriormente (13.76 %) (24). Las causas de este bajo rendimiento muy probablemente estén relacionadas a un desarrollo incorrecto o incompleto de este chile, por razones climatológicas o talvés el estado de Hidalgo no es la región óptima de crecimiento para esta variedad.

#### - Determinación del color de la Oleoresina de Capsicum:

Para determinar las Unidades Internacionales de Color de las oleoresinas extraídas de las diferentes variedades de chiles se utilizó el método ASIA para oleoresinas de Capsicum. Las Unidades Internacionales de Color obtenidas para cada una de las oleoresinas de las diferentes variedades de chiles resultan ser muy variables.

Las oleoresinas de Chile ancho de S.L.P., el guajillo de Zacatecas y el cascabel de Hidalgo son las variedades que presentan un mayor contenido de Unidades Internacionales de Color; lo que nos indica que estos comparados con los valores obtenidos de las otras oleoresinas que se trabajó van a tener un poder colorante mayor; ya que no podemos hablar de un mayor contenido de pigmentos colorantes debido a que el método que se está usando no permite conocer con exactitud el contenido de carotenoides totales existentes en cada oleoresina.

#### - Aspecto de Absorción de las Oleoresinas de Capsicum:

De acuerdo a los resultados obtenidos tanto del porcentaje de oleoresina extraída de cada variedad de Chile,

como de las Unidades Internacionales de Color que presentan cada una de ellas se eligieron los colores anaranjado S.L.F., que por las características y características físicas se obtuvieron 10 g. de oleoresina usando el mismo método de extracción.

A las oleoresinas extraídas y a una oleoresina comercial de paprika se les realizó un barrido de su espectro de absorción, esto se hizo dentro del intervalo de 350 a 550 nm., ya que la literatura indica que la longitud de onda adecuada para realizar estas mediciones es de 400 a 500 nm. (17). Al observar las gráficas que presentan los espectros de absorción de cada una de las oleoresinas podemos ver que las tres oleoresinas obtenidas al igual que la oleoresina comercial de paprika presentan su máximo de absorción a una longitud de onda de 450 nm.

#### - Caracterización Sensorial:

La última parte del trabajo experimental realizado fue la caracterización sensorial de las oleoresinas extraídas y la oleoresina comercial; el producto elaborado para este efecto fue un aderezo de mayonesa, constituido por mayonesa comercial y cada una de las oleoresinas a caracterizar. La dosificación de las oleoresinas se realizó de acuerdo a las Unidades

Internacionales de Color que se sabía tenían cada una de ellas; justificándose en cada muestra una cantidad aproximada de 2157 mg. Int. Color.

Los resultados obtenidos del primer grupo de 30 consumidores frecuentes de aderezos de mayonesa fueron evaluados por medio del análisis de variancia, revisando cada uno de los atributos por separado. Los atributos Aspecto, Aroma y Sabor de acuerdo al análisis de variancia no presentaron diferencia significativa entre las cuatro muestras calificadas; es decir, que para el consumidor no hay preferencia marcada por alguna de las muestras que se le presentaron.

En cuanto al atributo Color se observa que al compararlo de los otros tres atributos anteriores, en este sí se ve una diferencia notable entre las muestras, esto se comprobó al aplicar la prueba de rango múltiple de Duncan (25), con la cual se pudo observar que la muestra EC24 (oleoresina cascabel) presenta diferencias significativas con las muestras EC25 (oleoresina paprika) y NMR0 (oleoresina guajillo), mientras que con la muestra 5G16 (oleoresina ancho) no se observa diferencia. Dichas diferencias indican que las oleoresinas de paprika y guajillo son igualmente preferidas sobre las de cascabel y ancho.

Las diferencias presentadas en cuanto a color, motivo a que se pidiera a un grupo de jueces entrenados para discriminar diferencias de color y sabor en todo tipo de oleoresinas que evaluará dichos aderezos; de acuerdo a las observaciones realizadas por ellos se puede ver que la muestra EC24 (oleoresina cascabel) presenta diferencias marcadas con las muestras AL45 (oleoresina paprika), S018 (oleoresina ancho) y NM90 (oleoresina guajillo). Lo que nos indica que para ellos al menos las oleoresina de chile ancho y guajillo pueden ser usadas para sustituir a la oleoresina de paprika; mientras que para los consumidores solo la oleoresina de chile guajillo tendría esta posibilidad.

El que se presenten diferencias significativas en cuanto a color en una de las muestras es un hecho inesperado, ya que la dosificación de las muestras se realizó utilizando concentraciones de oleoresina suficientes para dar una cantidad de U. Int. Color previamente determinada.

Se podría pensar que estas diferencias se deben a que aunque se conoce la intensidad colorante de las oleoresinas, no se sabe con exactitud el contenido de pigmentos carotenoides que hay en ellas; además de que tampoco se puede establecer el tóno o matiz que nos van a proporcionar dichos pigmentos, ya que como sabemos los carotenoides están

constituídos por pigmentos de color amarillo, naranja y rojo; siendo probable que la concentración de carotenoides que tienden a los tonos amarillos sea alta en la oleoresina de la muestra EC24 (oleoresina cascabel), lo que la hace diferente a las otras muestras; siendo esto fácilmente detectable sensorialmente no así cuando se hace instrumentalmente.

La prueba descriptiva realizada por el panel de jueces entrenados para evaluar el aroma y la apariencia muestra que las oleoresinas de chile guajillo y ancho presentan características agradables como aroma afrutado y dulce y la oleoresina de cascabel tiene un aroma picante y seco, estas características no agradables solo son detectadas cuando se evalúa la oleoresina sola, ya que al parecer en el aderezo esta diferencia no se detecta.

#### - Análisis de Costos:

Los resultados que se obtuvieron al realizar el análisis de costos nos indican que la extracción de un kilogramo tanto de oleoresina de chile ancho (con un costo de \$ 22.23 USD), como la de chile guajillo (con un costo de \$ 21.21 USD), resultan ser más baratas que el adquirir un kilogramo de oleoresina de paprika, que actualmente tiene un costo de \$

34.00 USD. En cuanto a la oleoresina de chile cascabel se puede observar que esta tiene un costo muy alto \$ 76.00 USD por kilogramo; esto se debe a que el chile cascabel es uno de los chiles secos más caros que hay en el mercado, además debido a su bajo rendimiento de oleoresina es necesario utilizar una gran cantidad de chile para obtener una cantidad determinada de oleoresina y por ende la cantidad de acetona que se requiere para la extracción también aumenta.



## CAPITULO VIII

### CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES

1) Las tres variedades de chile con que se trabajo se encuentran dentro de las especificaciones de porcentaje de humedad máxima que indican las normas tanto nacionales como internacionales.

2) Las variedades de chile ancho y guajillo procedentes de Guanajuato a pesar de que presentan un alto rendimiento de oleoresina, no son las que tienen un mayor contenido de Unidades Internacionales de Color.

3) El chile ancho de S.L.P., guajillo de Zacatecas y cascabel de Hidalgo, conforme a los resultados establecidos son los que presentan un mayor poder colorante; pudiendose observar que en el caso de chile cascabel las U. Int. Color son aún mayores que las obtenidas en la oleoresina de paprika.

4) Las cuatro oleoresinas con las que se trabajo presentan su máximo de absorción a una longitud de onda de 450 nm.

5) De acuerdo a los resultados obtenidos al evaluar las calificaciones dadas en la prueba de aceptación por atributos se puede decir que las oleoresinas de chile ancho y guajillo podrían sustituir en el uso a la oleoresina de paprika sin que los consumidores pudieran detectar la diferencia. Lo que no ocurriría si se utiliza la oleoresina de chile cascabel; ya que esta presenta diferencia en el atributo que el consumidor considera más importante el color.

6) El costo que representa realizar la extracción de las oleoresinas de chile ancho y guajillo es mucho menor que el que se tiene al adquirir la oleoresina comercial de paprika.

7) Tomando en cuenta todos los aspectos anteriormente mencionados se puede finalmente decir que la oleoresina procedente del chile guajillo podría ser utilizado como un excelente sustituto de la oleoresina de paprika sin que hubiera una diferencia apreciable, además de que se disminuiría el costo del producto al cual se pretenda aplicarla.

## CAPITULO IX

## BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Long S. J. Presente y Pasado del Chile en México. Publicaciones Españolas del Inst. Nal. de Inv. Agrícolas No. 85. Abril 1984.
- 2.- D'Acosta L. El Cultivo de Chiles. Como Hacer Mejor (SEP) Vol. 5 No. 41. 1980.
- 3.- Diccionario Enciclopédico Espasa. Espasa-Calpe. Tomo-8. Madrid 1979
- 4.- The Cookery Year. The Reader's Digest Association, Inc. 1973.
- 5.- Estadísticas Historicas de México. Inst. Nal. Estadística Geografía e Informática. Tomo 1 y 2. México 1983
- 6.- Mathus H. Condimentos y Esencias. Ed. Espasa Madrid, España. 1972.
- 7.- Morris B. J. The Chemistry and Technology of Food and Food Products. Vol. 1 y 2. Interscience Publishing Inc. New York. 1951.
- 8.- Cedillo G. Ma. Carmen. Los Condimentos Vegetales y sus Usos en la Industria Alimentaria. Tesis 1987, Fac. Química UNAM.
- 9.- Hart L. Análisis Moderno de Alimentos. Ed. Acribia. Zaragoza, España 1971.
- 10.- Kirk R. E. Enciclopedia de Tecnología Química. UTEHA. Vol. 5. México 1962.
- 11.- Depto. Técnico Laqui. Los Colorantes para la Industria Alimentaria. Alimentación Latinoamericana. Vol. 17 No. 142. Argentina 1983.
- 12.- Walford J. Developments in Food Colours. Applied Science Publishers LTD. London 1980
- 13.- Furia T. E. Handbook of Food Additives. Parte 4. CRC Press. Ohio, EE.UU. 1975
- 14.- Beverfand Ch. Carotenoids as Colorants and Vitamin A precursor. Ed. Academic Press. 1987.

- 15.- Karrer P. Carotenoids. Ed. Elsevier Publishing. 1950
- 16.- Braverman J. B. S. Introducción a la Bioquímica de los Alimentos. Ed. Manual Moderno. México 1980
- 17.- Hulme A. C. The Biochemistry of Fruits and Their Products. Academic Press. London and New York 1970
- 18.- De la Torre Boronat M. C. Carotenoids of Paprika. Anales Bromatológicos. Vol. 27 No. 2. Barcelona, España 1975.
- 19.- Anikeenko A. P. Determination of Pigments in the Red Pepper. Fiziol. Biokhim. Kul't. Rast. Vol. 8 No. 4 Maikop, URSS. 1976.
- 20.- Curl A. L. The Carotenoids of Red Bell Peppers. J. Agr. and Food Chem. Vol 10 No. 6. Calif, EE.UU. 1962.
- 21.- AOAC. Official Methods of Analysis. George Banta Co. Inc. Wisconsin 1975
- 22.- Method, ASTA, Amer. Spice Trade Assoc., Off Annal. Meth of The Amer Spice Trade Assoc. Englewood. Cliffs, N. J. 1985
- 23.- Winton A. L. Análisis de Alimentos. Ed. HASA. Argentina 1947.
- 24.- Yuste F., Castro V. Determinación de Capsaicina en Algunas Variedades Mexicanas del Género Capsicum. Ref. Soc. Quím. México. Vol. 24 No. 4. Inst. de Química UNAM.
- 25.- Bruning J. L. Computational Handbook of Statistics. Scott, Foresman and Co., Illinois, EE.UU.
- 26.- Mendenhall W. Introducción a la Probabilidad y la Estadística. Madsworth Inc. Florida, EE.UU 1979
- 27.- Reglamento de Aditivos para Alimentos. Diario Oficial. México, Enero 18, 1988