



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

***“ESTUDIO PRELIMINAR DE LA FRACCIÓN PROTEICA DE LA HARINA
DESENGRASADA DE LA SEMILLA DE CHILE ANCHO (CAPSICUM ANNUM L.)”***

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

QUIMICO DE ALIMENTOS

PRESENTA

GUADALUPE ROJAS MACIAS



JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE	M.C.	FRANCISCA AÍDA ITURBE CHIÑAS
VOCAL	Dr.	HERMILO LEAL LARA
SECRETARIO	Q.F.B.	BERTHA JULIETA SANDOVAL GUILLÉN
PRIMER SUPLENTE	M.C.	INÉS MIRANDA MARTÍNEZ
SEGUNDO SUPLENTE	M.C.	JUAN CARLOS RAMÍREZ OREJEL

Sitio donde se desarrolló el tema:

Laboratorio 4-A. Facultad de Química. UNAM.

Av. Insurgentes Sur S/N. Ciudad Universitaria, Colonia Copilco Universidad.

ASESOR

Q.F.B. BERTHA JULIETA
SANDOVAL GUILLEN

SUSTENTANTE

GUADALUPE ROJAS MACÍAS

INDICE

Introducción	1
--------------------	---

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES

1.1 Breve historia del chile	3
1.2 El Chile Ancho.....	6
1.2.1 Características	7
1.2.2 Tipos	10
1.2.3 Clasificación	11
1.2.4 Distribución	14
1.2.5 Producción	16
1.2.6 Usos.....	17
1.3 Información nutrimental Chile Ancho	19
1.4 Industria del pimiento deshidratado	21
1.5 Secado	22
1.5.1 Fundamentos	23
1.5.2 Proceso básico de secado	23
1.5.3 Tipos de secado para Chile Ancho	24
1.6 Proteínas.....	29
1.7 Propiedades Funcionales de las Proteínas.....	29
1.7.1 Propiedades de Hidratación	30
1.7.1.1 Capacidad de Retención de Agua.....	32
1.7.2 Propiedades de Superficie	33
2.6.2.1 Propiedades de Emulsificación	34
2.6.2.2 Propiedades de Espumado	35
2.7 Proteínas vegetales	38

Hipótesis	40
Objetivos	
- Objetivo general	40
- Objetivos particulares	40

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diagrama general de procedimiento	41
2.2 Preparación de la materia prima	42
2.2.1 Obtención de la semilla	42
2.2.2 Preparación de la muestra	42
2.3 Caracterización fisicoquímica de la semilla	43
2.3.1 Humedad.....	43
2.3.2 Cenizas	44
2.3.3 Lípidos totales	44
2.3.4 Proteínas.....	44
2.3.5 Hidratos de Carbono	44
2.4 Obtención del aislado proteínico.	44
2.5 Evaluación de las propiedades funcionales	45
2.5.1 Capacidad de Retención de Agua.....	46
2.5.2 Capacidad de Emulsificación	46
2.5.3 Capacidad de Espumado	46

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización del Chile Ancho	47
3.1.1 Parámetros físicos	47
3.1.2 Composición porcentual	49
3.2 Análisis composicional de las semillas	51
3.2.1 Humedad.....	52

3.2.2 Lípidos totales	53
3.2.3 Cenizas	54
3.2.4 Proteínas.....	54
3.2.5 Hidratos de Carbono	55
3.3 Obtención del Aislado Proteínico	57
3.4 Rendimiento de la extracción	59
3.5 Evaluación de las Propiedades Funcionales	61
3.5.1 Capacidad de Retención de Agua.....	61
3.5.2 Capacidad de Emulsificación	63
3.5.3 Capacidad de Espumado	64
CONCLUSIONES	66
RECOMENDACIONES	68
BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXO	79

INTRODUCCIÓN

El chile ancho es un ingrediente utilizado en gran cantidad de productos alimenticios elaborados en la actualidad, tales como chile en polvo, colorante y en la preparación de diferentes platillos típicos mexicanos. Sin embargo, la única parte utilizada hasta el momento es el pericarpio, generando una gran cantidad de producto de desecho formado en gran medida por las semillas presentes en su interior.

Mucho se ha hablado y existen numerosos estudios y publicaciones cuyo objeto de estudio es el género *Capsicum annum L.*, especialmente para la obtención de colorantes y oleorresinas presentes en la pulpa de esta hortaliza; inclusive en estudios más recientes se empieza a tomar importancia al estudio de las capsaicinas que se encuentran embebidas en la fracción lipídica. Se han señalado diversas aplicaciones en medicina para los capsaicinoides; y actualmente es una de las sustancias más recetadas como análgescos.

Sin embargo, no se han encontrado estudios que relacionen las proteínas presentes en el chile ancho; su calidad y sus propiedades funcionales, para determinar si podrían ser utilizadas para otorgar características deseables durante el proceso o el producto final de los alimentos.

Nuestras preferencias por unos u otros alimentos están primordialmente basadas en atributos sensoriales como la textura, el color, el sabor y el aspecto. Generalmente las proteínas tienen una gran influencia sobre estos atributos.

El propósito de este trabajo es realizar un análisis de las propiedades funcionales de las proteínas presentes en las semillas de chile ancho, ya que este producto a nivel industrial es utilizado en la elaboración de diversos productos alimenticios y las semillas no se aprovechan hasta el momento, siendo desechadas. Por lo tanto, mediante la evaluación de las mismas se podría conocer las posibilidades de emplear este producto para la obtención de aislados proteínicos de calidad que puedan ser aprovechados a nivel industrial.

Existen muchos estudios realizados acerca del aprovechamiento de los aislados proteínicos obtenidos del frijol de soya, alimento del cual se provee la mayor cantidad de proteínas utilizadas en el mercado. Esto es debido a que además de contenerlas en una alta proporción, son de muy buena calidad; por ello tienen muchas aplicaciones. No obstante, la cantidad que se extrae de la soya no es suficiente para cubrir todos los requerimientos de preparados de proteína que se necesitan; por lo que de encontrar otra fuente de proteínas que pudieran complementarlo, ayudaría a abastecer la demanda.

Capítulo I. ANTECEDENTES

En México hay aproximadamente cuarenta tipos de chiles, con diversas propiedades que los hacen diferentes entre sí, ya sea por el tamaño, pungencia, sabor, etc. Dado que la cultura mexicana está íntimamente ligada al chile, a lo largo del país se observan las diferencias en su consumo. Unos se comen como vegetal fresco, otros como especia o condimento, hablando especialmente cuando están deshidratados. Nuestro país se distingue por tener la mayor variedad de chiles cultivados en el mundo. Existen los que se consumen en toda la nación y otros que son regionales o locales.

Algunos de los chiles que se encuentran actualmente están en vías de desaparecer y es posible que algunos de los que comían los antiguos mexicanos hayan ya desaparecido. Por otro lado, se han creado nuevas razas, como el Pimiento o el Paprika y se siguen desarrollando nuevos cultivos, como el Caloro, el Caribe y otros provenientes de Estados Unidos, ahora cultivados en México (Lesur, 2006).

Gracias a su presencia a nivel mundial, se han desarrollado muchas formas de consumir y aprovechar las características que esta hortaliza puede ofrecer, una de ellas es su consumo como vegetal deshidratado, cuyo proceso de secado altera las características físicas y químicas del chile. De esta manera, es ampliamente utilizado tanto a nivel doméstico, como a nivel industrial, siendo de toneladas su producción y consumo.

1.1 Breve historia del chile

El chile es una de las hortalizas que más presencia tienen en el país, e incluso se considera como un rasgo característico que identifica al mexicano. Prácticamente todos esos chiles eran consumidos y cultivados desde tiempos prehispánicos. Hay evidencias de que hace unos 8000 años el chile cultivado ya formaba parte de la dieta de los mexicanos, aún antes que el jitomate y el maíz (Lesur, 2006).

También se ha comprobado que el chile poblano, el jalapeño, el serrano, el morita y casi todos los demás, no son especies distintas, sino razas cultivadas, desarrolladas por los antiguos mexicanos a partir del chile piquín.

A base de una selección rigurosa y de una polinización controlada, los antiguos agrónomos mexicanos hicieron el prodigio de ir transformando el chile piquín, el *Capsicum annum annum*, en más de cuarenta chiles más grandes, de diferente sabor y pungencia, para enriquecer y refinar el extremo de su cocina, la nuestra y ahora, la de buena parte del mundo.

En aquellos tiempos, el chile era un producto que estaba solo permitido para la nobleza, otorgándose incluso como tributo al Tlatoani o como impuesto que debían pagar las clases bajas. Posteriormente, con su esparcimiento a nivel mundial, era tan difícil de conseguir que tenía costos elevadísimos, siendo que dos onzas de chile podía costar incluso hasta dos bueyes adultos.

Los altos precios y la escasez de las especies, desempeñaron un papel importante en la búsqueda de nuevas rutas marítimas y el descubrimiento del Nuevo Mundo, ya que uno de los motivos que propiciaron los viajes trasatlánticos fue el deseo de encontrar un paso más corto a las islas de extremo Oriente, para la adquisición de especias, dentro de las cuales se encontraron algunas variedades de chile (Longo, 1998).

Aunque Colón no encontró una nueva ruta hacia el Oriente, ni las codiciadas especias, si halló una gran variedad de plantas alimenticias distintas en el Nuevo Mundo. Entre este complejo de cultivos, hubo tres especias nuevas:

1. *Pimenta officinalis*. (pimienta gorda)
2. *Vainilla planifolia*. (vainilla)
3. *Capsicum spp.* (chile)

Con ello se modificó la cocina a nivel mundial, otorgándole nuevos sabores y características.

Ya en el siglo XVI, Francisco Hernández propuso una clasificación sobre los chiles de la Nueva España (Longo, 1998). Existen aún en nuestros días organismos encargados de la clasificación de las hortalizas.

Clasificación de los chiles

Existen por lo menos 160 distintos tipos de chiles en el mundo y son ampliamente utilizados como condimento en México, Estados Unidos, Tailandia, India y Sudáfrica. Los hay desde los no picantes – como los pimientos – hasta los muy picosos, como el habanero. La mayoría de los chiles son bajos en macronutrientes y apenas ofrecen fibra dietética (1.5 g/100 g), betacaroteno (770 UI/100 g), niacina (3 mg/100g) y potasio (315 mg/100 g). Compensan tanto la escasez de nutrientes como la de fitonutrientes, tales como: glucaratos, flavonoides, monoterpenos, inhibidores de las nitrosaminas, carotenoides, antocianósidos y algunos fitonutrientes exclusivos como el capsidol, la capsaicina, la dehidrocapsaicina, la casacidina, la capsicodendrina y los capsinosidos (Möller, 2006).

Se han encontrado cinco especies de chiles domesticados en el mundo, los cuales han sido incorporados a la dieta, estos son: *Capsicum annum*, de la que provienen la inmensa mayoría de los chiles que se consumen en México; *Capsicum chinense*, a la que pertenece el habanero y otros parecidos; *Capsicum pubescens* en la cual se incluye al chile manzano; *Capsicum frutescens* a la que pertenecen los chiles tipo tabasco y finalmente, *Capsicum vaccatum*, que incluye aquellos chiles sudamericanos del grupo de los ajíes (Lesur, 2006).

La especie *Capsicum annum* es, como su nombre lo indica, una planta anual, aunque puede crecer perenne en zonas tropicales. Es la más cultivada y más importante a nivel económico, pues incluye prácticamente todos los chiles que se encuentran frescos, secos o procesados. Las plantas de esta especie cultivadas crecen a una altura de 30 a 75 cm, según el tipo de chile al que pertenezcan y las condiciones ambientales en las que se encuentran. Los pedúnculos son solitarios, rara vez se presentan en pares en el mismo nódulo y generalmente están colgantes. Las flores son de corola de tono blanco lechoso con antenas azules o

moradas; el cáliz es dentado. Existe una gran variedad en la forma y tamaño del fruto, de tono verde o amarillo en el estado tierno, pero que adquiere color rojo, amarillo o café en el maduro.

Todavía quedan algunas especies de *Capsicum annum* silvestres, denominadas *Capsicum annum aviculare* y que se distinguen del piquín por que los silvestres producen frutos pequeños ovalados o puntiagudos que crecen en posición erguida.

Trabajos publicados en los últimos años apoyan la división del grupo en cuatro o cinco especies domesticadas y de veinte a treinta espontáneas o silvestres (Longo, 1998).

Se puede hacer otra separación del género *Capsicum* domesticado, basada en el color de las flores, de este modo se producen tres grupos: dos de flores blancas y uno de flores moradas. El grupo de flores blancas está compuesto por el *C. annum*, el *C. frutescens* y el *C. chinense*, con bastante similitud entre sí, sobre todo a nivel ancestral. El otro conjunto de flores blancas está representado por el *C. baccatum*. La especie *C. pubescens* tiene flores moradas y varias características morfológicas que las separan de los demás grupos.

1.2 El Chile Ancho

Casi todos los chiles cultivados en México pertenecen a la variedad *annuum*. A la vez, es el grupo de más importancia económica en el mundo y de distribución geográfica más amplia. Se cultiva en todos los países especialmente en las economías emergentes, en varios de los cuales ha llegado a formar parte de la comida básica (Longo, 1998).

El chile Ancho proviene del Chile Poblano, el cual cuando madura y seca se convierte en el chile ancho y el mulato. Cuando está verde y es secado se transforma en el chile pasado.

El ancho es el chile seco que más se usa y definitivamente más fuerte y afrutado que el mulato, el cual es más suave, dulce y achocolatado. Al transparentarse el

chile ancho tiene un color café rojizo o negro rojizo, en tanto que el mulato es francamente negro o negro con tonalidades café.

Los tipos Ancho y Mulato presentan hojas en forma deltoide u oval y color verde oscuro brillante, sin pubescencia y lisas. En la primera horqueta y en los nudos localizados debajo de ésta, las hojas son más grandes, con una longitud de 8 a 15 cm de largo y de 5 a 10 cm de ancho; sus pecíolos son largos (de 4 a 8 cm), aunque las hojas localizadas en los nudos superiores a la primera horqueta son más pequeñas y decrecen progresivamente.

En el fruto es donde existe la mayor variabilidad genética en forma, color, tamaño, aroma, sabor y pungencia.

El chile ancho es una variedad de chile muy popular y su consumo es nacional e incluso en exportación. Tiene una pungencia media y crece principalmente en zonas con un clima cálido. Se utiliza el fruto maduro y seco. El chile Poblano de donde proviene se consume crudo, relleno, en rodajas, y en diversos platillos de la comida típica mexicana (Lesur, 2006).

El chile poblano y a su vez el ancho, los cuales son la base de la producción de pimiento deshidratado, son producidos fundamentalmente en los valles centrales de clima templado (Nuez, 1996).

1.2.1 Características del Chile Ancho

A este tipo pertenecen varios subtipos que representan a veces pequeñas diferencias entre sí. Como norma general los frutos del chile ancho son cónicos o acorazonados y cuerpo cilíndrico o aplanado, con un hundimiento o “cajete” bien definido en la unión del pedúnculo o base; el ápice es puntiagudo o bien, un poco chato. Según variedades son de 10-15 cm de largo y 5-8 cm de ancho. En la **Figura 1** se señala a detalle los constituyentes del chile. Las flores de esta planta son perfectas (hermafroditas), formándose en las axilas de las ramas; son de color blanco y a veces púrpura, el fruto en algunas variedades se hace curvo cuando se acerca a la madurez. La carne es fina y su picor es moderado. El color inmaduro

varía desde el amarillo verdoso al verde oscuro. En madurez suelen ser rojos. Se comercializa tanto en verde (50%) como deshidratado. De esta especialidad un 15% es derivado para la obtención de chile en polvo (pimentón) y la obtención de colorantes, mientras que el resto se utiliza a nivel doméstico en diversas especialidades culinarias (Nuez, 1996).

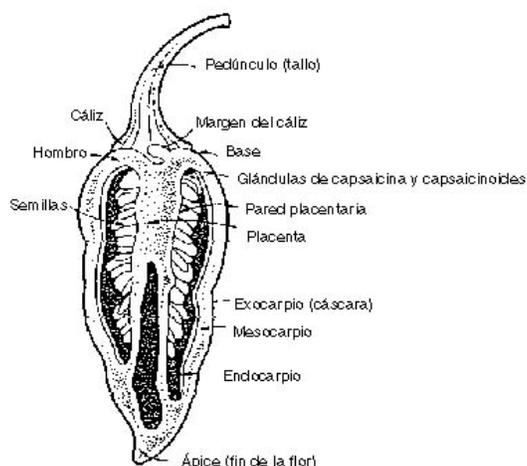


Figura 1. Corte longitudinal de un fruto del género *Capsicum* (González, 2010)

Se puede apreciar a detalle que las semillas ocupan un lugar importante dentro del cuerpo del chile. Se encuentran distribuidas en el interior de la hortaliza.

Dentro del tipo de chile ancho para secado o poblano para vender como verdura, existe gran variabilidad en el número de lóculos (o venas); los hay con dos, tres, cuatro y más (como el chile morrón). Los lóculos dan la forma al fruto (Laborde y Pozo, 1982). Los de dos lóbulos son de forma plana o acorazonada, como en los tipos Ancho y Mulato. Los frutos de tres lóculos dan al fruto la forma triangular, cónica o de cono truncado. Los frutos de cuatro y más lóculos presentan forma circular tipo calabaza con nervaduras bien definidas; estos se prefieren para el secado o para producir rajas.

Como ya se mencionó, los tipos de chile Ancho y Mulato presentan un cajete o hundimiento, variando de uno a más de 5 centímetros. Un cajete muy profundo en los frutos es un carácter perjudicial, porque cuando el fruto está por madurar o ya

maduro y si se llegara a presentar lluvia, el cajete se llena de agua y ésta humedece la epidermis, ocasionando el desarrollo de hongos, los cuales provocan la pudrición y disminuye la calidad del fruto (Laborde y Pozo, 1982).

Además del color, en el tamaño (largo) y grosor (ancho) del fruto es donde se observa la variación genética. Los frutos más pequeños en longitud son los de tipo Árbol que alcanzan 6.5 a 10 cm y de 0.5 a 1.2 cm de ancho o grosor (Acosta y Luján, 2004).

La pungencia del chile la imparte una combinación de alcaloides sin color y sin olor denominados capsaicinoides que se producen en las glándulas que están en la parte superior de la placenta del chile.

El sabor del chile está concentrado en el pericarpio o tejido que constituye el fruto y no se relaciona con lo picante, de hecho, las semillas y la placenta ofrecen en sí poco sabor (Lesur, 2006).

Las semillas en sí no contienen capsaicina, pero llegan a ser picantes por su contacto con la placenta, lo que suele ocurrir cuando se cosechan, transportan y manejan, de modo que la capsaicina queda esparcida por todo el fruto.

Los chiles secos pierden color durante su almacenamiento y pierden también sabor. Se observa que los chiles deshidratados en hornos industriales conservan su color y sabor por más tiempo que los deshidratados al sol o a la intemperie.

Taxonomía

Esta forma silvestre se clasifica como *Capsicum annum* var. *glabriusculum*, la forma domesticada generalmente se clasifica como *Capsicum annum* var. *annuum* L.

Reino: Plantae; Subreino: Traqueobionta (plantas vasculares); Superdivisión: Spermatophyta (plantas con semillas); División: Magnoliophyta (plantas con flor); Clase: Magnoliopsida (dicotiledóneas); Subclase: Asteridae; Orden: Solanales.

1.2.2 Tipos de chile ancho

Del chile ancho se han descrito los siguientes subtipos: Ancho o Poblano, Mulato, Miahuteco, Cristalino o De Chorro, De Ramos, Negro y Criollo Dulce (Nuez, 1996).

El subtipo ancho se consume en verde (Poblano) y en rojo deshidratado. El INIA (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria) mexicano ha seleccionado algunas variedades de este subtipo denominadas Esmeralda, Verdeño, 1020 y Flor de Pabellán.

El subtipo Mulato, también conocido como chile de color porque madura en color marrón oscuro, es menos picante que el ancho y se usa principalmente deshidratado. Cuando se le consume en verde se le llama también Poblano. Se conocen dos cultivares seleccionados por el INIA, denominados V-2 y Roque.

El subtipo Miahuteco, se cultiva principalmente en el Estado de Puebla. Presenta frutos más pequeños (más estrechos y más largos) y más picantes que el chile ancho. Se consume principalmente en fresco. En este estado su color es verde claro, pero en madurez puede ser rojo o achocolatado.

El subtipo cristalino o De Chorro se produce a nivel familiar en el norte de Guanajuato y de Durango. Los frutos son grandes, de color verde amarillento. La carne es delgada y muy picante. La producción se consume casi exclusivamente en verde.

El subtipo De Ramos se cultiva en Ramos Arizpe, los frutos son muy picantes. El consumo es principalmente en verde.

El subtipo negro se produce en los valles centrales de Oaxaca.

El subtipo Criollo Dulce es de sabor no picante, como indica su nombre. Se produce en explotaciones familiares entre Tabasco y Campeche.

1.2.3 Clasificación del Chile Ancho con base en su calidad

Los chiles para consumo humano en forma deshidratada enteros o “secos” no escapan a la gran variación en tipo y forma, lo que hace necesaria su descripción y clasificación. Para ello, se hace referencia a sus especificaciones en la NMX -- FF-107/1-SCFI-2006.

De acuerdo con esta norma el chile seco entero, del género *Capsicum*, destinado para consumo humano se clasifica en 4 grados de calidad, en orden descendente (Figura 2):

- Extra
- Primera
- Segunda
- Tercera ó fuera de clasificación

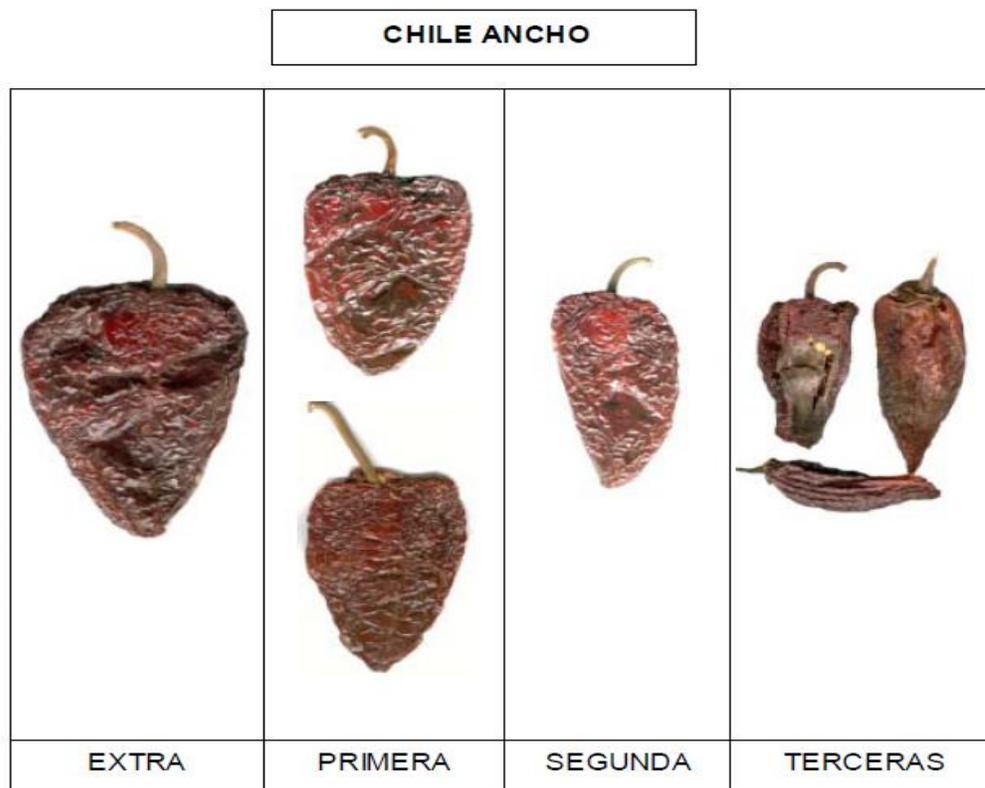


Figura 2. Tipos de chile ancho. NMXFF- 10 7/ 1- SCFI- 2006 17/ 23

El producto clasificado se designa por su nombre, tipo, tamaño y calidad, siendo el tamaño un parámetro de diferenciación comercial para las diferentes variedades de chiles, como se puede apreciar en la **tabla 1**.

Tabla 1. Clasificación de Tamaño por Tipo de Chile Seco Entero'

Tipo	Tamaño	Longitud (cm.)	Ancho (cm.)	Peso (g)
Guajillo	EXTRA	> 14	>3	>9
	PRIMERA	10 - 14	2,5-3	5-9
	SEGUNDA	<10	<2,5	<5
Puya	EXTRA	>10	> 1,5	> 3,5
	PRIMERA	8 - 10	1,0- 1,5	3,0- 3,5
	SEGUNDA	<8	<1,0	<3,0
Ancho	EXTRA	>10	>6	>22
	PRIMERA	7- 10	5-6	20-22
	SEGUNDA	7 -10	< 5	<20
Mulato	EXTRA	>10	>7	>17
	PRIMERA	7 -10	5-7	14 a 17
	SEGUNDA	< 7	< 5	<14
Pasilla	EXTRA ó "FLOR"	>20	>3	>7,5
	PRIMERA	14 - 20	2,5-3	7,0 – 7-5
	SEGUNDA	<14	< 2,5	<7,0
De árbol	EXTRA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
	PRIMERA	9 - 11	> 1,0	1,0 – 1,5
	SEGUNDA	7 < 9	< 1,0	<1,0

Fuente: NMXFF- 10 7/ 1- SCFI- 2006 17/ 23

El producto designado como tercera o fuera de clasificación, primordialmente se utiliza para elaborar subproductos. Coloquialmente se le conoce como pinto, "chirsol" ó rezaga.

En la **tabla 2**, se observa un comparativo acerca de las características de los diferentes tipos de chiles del género *Capsicum annuum*. Como se puede ver, las características que determinan la calidad de los chiles estan basados en criterios que incluyen la coloración, el tamaño y la forma de los chiles.

Tabla 2. Especificaciones de calidad para Chiles Secos Enteros

TIPO	CALIDAD	TAMAÑO		PESO (g)	PESO DE PULPA (g)	Color (Angulo de Matiz)	PUNGENCIA (°Scoville)	ESPECIFICACIONES SENSORIALES
		Longitud (cm.)	Ancho (cm.)					
GUAJILLO O MIRASOL	EXTRA	> 14	>3	>9	= ((0,729 8)(PESO)-0,237 2)) (0,85)	47,33 - 56,06	3 000 – 5 000	Enteros, sanos, grandes, color rojo intenso u oscuro uniforme, no presenta decoloración, Lisos, Sin manchas, quemaduras, raspaduras ni deformaciones
	PRIMERA	10-14		5-9				Enteros, sanos, grandes y medianos, color rojo intenso u oscuro uniforme, no presenta decoloración, lisos, sin manchas, quemaduras, raspaduras ni deformaciones
	SEGUNDA	<10	<3,5	<5				Enteros o parcialmente quebrados, sanos, generalmente medianos, levemente decolorados, rugosos, Pueden presentar manchas, quemaduras, raspaduras y/o deformaciones.
PUYA	EXTRA	8 - 12	> 1,5	> 3,5	= ((0,7908)(PESO)-0,5048)) (0,85)	45,48 - 46,51	5 000 – 30 000	Enteros, sanos, medianos, color rojo intenso u oscuro uniforme, no presenta decoloración, lisos, sin manchas, quemaduras, raspaduras ni deformaciones.
	PRIMERA	8-12		> 3,5				Enteros, sanos, medianos, color rojo intenso u oscuro no totalmente uniforme, No presenta decoloración, lisos, sin manchas, quemaduras, raspaduras ni deformaciones.
	SEGUNDA	<8	<1,5	<3,5				Enteros o parcialmente quebrados, muy pequeños o grandes en su tipo, rugosos, ligeramente decolorados, pueden presentar manchas, quemaduras, raspaduras y/o deformaciones.
ANCHO	EXTRA	>10	>6	>22,4	= ((0,736 4)(PESO)-0,089 8)) (0,85)	54,07 – 59,21	1 000 – 1 500	Enteros, Sanos, Grandes, Forma acorazonada o triangular, Color rojo claro a rojo fuerte u oscuro uniforme, No presenta decoloración, Rugosos, Sin manchas, quemaduras, raspaduras ni deformaciones.
	PRIMERA	<10	5-6	>22,4				Enteros, Sanos, Medianos y Grandes, Color rojo intenso u oscuro uniforme, No presenta decoloración, Rugosos, Sin manchas, quemaduras, raspaduras ni deformaciones.
	SEGUNDA	<10	< 5	<22,4				Enteros o parcialmente quebrados, Sanos, Medianos y Chicos, Ligeramente decolorados, Rugosos, Pueden presentar manchas, quemaduras, raspaduras y/o deformaciones.
MULATO	EXTRA	>10	>7	>17	= ((0,784 3)(PESO)-0,166 3)) (0,85)	70,54 – 71,27	1 000 – 1 500	Enteros, Sanos, Grandes, Forma acorazonada o triangular, Color negro uniforme intenso. No presenta decoloración, Rugosos, Sin manchas, quemaduras, raspaduras ni deformaciones.
	PRIMERA	7-10	5-7	14 - 17				Enteros, Sanos, Medianos y Grandes, Color negro uniforme intenso. No presenta decoloración, Rugosos, Sin manchas, quemaduras, raspaduras ni deformaciones.
	SEGUNDA	<7	< 5	<14				Enteros o parcialmente quebrados, sanos, chicos y medianos, negro no uniforme, decolorados, rugosos. Pueden presentar manchas, quemaduras, raspaduras y/o deformaciones.
PASILLA	EXTRA o FLOR	>20		>7,5	= ((0,888 9)(PESO)+0,118 7)) (0,85))	70,28 – 74,86	1 000 – 1 500	Enteros, Sanos, Grandes, Color negro uniforme intenso. No presenta decoloración, Rugosos, Sin manchas, quemaduras, raspaduras ni deformaciones.
	PRIMERA	14-20	>3	>7,5				Enteros, Sanos, Grandes y Medianos, Color negro uniforme, No presenta decoloración, Rugosos, Sin manchas, quemaduras, raspaduras ni deformaciones.
	SEGUNDA	<14	2-3	<7,5				Enteros o parcialmente quebrados, Sanos, Medianos y chicos, Color negro no uniforme y/o verdoso. Levemente decolorados, Liso, Puede presentar manchas, quemaduras, raspaduras o deformaciones.
ARBOL	EXTRA	No aplica	No aplica	No aplica	-----	46,74 – 57,23	5 000 – 30 000	No aplica
	PRIMERA	8-11	> 1,0	1,0 – 1,5				Enteros, sanos, grandes en su tipo, Color rojo intenso en su tipo, Sin ninguna decoloración, Sin manchas, quemaduras, raspaduras ni deformaciones.
	SEGUNDA	7 < 9	< 1,0	<1,0				Enteros, Sanos, Frutos medianos en su tipo, Color rojo intenso en su tipo, Pueden presentar decoloración, Pueden presentar manchas, quemaduras, raspaduras y/o deformaciones

Fuente: NMXFF- 10 7/ 1- SCFI- 2006 17/ 23

Especificaciones sensoriales

Los chiles secos enteros deben cumplir ciertas características propias del género para poder ser comercializados. Estas son las siguientes:

- Presentar forma y color característicos.
- Presentar sabor (pungencia ó picor) característico de acuerdo al tipo.
- Presentar fuerte olor característico.
- Estar bien desarrollados, enteros, sanos, limpios, de consistencia firme y textura brillante.
- Provenir de frutos cosechados en el grado de madurez óptimo y con pedúnculo.
- Estar sin humedad exterior anormal.
- Estar libres de pudrición o descomposición.
- Estar libres de defectos de origen mecánico, entomológico, microbiológico, meteorológico y genético-fisiológico.
- Estar libres de insectos, hongos y fragmentos de insectos así como de contaminantes de roedores.
- Estar libres de materia extraña.

1.2.4 Distribución

Esta hortaliza se siembra comercialmente desde el nivel del mar, en las regiones tropicales de la costa, hasta los 2500 metros de altura en las regiones templadas de la Meseta Central. Por el amplio intervalo ambiental que permite su producción durante todo el año, se satisface la demanda del producto en las principales ciudades.

Es muy posible que este chile iniciara su cultivo a gran escala en el valle de Puebla, de ahí el término poblano, también utilizado para este chile cuando se consume en verde.

Actualmente su cultivo se extiende principalmente por los regadíos de las zonas semiáridas de la zona central de México, en una superficie estimada de 15,000 hectáreas. Se cultiva en todo el mundo en su forma domesticada (Nee, 1986).

En México el cultivo de este tipo de chile se realiza principalmente en cuatro zonas, las cuales son la Costa Oeste, Costa Este, Península de Yucatán y Meseta Central. La Costa Oeste en el Norte del país suministra gran cantidad de la producción invernal requerida para el mercado mexicano de los tipos Ancho y Serrano. De diciembre a junio es el principal periodo de cosecha.

De acuerdo con las cifras de la FAO sobre comercio mundial de las principales zonas productoras a nivel mundial solo una aparece como claramente exportadora de chile deshidratado, China. El que el Mediterráneo o México no aparezcan como exportadores de chile deshidratado, no niega la categoría exportadora de esos territorios. Estos son vendedores en el exterior de productos derivados del cultivo de *Capsicum* en alguna otra de sus variedades.

Los países importadores de cultivos deshidratados son Malasia, E.U., Singapur, España, Alemania, China y México. Algunos de ellos son grandes productores e incluso exportadores, debido a que son centros de intercambio comercial a nivel internacional (Nuez, 1996).

Los altos costos de transporte tanto aéreo como terrestre, dificultan los intercambios comerciales a largas distancias. La perecibilidad de este tipo de cultivo aumenta más la dificultad de transporte.

La situación cambia en el caso de conservas vegetales y cultivos deshidratados. Sin embargo, en estos casos, la pérdida de color del producto puede ser rápida y la demanda continua a nivel mundial se puede surtir gracias al cultivo combinado en ambos hemisferios.

1.2.5 Producción de Chile Ancho

En México la superficie sembrada del género *Capsicum* es de 150 mil hectáreas, cuya producción representa 800 mil toneladas de chile verde y, en menor medida, chile seco, y genera un valor de producción de 10 mil 900 millones de pesos.

México es el segundo lugar a nivel mundial como productor de chile siendo el estado de Zacatecas el principal productor de la República Mexicana. Y es el tercer país exportador de la hortaliza. El chile Ancho, Serrano, Jalapeño y Mirasol ocupan el 70% de la superficie nacional cultivada.

Los mexicanos somos los mayores consumidores de chile en el mundo con un promedio anual de ocho kilos por habitante.

No obstante la importancia del chile en nuestra dieta, pues el consumo por cabeza es mayor que en cualquier parte del mundo, en un estudio realizado por la Universidad Autónoma de Chapingo y la Universidad Autónoma de Zacatecas, se pone de manifiesto que México ocupa el sexto lugar en la producción de *Capsicum* después de China, España, Turquía, Nigeria y la India (Nuez, 1996).

La baja producción de México se debe principalmente a que en casi todas las regiones productoras se obtienen muy bajos rendimientos debido al bajo nivel de tecnología y al uso de cultivos criollos, que generalmente son susceptibles a plagas y enfermedades. Los costos de producción así como el precio del producto son muy altos y hacen que éste no pueda competir con el de Estados Unidos y el de otros países que tienen menores precios. En 1990 los rendimientos de México fueron de 9 222 kilogramos por hectárea, mientras que los de Estados Unidos sumaron casi 12 000.

No obstante, el chile es uno de los 10 más importantes productos hortícolas que se comercializan en la central de abasto del D.F. donde el jalapeño, el serrano y el chile poblano son los de mayor venta. De allí se revenden a otros estados de la república, principalmente al sur y sureste del país. Por medio de esta canalización,

los comerciantes mayoristas tienen capacidad para influir en los precios del chile en otras partes del país e incluso de determinarlos.

Por otra parte, en el sector de los chiles secos, las principales variedades cultivadas en el 2008 fueron el seco Ancho, el Guajillo y el Mirasol, los cuales representaron en ese periodo el 73.6% del total de las variedades producidas (SIACON-SAGARPA, 2010).

La producción de chile seco en México corresponde al 40% del total de los chiles que se cultivan, predominando los siguientes: Ancho, Mulato, Mirasol, Pasilla, de Árbol y otros de menor importancia (ITESM, 1995). Sin embargo, la proporción varía de acuerdo a la demanda de las distintas variedades del producto.

1.2.6 Usos

El uso del chile en productos industrializados va en aumento. Actualmente la quinta parte de la producción nacional se procesa para salsas picantes y chiles enlatados y en polvo. Hay un avance en la fabricación de oleorresinas o extractos solubles del *Capsicum* hechas a partir de chiles secos picantes, para agregar una pungencia sutil o sabor delicado a algunos alimentos como mayonesas, hojuelas de maíz, papas fritas y rones.

Las oleorresinas del *Capsicum* tienen ventajas sobre el producto entero o en polvo, por que eliminan las bacterias durante el proceso industrial, lo que permite un almacenamiento más prolongado, sin problemas de crecimiento de hongos, insectos o pérdida de color.

México es uno de los principales centros de origen y dispersión del género *Capsicum* y es el centro de origen de la especie *annuum* que ha generado una gran diversidad de tipos de chile cuya forma, tamaño, color y sabor son variados y por tanto se usan de diversas maneras ya sea como alimento primario, como colorante o como condimento.

Las plantas de chile son cultivadas en todo el mundo. Los frutos son comestibles (Nee, 1986), también tiene un uso medicinal y como estimulante local (Correll y

Johnston, 1970). La forma silvestre es recolectada para uso doméstico, pero también en forma comercial en algunas regiones.

El grado de pungencia en los chiles está determinado por una sustancia llamada “capsaicina” cuya intensidad se expresa en unidades Scoville. Esta sustancia es un poderoso antioxidante por lo que se le atribuyen propiedades anticancerígenas y previene la posible formación de coágulos en la sangre. Investigaciones médicas recientes comprueban su efectividad al utilizarlo como anestesia; su valor por las vitaminas que aporta es muy conocido. Es una fuente de vitamina C y A. contiene más del doble de vitamina C que los cítricos, además de que provee vitamina E, B, B1, B2 y B3 (Longo, 1998).

Los chiles secos contienen una buena cantidad de provitamina A, que en el hígado se transforma en vitamina A, al grado que con tres o cuatro gramos de chile rojo al día se cubren los requisitos del cuerpo humano, particularmente de chile guajillo que es el chile que la contiene en mayor porcentaje.

Existe una correlación inversa entre la cantidad de capsaicina y la de vitamina C, ya que los chiles menos picantes, como los pimientos, contienen más vitamina C que los chiles picantes.

El chile estimula el apetito, aumenta la secreción salival y es un tónico del jugo gástrico.

Desde épocas antiguas el chile ha sido utilizado como planta medicinal en multitud de remedios. Actualmente, la capsaicina se usa para combatir el dolor, debido a que al ingerir chiles el cerebro libera endorfinas (analgésicos naturales), las cuales provocan una sensación de bienestar. Es una de las sustancias más recetadas para combatir los dolores artríticos, aliviar el dolor postoperatorio de mastectomías y el dolor del miembro fantasma que aparece después de las amputaciones, ya que produce en el organismo la liberación de un antiinflamatorio natural (Kinsella et al, 1993).

La Sociedad Americana de Enfermedad del Sistema Digestivo publicó en el 2007 que las comidas picantes no provocan úlcera o dañan al estómago: de hecho, el chile promueve la buena digestión, aumenta la producción de saliva y de jugos gástricos, mientras la capsaicina forma una corteza en la pared abdominal que la protege de los daños producidos por los ácidos y el alcohol e incluso el chile puede reducir la presión arterial.

1.3 Información nutrimental del Chile Ancho

Se pueden encontrar diversas fuentes en las cuales está referida la composición química del chile. La tabla 3 muestra un compendio de la información reportada por el Instituto Nacional de Nutrición Salvador Zubirán en comparación con los presentados por la United States Department of Agriculture (USDA) y la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).

Tabla 3. Información Nutrimental del Chile (g / 100 g muestra)

<i>Componente</i>	<i>INNSZ¹</i>	<i>USDA²</i>	<i>FAO³</i>
<i>Agua</i>	10.1	22.63	10.1
<i>Hidratos de carbono (g)</i>	62.7	51.42	62.6
<i>Proteínas (g)</i>	11.5	11.86	11.5
<i>Lípidos (g)</i>	9.8	8.2	9.8
<i>Fibra (g)</i>	0.3	21.6	-
<i>Calorías (Kcal/g)</i>	385	281	385
<i>Capsaicina (mg/ 10g de peso)</i>	-	-	-
<i>Cenizas (g)</i>	-	5.89	6
<i>Minerales</i>			
<i>Calcio (mg)</i>	94	61	94
<i>Fósforo (mg)</i>	-	201	5.7
<i>Hierro (mg)</i>	5.7	10.93	-
<i>Magnesio (mg)</i>	-	113	-
<i>Potasio (mg)</i>	-	2411	-
<i>Sodio (mg)</i>	-	43	-
<i>Zinc (mg)</i>	-	1.42	-

Cobre (mg)	-	0.508	-
Manganeso (mg)	-	1.279	-
Selenio (µg)	-	2.9	-
Vitaminas			
Vitamina A, RAE mcg_RAE	1030.50	1022	2061
Caroteno (mg)	-	-	-
Tiamina (mg)	0.18	0.179	0.18
Riboflavina (mg)	1.03	2.255	1.03
Niacina (mg)	5.3	6.403	5.3
Ac. Ascórbico (mg)	76	2	76
Ac. Pantoténico (mg)	-	1.993	-
Vitamina B-6 (mg)	-	3.535	-
Folato total (µg)	-	69	-
Folato, alimento (µg)	-	69	-
Folato, DFE (mcg_DFE)	-	69	-
Vitamina A, IU (IU)	-	20438	-
Lípidos			
Ácidos grasos saturados totales (g)	-	0.82	-
Ácidos grasos monoinsaturados totales (g)	-	0.492	-
18:1 (g)	-	0.41	-
Ácidos grasos poliinsaturados totales (g)	-	4.511	-
18:2 (g)	-	4.265	-
18:3 (g)	-	0.164	-
Aminoácidos			
Triptófano (g)	-	0.155	-
Treonina (g)	-	0.425	-
Isoleucina (g)	-	0.373	-
Leucina (g)	-	0.605	-
Lisina (g)	-	0.515	-
Metionina (g)	-	0.142	-
Cistina (g)	-	0.219	-
Fenilalanina (g)	-	0.361	-
Tirosina (g)	-	0.245	-
Valina (g)	-	0.489	-
Arginina (g)	-	0.554	-
Histidina (g)	-	0.232	-

<i>Alanina (g)</i>	-	0.476	-
<i>Ácido aspártico (g)</i>	-	1.661	-
<i>Ácido glutámico (g)</i>	-	1.532	-
<i>Glicina (g)</i>	-	0.425	-
<i>Prolina (g)</i>	-	0.502	-
<i>Serina (g)</i>	-	0.464	-

¹ INNSZ (Instituto Nacional de Nutrición Salvador Zubirán), 2000

² USDA (National Nutrient Database for Standard Reference) Release 24, 2011

³ FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), 2012

Es importante considerar todo lo que pueda variar la composición química de un alimento dado, aún en su medio natural: las distintas variedades, su diferente madurez y las condiciones del suelo y su fertilidad, por lo que los valores promedio presentados en la tabla anterior son un promedio del análisis de varios productos. Los valores definidos son los que se atribuyen a la especie en general y por lo tanto el que se incluyó en la tabla.

Realizando un comparativo, en el caso de la humedad es muy diferente entre los valores del Instituto Nacional de Nutrición y la FAO contra con las de USDA, ya que en este último es más del doble. En cuanto a lípidos, proteínas e hidratos de carbono; los resultados son muy similares. Respecto a los demás puntos reportados, no se puede hacer una comparación precisa debido a que es únicamente la USDA quien reporta datos en este rubro. La variabilidad de estos resultados se explica por las diferencias en las muestras tomadas para la realización de los análisis.

1.4 Industria del pimiento deshidratado

Los criterios exigibles a las variedades de chile para deshidratar, bien para la obtención de chiles deshidratados molidos o la de colorantes (oleorresinas), son los siguientes:

- Alta productividad

- Alto contenido en colorantes o en el colorante específico que se desee. Esto implica también que las partes del fruto que no aportan colorantes (placenta, semilla, pedicelo y cáliz) sean proporcionalmente pequeñas.
- Para el comercio internacional, preferiblemente, ausencia de capsaicina.
- Bajo contenido en agua de los frutos (carne fina), para abaratar el proceso de deshidratado.
- Resistencia al almacenamiento.
- Variedades adaptadas al cultivo mecanizado.
- Resistencia a accidentes, plagas y enfermedades.

Las variedades de pimiento para la industria de la deshidratación presentan la indudable ventaja de no requerir una forma o tamaño de fruto específico. Incluso no se exige uniformidad en los frutos, siempre que ello no interfiera en la posible mecanización de la cosecha o del proceso industrial.

Para la obtención del Chile Ancho, es necesario someterlo a un proceso de deshidratación, con el fin de eliminar la mayor cantidad de agua presente en el mismo.

1.5 Secado

El secado es la aplicación de calor en condiciones controladas para eliminar el agua de los alimentos. Un propósito del secado es aumentar la vida de anaquel de los alimentos mediante la reducción de la actividad del agua, lo que inhibe el crecimiento microbiano y la actividad de las enzimas. La reducción del peso y el volumen en el secado también reduce los costos de transporte y almacenamiento y, para algunos tipos de alimentos, proporciona mayor variedad y conveniencia para el consumidor. Sin embargo, la deshidratación también afecta la calidad nutritiva y el sabor de los alimentos (Sharma, 2003).

El valor nutritivo de la mayoría de los alimentos deshidratados no se ve afectado de forma importante por el proceso, pero la mayor parte de ellos, una vez rehidratados, no presentan las características del producto fresco, ni en sabor ni en textura, y normalmente requieren también mayor tiempo para su cocción. Por lo

tanto, no siempre será aconsejable consumir los alimentos deshidratados reconstituidos, después de haberles incorporado el agua que han perdido en el proceso, sino que algunas veces el secado es capaz de transformar una materia prima para conseguir un producto con características y usos completamente distintos a los originales (Casp, 2003).

1.5.1 Fundamentos de la eliminación de agua

La presencia de agua en los alimentos contribuye de forma importante a su deterioro, por lo tanto la disminución del contenido de agua en un alimento reduce la posibilidad de su alteración biológica y también; de forma apreciable, las velocidades de otros mecanismos de deterioro (Casp, 2003).

La eliminación del agua presenta dos problemas importantes: por una parte, el riesgo de alteración de la calidad nutricional y sobre todo organoléptica del producto tratado y por otra, un consumo notable de energía. La falta de selectividad de la eliminación de agua puede producir pérdidas de aromas, más volátiles que el agua, sobre todo si se realiza a vacío. En cuanto al consumo energético, unas técnicas de eliminación de agua son menos costosas que otras, pero son precisamente las menos costosas las que más alteran la calidad del producto.

Los métodos de secado pueden ser clasificados, de manera general, y en función del sistema de eliminación de agua aplicado, como: (a) secado térmico, (b) deshidratación osmótica y (c) desaguado mecánico.

Deben tenerse en cuenta muchos factores a la hora de seleccionar un proceso de secado. Estos factores son: (a) el tipo de producto a secar, (b) las propiedades deseadas en el producto acabado, (c) la susceptibilidad del producto al calor, (d) los pretratamientos requeridos, (e) el capital a invertir y los costes del procesado, y (f) los factores ambientales (Shafiur, 2003).

1.5.2 Proceso básico de secado

La eliminación de agua de los alimentos se consigue mayoritariamente utilizando aire seco (excepto para algunas operaciones tales como liofilización y deshidratación osmótica) que elimina el agua de la superficie del producto y la lleva hacia afuera (Bárbosa y Vega, 2000).

La diversidad de productos alimentarios existente ha llevado a desarrollar muchos tipos de secaderos para la industria alimentaria. La selección de un tipo particular de secadero y, por tanto, de método de secado, depende de una serie de factores entre los cuales se incluye la forma física deseada y las características del producto, las condiciones necesarias de operación y los costes de la misma.

1.5.3 Tipos de secado para la obtención de chile ancho

El secado es un proceso por el que los chiles maduros se deshidratan para ser guardados y utilizados por un periodo de año y medio, con un peso cinco veces menor que los frescos.

Hay varias maneras tradicionales de secar los chiles, como son: el secado en la planta, secado solar, el secado en paseras, y el horneado. A continuación se describe brevemente los más utilizados en la actualidad.

Los chiles maduros se cortan de la planta y se depositan en grandes cestos que a su vez son llevados a un transporte que los lleva al centro o área de secado (Lesur, 2006).

Secado al sol

La práctica del secado de alimentos cosechados mediante diseminación en finas capas expuestas al sol se denomina *secado solar abierto* o *secado solar natural* (Garg, 1987).

La utilización del sol para reducir el contenido de agua de un producto, es el procedimiento más ancestral y menos costoso de conservación. Diversos autores indican que en el paleolítico, hace 400.000 años, se secaban al sol alimentos,

carnes y pescados especialmente. Las hortalizas deshidratadas se comercializan desde hace aproximadamente un siglo. Hoy todavía se utiliza para el secado de frutas: higos (*higos secos*), uvas (*uvas pasas*), melocotones (*orejones*), ciruelas (*ciruelas pasas*), etc., y para obtener la sal por evaporación del agua de mar (Casp, 2003).

En el secado al sol se emplea la energía radiante procedente del sol. Este sistema de secado es un proceso no contaminante y usa energía renovable. Además, es una fuente de energía abundante que no puede ser monopolizada y satisface los requerimientos globales para el Desarrollo Sostenible. (Shafiur, 2003).

No obstante, el secado solar tiene varias desventajas que limitan su uso para producciones a gran escala, entre estas se pueden citar los elevados costos de mano de obra, la necesidad de grandes superficies, ausencia de posibilidades de control del proceso de secado, infestación por insectos, posible degradación de los alimentos debida a reacciones bioquímicas y desarrollo de microorganismos, debido entre otras cosas a los largos tiempos de secado (Dias y Durán, 2006).

El método tradicional de secado al sol consiste en distribuir el producto en una capa fina sobre una superficie uniforme. El producto se remueve y voltea periódicamente durante el secado. La temperatura del producto durante el secado al sol oscila entre 5 y 15 °C por encima de la temperatura ambiente y el tiempo de secado puede alcanzar 3-4 semanas.

El paso de la energía solar a través de la atmósfera se muestra en la **figura 3**, tal como lo trató Norton (1991). Las moléculas de aire, gotas de agua, polvo y nubes cubren, dispersan y absorben parte de la radiación solar cuando entra en la atmósfera, lo que provoca una reducción de la radiación solar directa que alcanza la superficie de la tierra. Las zonas climáticas identificadas a lo largo del mundo se clasifican en tropicales, semiáridas, áridas o desiertos, frías, de verano seco y tundra, basándose en un nivel característico de insolación, que es importante cuando se diseña un secadero solar.

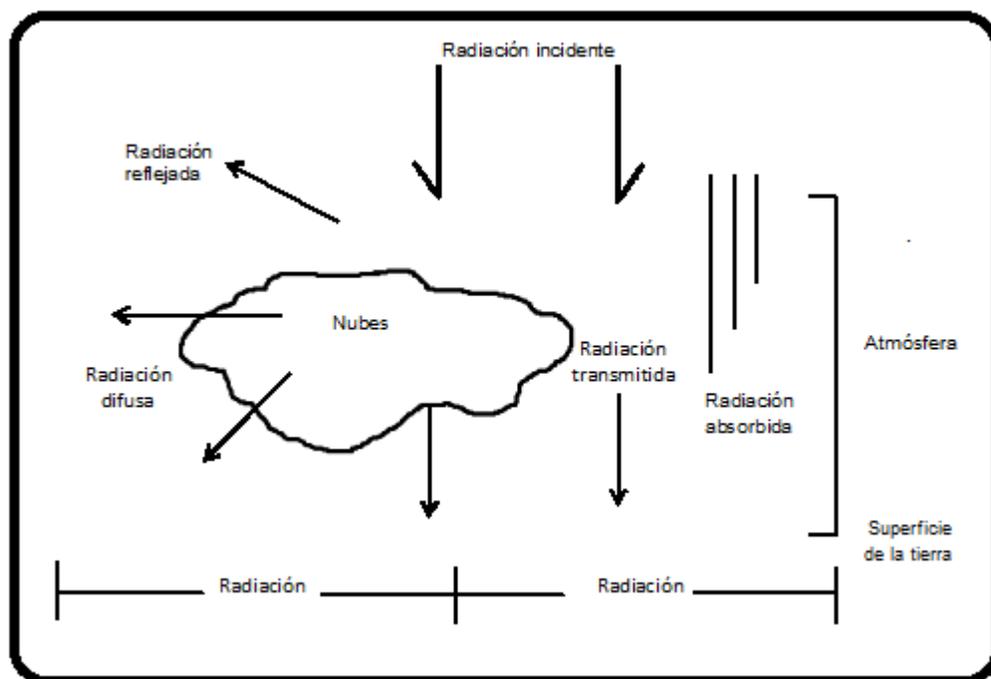


Figura 3. Paso de la luz solar a través de la atmósfera. (Norton, 1991)

El secado al sol es el medio más barato y más accesible para preservar alimentos en los países en desarrollo, pero ocurren pérdidas considerables de carotenos precursores de vitamina A. Secar al sol y proteger el alimento de la luz directa minimiza la destrucción de las provitaminas.

Secado en la planta

El secado en la planta es probablemente el primero y más primitivo método que todavía se usa en la actualidad y consiste en dejar en la planta los chiles desarrollados y maduros para que se comiencen a secar en ella antes de que llegue la primera helada. Antes de que las plantas estén completamente secas se arrancan desde sus raíces y se apilan hasta que todos los frutos se sequen totalmente. Entonces la fruta se separa de la planta, quedando con casi el mismo volumen que cuando estaba fresca. En este estado resiste muy poca presión sin romperse.

Paseras

El secado por “paseras” se realiza con calor del sol. El proceso consiste en cosechar los frutos cuando éstos han madurado completamente a rojo. Posteriormente, los frutos son trasladados a las paseras, que son camas o pequeñas terrazas con un ligero declive para evitar encharcamiento en caso de lluvia; el declive debe estar orientado hacia la mayor exposición de los rayos del sol. Sobre las camas se extiende una capa de paja de frijol, de cereales o hierba seca, la cual permite el paso del aire y el agua de lluvia, evitando así que los frutos se pudran. Posteriormente se extiende una capa de chiles, los cuales son volteados diariamente para que el secado sea uniforme y evitar daños por quemaduras del sol. Estos frutos son de mayor calidad y tienen mejor precio.

Horneado

.El horneado posee un objetivo secundario, que es la conservación del alimento por destrucción de su carga microbiana y por reducción de su actividad de agua en su superficie. En el horno, el calor pasa al alimento por radiación desde las paredes, por convección del aire circulante y por conducción a través de la bandeja sobre la que descansa. La mayor parte del intercambio calórico se produce por conducción. La radiación infrarroja es absorbida por el alimento y convertida en calor por interacción con las moléculas de sus componentes

Al introducir un alimento en un horno el agua de su superficie se evapora y el aire caliente la arrastra. La baja humedad relativa en el horno crea un gradiente de presión de vapor que impulsa el paso del agua desde el interior del alimento a su superficie (Fellows, 1994).

Esta operación se efectúa por calor artificial en un túnel largo, de cemento, con dos entradas y dos salidas; en la parte de en medio hay otro túnel con una cámara a lo largo del cuarto y un quemador de diesel o de gas en un extremo. Los chiles se transportan dentro de los túneles en carros, con bastidores o charolas, con fondo de malla de alambre; el secado se realiza a temperaturas entre los 60 y 80 °C, con un tiempo de 30 a 40 horas para lograr la extracción del agua del chile. El

paso siguiente es el enfriado, para lo cual se depositan en un piso de cemento y mediante un rociado de agua potable para evitar la pérdida excesiva de agua y lograr el buen manejo del empaque.

Para reducir el contenido de humedad en el secado de diversos materiales de proceso, por lo general se estima el tamaño del secador necesario, las diferentes condiciones de operación de humedad y la temperatura del aire empleado, y el tiempo necesario para lograr el grado de secado. No es posible predecir el contenido de humedad de equilibrio de diversos materiales, y debido a que el conocimiento de los mecanismos básicos de las velocidades de secado es bastante incompleto, en muchos casos es indispensable obtener algunas mediciones experimentales de las velocidades de secado (Geankoplis, 1998).

Los datos obtenidos experimentalmente se pueden convertir en curvas de secado mediante fórmulas preestablecidas. En la **figura 4** se muestra la curva de velocidad de secado para condiciones de secado constante.

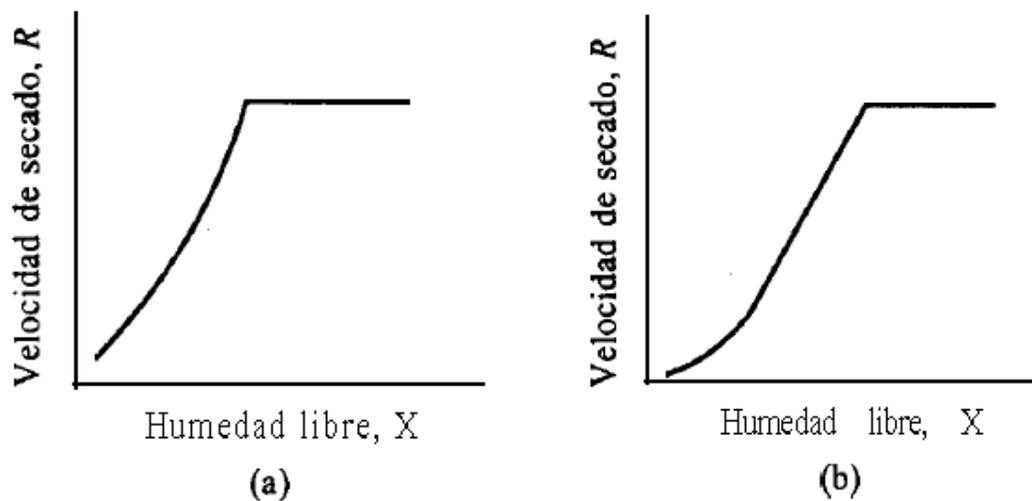


Figura 4. Curvas típicas de velocidad de secado: a) periodo de velocidad decreciente controlado por difusión. b) periodo de velocidad decreciente controlado por capilaridad en un sólido de poros finos (Geankoplis, 1998).

1.6 Proteínas

Los aislados proteicos juegan un papel importante en diversas formulaciones tanto de alimentos tradicionales como de nuevos productos, su aceptabilidad depende de la calidad sensorial, valor nutricional y de sus propiedades funcionales.

1.7 Propiedades funcionales de las proteínas

La funcionalidad de las proteínas alimentarias se define como aquellas propiedades físicas y químicas que derivan del comportamiento de las proteínas en los sistemas alimenticios durante el procesado, el almacenamiento, la preparación y el consumo (Fennema, 1993).

Estas propiedades están relacionadas con las características físicas y químicas de las proteínas: tamaño, forma, composición, cadena de aminoácidos, carga neta y distribución de las cargas; cociente hidrofobicidad/hidroficidad; estructura secundaria, terciaria y cuaternaria; el grado de flexibilidad-rigidez y la capacidad de interaccionar con otros componentes. También dependen de factores extrínsecos, tales como: características del disolvente, temperatura, valor del pH, fuerza iónica, cationes divalentes, desnaturizantes, otras macromoléculas (Lampart-Szczapa y col., 2001).

La estabilidad de las proteínas es de particular relevancia en la determinación de su funcionalidad en los sistemas alimenticios. Esto es debido a que una propiedad funcional particular es a menudo gobernada por un estado conformacional específico de la proteína y cualquier alteración de este estado afecta su funcionalidad.

La desnaturalización de las proteínas de los alimentos es un prerrequisito para la exhibición de cualquier propiedad funcional (Damodaran, 1997).

Se han hecho varias clasificaciones a las propiedades funcionales, pero éstas pueden considerarse como una manifestación de dos aspectos moleculares de las proteínas: (Fennema, 1993)

1. *Propiedades de hidratación.* Viscosidad (espesamiento), gelificación, y la texturización están relacionadas con esta propiedad. Dependen de la forma y la flexibilidad molecular.
2. *Propiedades de superficie.* Humectabilidad, dispersabilidad, solubilidad, propiedades espumantes, emulsificantes, y de fijación de sabores están relacionadas con las propiedades químicas y topográficas de la superficie de las proteínas.

1.7.1 Propiedades de hidratación

En la mayoría de los alimentos, el agua es el compuesto más abundante; así, las proteínas en sistemas alimenticios están generalmente en íntimo contacto con el agua.

Las estructuras de agua formadas en el entorno y los puentes de hidrógeno en el medio acuoso dentro de las proteínas contribuyen a su conformación nativa. Cualquier cambio en la conformación de las moléculas o micelas bajo el efecto de los factores extrínsecos, algunos de los cuales actúan también en las estructuras de agua, se reflejan en las interacciones de las proteínas y el agua, dando lugar a cambios en la solubilidad, capacidad de retención de agua, rehidratación de los alimentos proteicos secos, e hinchamiento (Zdzislaw, 2001).

La conformación de las moléculas proteínicas depende mucho de su interacción con el agua. Esta interacción depende de los grupos polares de la proteína, tales como grupos carboxilo, hidroxilo, amino, carbonilo y sulfhidrilo. La mayoría de las proteínas contienen numerosos sitios polares en cadenas a lo largo de su estructura peptídica, haciéndolos hidrofílicos. También depende de la cantidad de agua y de la actividad de la misma. La interacción con el agua es, tal vez, la propiedad más importante que poseen las proteínas, debido a que sin ella la proteína no funcionará (Pomeranz, 1985).

Los factores que afectan el mecanismo de interacción proteína-agua incluyen la conformación y factores ambientales que afectan la polaridad de la proteína y/o la

conforman. Los cambios conformacionales en las moléculas proteínicas pueden afectar la naturaleza y disponibilidad de los sitios de hidratación.

La mayor parte de los alimentos son sistemas sólidos hidratados y el comportamiento físico, químico y reológico de las proteínas y los otros constituyentes del alimento, está influenciado no solo por la presencia de agua sino también por la actividad del agua. Por otro lado, para utilizar los concentrados y aislados secos de proteínas, hay que hidratarlos; por esta razón, es de gran interés práctico estudiar las propiedades de hidratación y rehidratación de las proteínas alimenticias (Cheftel, 1989).

Absorción de agua

La absorción de agua y humectabilidad son términos que se refieren a la tendencia del agua a asociarse con distintos grados de tenacidad a sustancias hidrofílicas. La extensión y tenacidad de estos procesos depende de un gran número de factores.

La capacidad de ligar agua varía dependiendo del tipo de proteína y su concentración, presencia de carbohidratos, lípidos, pH y sales, así como también puede estar influida por las condiciones del proceso previo. La mayoría de las propiedades funcionales están determinadas por el equilibrio de todos estos factores.

Las variaciones de pH, al modificar la ionización y carga neta de la molécula proteínica, alteran las fuerzas de atracción y repulsión entre proteínas y la capacidad de éstas para asociarse con el agua. En el punto isoeléctrico las interacciones proteína-proteína son máximas y las proteínas replegadas sobre ellas mismas manifiestan el mínimo de hidratación e hinchamiento (Cheftel, 1989).

Generalmente cuando la temperatura aumenta, la fijación de agua por las proteínas decrece debido a la disminución de los enlaces de hidrógeno, dado a que en el calentamiento se produce una desnaturalización y en ocasiones agregaciones lo que puede reducir la superficie de la molécula proteínica y la

disponibilidad de grupos polares para fijar agua. Sin embargo, cuando se calientan proteínas de estructura muy compacta, se produce una disociación y desdoblamiento de éstas moléculas por lo que pueden llegar a la superficie enlaces polipeptídicos y cadenas laterales polares que mejoran la fijación del agua (Cheftel, 1989).

También la cantidad de sal presente en el medio modifica las propiedades funcionales de las proteínas. Con concentraciones bajas de sal, la hidratación de las proteínas puede aumentar, pero con concentraciones salinas fuertes, predominan las interacciones agua-sal, en detrimento de las interacciones agua-proteína, lo que puede originar una deshidratación de las proteínas.

Como la absorción de agua se facilita por los puentes de hidrógeno que se forman entre grupos polares no ionizados y el agua dependiendo sobre todo del pH. Además, todo factor disociante de los puentes iónicos o covalentes intercadena facilitará la retención de agua (Bourgeois y Le Roux, 1986).

1.7.1.1 Capacidad de Retención de agua.

La capacidad de alimentos proteínicos para retener el agua endógena o añadida en sus estructuras contra diferentes fuerzas externas es predominantemente causada por proteínas. Esta característica ha sido nombrada tradicionalmente capacidad de retención de agua. Ejemplos alimenticios incluyen tejidos animales, en cuyos casos una pequeña cantidad de material orgánico atrapa físicamente grandes cantidades de agua.

La retención de agua en los alimentos es debido a las interacciones del agua con macromoléculas, otros solutos y diferentes estructuras del material. La cantidad de agua que está ligada a otras moléculas recibe el nombre de agua constitucional, la cual es extremadamente baja. Hay solo unos cuantos puentes de hidrógeno enlazados al agua en el interior de las moléculas de proteínas globulares. Los residuos hidrofílicos de los aminoácidos en la superficie de las moléculas participan con puentes de hidrógeno en las estructuras de agua circundantes, acomodándose como iones hidratados. El agua involucrada en estas interacciones

es llamada agua vecinal. Moléculas adicionales de agua son unidas en la multicapa alrededor de los residuos de aminoácidos. La cantidad de agua enlazada de esta forma, se conforma alrededor del 5% del total en la carne. El resto del agua está, o bien atrapada en la matriz alimenticia o libre, no restringida en movimientos, excepto por la participación en la dinámica de las estructuras de agua (Zdzislaw, 2001).

Se utilizan cuatro métodos para la determinación práctica de la absorción de agua de los ingredientes proteínicos: (Cheftel, 1989)

1. *Método de humedad relativa.* Mide la cantidad de agua absorbida a una A_w determinada (o viceversa). Este método es útil para evaluar la higroscopicidad de un polvo proteínico y la posibilidad de apelmazamiento.
2. *Método de hinchado.* Utiliza un dispositivo (aparato de Baumann) que consiste en un tubo capilar graduado acoplado a un filtro de vidrio vitrificado. El polvo proteínico se coloca sobre el filtro y puede absorber espontáneamente el agua contenida en el tubo capilar situado debajo del filtro. Se pueden determinar a la vez velocidad y extensión de la hidratación.
3. *Métodos por exceso de agua.* Consisten en exponer las muestras proteínicas a un exceso de agua, con relación a la que pueda fijar la proteína para después filtrar o aplicar moderadamente una fuerza centrífuga o de compresión que separe el exceso de agua retenida. Este método es aplicable en las proteínas poco solubles.
4. *Método por saturación de agua.* Se mide la cantidad de agua necesaria para conseguir un estado de saturación de la proteína en agua (retención máxima de agua determinada por centrifugado).

1.7.2 Propiedades de superficie

Las propiedades funcionales de superficie más importantes son la capacidad emulsificante y la capacidad espumante.

Estas propiedades están relacionadas con la capacidad que tienen las proteínas para disminuir las tensiones entre la fase hidrofílica e hidrofóbica de un alimento.

1.7.2.1 Propiedades de emulsificación

Las emulsiones son dispersiones de dos líquidos no miscibles, de los cuales uno se encuentra bajo la forma de pequeñas gotitas dispersas y el otro bajo la forma de una fase continua dispersante (Cheftel, 1989).

Existe una amplia gama de alimentos utilizados en todas partes del mundo que, desde el punto de vista físico son emulsiones. En los alimentos, los líquidos no miscibles son agua y lípidos. Los alimentos más comunes que se presentan como emulsiones son leche, crema, mantequilla, margarina, leche de soya, helados, mayonesa, aderezos de ensalada y queso procesado. Las propiedades reológicas características de los productos cárnicos procesados son el resultado de gelificación de la matriz de proteína y emulsificación de lípidos.

Para la formación de las emulsiones las proteínas se adsorben en la interfase entre las gotitas del aceite disperso y la fase acuosa continua, es entonces cuando la proteína se desdobra y tiende a establecer un nuevo equilibrio termodinámico y los residuos de aminoácidos no polares de la proteína se orientan hacia la fase no acuosa, la energía libre desciende y la proteína restante se adsorbe espontáneamente (Rakovsky, 1989).

Durante la adsorción, la mayor parte de las proteínas se despliegan completamente y si hay disponible una gran superficie, se extienden en una capa monomolecular. También según el pH se puede producir la ionización de las cadenas laterales de los aminoácidos lo que aporta fuerzas de repulsión electrostáticas que favorecen la estabilidad de la emulsión, mediante la oposición a las fuerzas de atracción de Van der Waals. Existe una relación crítica entre pH y fuerza iónica en la formación de emulsiones, ya que los aniones mejoran la capacidad de emulsión debido a que favorecen el desdoblamiento de las moléculas, incrementándose de esta forma el área efectiva como membrana interfase (Rakosky, 1989).

Una mezcla emulsificada de dos líquidos inmiscibles no es estable de manera natural, y tiende a separarse espontáneamente en dos fases. En diferentes

productos alimenticios, el tiempo de vida de la emulsión va desde minutos en la cerveza hasta años en cremas de licor. La película proteínica alrededor de los glóbulos de grasa con su carga electrostática y su impedimento estérico, actúa como un hidrófilo cargado para proteger la capa coloidal disminuyendo su tasa de floculación, es decir, la formación de grupos de glóbulos y de este modo, de cremación debido a la acción de la fuerza gravitacional.

La estabilidad de la emulsión (EE) se expresa frecuentemente por:

$$EE = \frac{\text{Volumen de Emulsión final}}{\text{Volumen de Emulsión inicial}} \times 100$$

Después de centrifugar la emulsión a baja velocidad o después de la decantación durante varias horas (Cheftel, 1989).

Los factores que afectan las propiedades de emulsificación están relacionados con las características fisicoquímicas de las proteínas: hidrofobicidad y carga superficial, efectos estéricos, elasticidad-rígidez, viscosidad en solución, y la habilidad de las macromoléculas de reorganizarse después de adsorberse en la interfase y formar una película continua con una alta resistencia mecánica. Un prerrequisito para la adsorción de la proteína en la interfase aceite-agua es la presencia de parches hidrofóbicos en la superficie de la macromolécula. Por lo tanto, proteínas globulares muy hidrofílicas de estructura estable no actúan bien como emulsionantes en su forma nativa porque sus residuos de aminoácidos hidrofóbicos están predominantemente enterrados en el interior de las moléculas (Zdzislaw, 2001).

1.7.2.2 Propiedades de espumado

Las espumas alimenticias son dispersiones de burbujas de gas en un líquido continuo o fase semisólida, compuesta por agua, proteínas, azúcares, lípidos, y todos los demás componentes del alimento. Estas burbujas de gas son responsables de la textura deseable de muchos productos alimenticios, incluyendo batidos de leche, crema batida, helado, merengues, espuma de la cerveza,

pasteles, aperitivos y pan. Por lo tanto, el tamaño y la distribución de las burbujas y la estabilidad de la espuma pueden ser un criterio importante de la calidad del alimento (Zdzislaw, 2001).

Muchos productos alimenticios son principalmente espuma y burbuja. El volumen del gas en las burbujas puede hacer hasta el 99% del total de la espuma. En las espumas o batidos hay una fase continua de capas líquidas delgadas, llamadas laminillas, que separa las burbujas de gas. La interfase gas/líquido puede alcanzar 1 m por mL de líquido. Para mantener la coalescencia de las burbujas de gas se necesita la presencia de agentes de superficie que rebajan la tensión de la interfase y forman una barrera protectora elástica entre las burbujas de gas atrapadas. En numerosos casos, el gas es el aire (eventualmente carbónico) y la fase continua una solución o dispersión acuosa que contiene las proteínas. (Cheftel, 1989).

La eficiencia de las proteínas como agentes espumantes depende de los factores que afectan la rapidez de migración de las moléculas en la interfase y de la habilidad de la proteína de formar fuertes películas viscoelásticas alrededor de las burbujas de gas. Las moléculas en la capa adsorbida se mantienen unidas por ionización y enlaces de hidrógeno, así como por las interacciones hidrofóbicas. La capacidad de espumado o fuerza de la espuma, es decir, la habilidad de promover espumas en el sistema, se mide por el incremento en el volumen, este es afectado principalmente por la hidrofobicidad en la superficie de la proteína (Zdzislaw, 2001).

Los polipéptidos de la desnaturalización de las proteínas sitúan sus sitios hidrofóbicos en la parte externa uniéndose con otras burbujas estando el líquido y el aire en constante movimiento a través de la espuma, y los enlaces de hidrógeno y las sales presentes de los polipéptidos de las proteínas interactúan unos con otros y juntos interaccionan con las porciones no polares de las proteínas resultando en una coalescencia de las proteínas y esto provoca que las burbujas se rompan (Cherry, 1981).

Los tres factores más importantes que contribuyen a estabilizar las espumas son: una baja tensión entre fases, una fuerte viscosidad de la fase líquida y películas de proteína absorbidas resistentes y elásticas (Cheftel, 1989).

Los pasos que se llevan a cabo en la formación de espumas son las siguientes (Cherry, 1981):

1. *Desnaturalización.* Separación de polipéptidos de las proteínas.
2. *Adsorción.* Formación de una monocapa de proteína desnaturalizada en la superficie de la solución coloidal.
3. *Atrapamiento.* Alrededor del gas en la interfase por la película y formación de burbujas.
4. *Reparación.* Adsorción continua o formación de una segunda monocapa alrededor de las burbujas para reemplazar las regiones coalescidas de la película.
5. *Contacto.* La película proteínica de burbujas adyacentes llegan a estar en contacto y prevenir el flujo del líquido.
6. *Coalescencia.* Las fuerzas de interacción entre polipéptidos se incrementan causando la agregación de la proteína y debilitando la capa superficial seguida de un rompimiento de la burbuja, debilitando la película. También ocurre cuando el paso de reparación cesa porque hay una deficiencia de proteína desnaturalizada.

Las espumas pueden ser desestabilizadas por el drenaje del líquido desde el espacio entre las láminas debido a la gravedad, presión o evaporación, por coalescencia de las burbujas resultantes de la ruptura de las películas proteínicas, y por difusión del gas de las burbujas pequeñas a las más grandes (Zdzislaw, 2001).

La capacidad de espumado se expresa como los mililitros de espuma por mililitro de líquido (Fennema, 1993).

1.8 Proteínas vegetales

Una proteína se descompone en aminoácidos. Los 25 aminoácidos pueden combinarse y formar alrededor de 100.000 proteínas. Por sí solo, el cuerpo humano cuenta con 50.000. A cada combinación corresponde un tipo de proteínas: huesos, uñas, músculo. Están regidas por el ADN, que dirige el proceso de reproducción celular, y por el ARN, que transmite sus instrucciones a la célula donde se produce la síntesis de las proteínas.

En la naturaleza, todos los aminoácidos se presentan bajo dos formas: L (Levógiro) y D (Dextrógiro). El organismo humano está compuesto esencialmente por aminoácidos de forma L. Ambas formas, químicamente semejantes difieren en su configuración, del mismo modo que nuestra imagen se ve invertida al reflejarse en un espejo. Debido a ello no tienen las mismas atribuciones y tampoco las mismas propiedades. Con frecuencia, los tratamientos químicos o la irradiación hacen pasar de la forma levógira a la dextrógira.

Mediante una alimentación diversificada se proporciona al cuerpo las proteínas de las cuales se obtendrán los aminoácidos.

Hasta hace unos años, las proteínas vegetales carecían de especial interés para el consumidor occidental. Solo recientemente éste ha descubierto las grandes propiedades de la soya, a lo que en buena medida ha contribuido a fomentar el estudio de las proteínas vegetales en la actualidad (Dillman, 2001).

Los alimentos del reino vegetal que comúnmente proporcionan más proteínas son:

- Los cereales
- Las legumbres
- Los productos derivados de la soya y del trigo
- Las algas
- Las oleaginosas

El nivel de proteínas en las legumbres (26%) es superior al de la carne. La soya y sus derivados alcanzan el 40%, el de las algas asciende al 70%, y el de las oleaginosas entre el 8% y el 17 %. Los cereales contienen entre un 7% y un 15%, mientras que el pan alcanza el 10%.

La Unión Europea produce alrededor de 12 millones de toneladas de proteínas vegetales. Sin embargo, se encuentra lejos de responder a sus necesidades teniendo un déficit actual del 65%. Es decir, de 1 Kg de proteínas empleado en Europa en alimentación animal, 650 g son importados.

Países como Estados Unidos y Brasil son los principales proveedores de soya al mundo.

Las *Materias Ricas Proteicas Vegetales* o M.R.P. se obtienen por purificación de las proteínas contenidas en las leguminosas (soya, guisante, habichuela, etc.), los cereales (trigo) o las hojas (alfalfa) (Dillman, 2001).

Se presenta bajo tres formas:

- **Harina.** Con un contenido en proteínas superior al 50%.
- **Concentradas.** Con un contenido superior al 65%.
- **Aisladas o purificadas.** Con un contenido en proteínas superior al 90%.

Y pueden utilizarse:

- **En polvo.** Harinas y sémolas.
- **Texturizadas.** Copos, granulados.

HIPÓTESIS

Una de las más importantes moléculas de reserva que contienen las semillas son las proteínas. Si mediante un estudio fisicoquímico acerca de esta porción, en las semillas de chile ancho, se determina que tiene valores útiles para su empleo en formulaciones alimenticias, entonces se reconocerá como una fuente importante de obtención proteínica y le dará un valor agregado a este subproducto.

OBJETIVOS

Objetivo general:

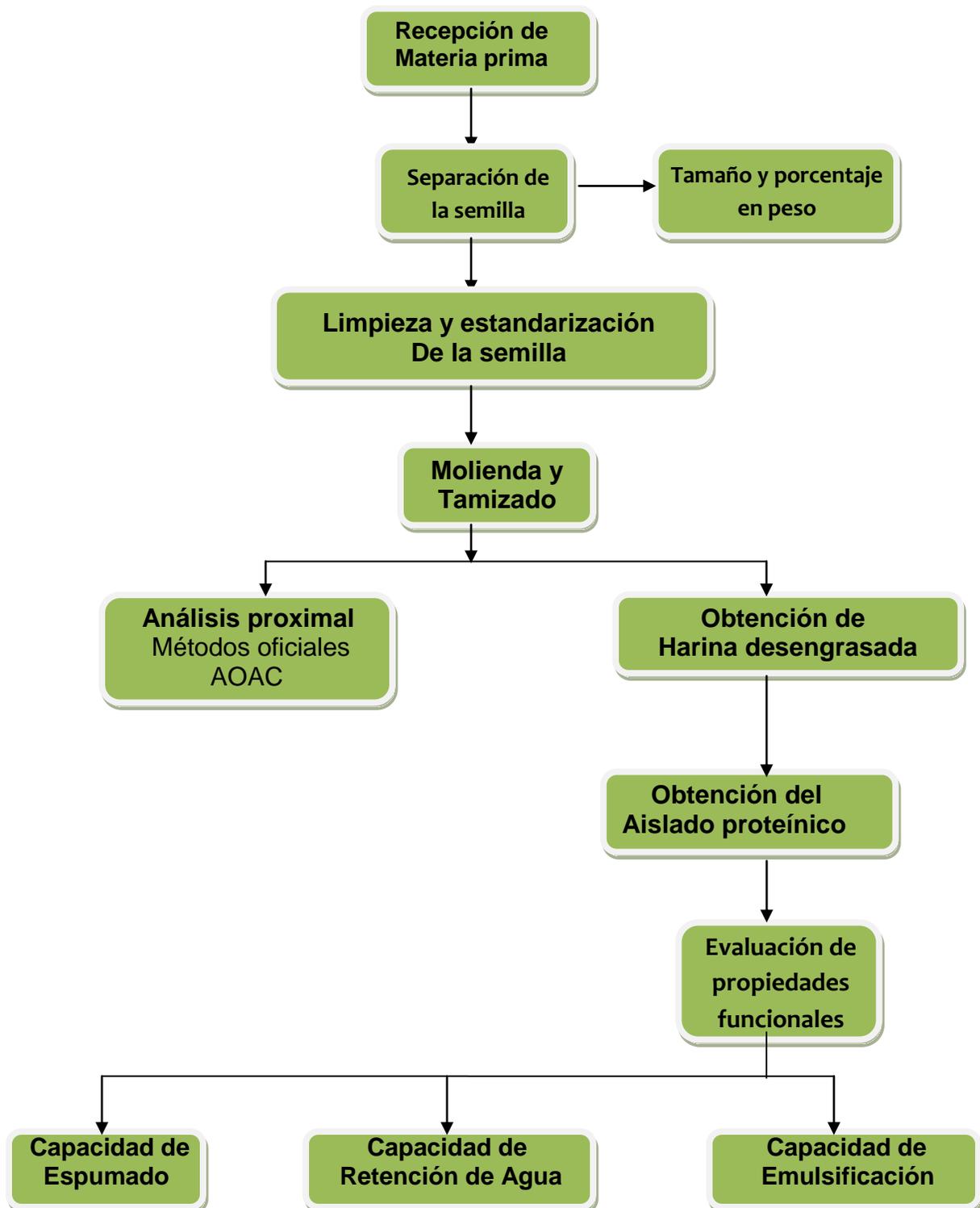
Caracterizar el aislado proteínico obtenido mediante una extracción en medio alcalino a partir de las semillas de Chile Ancho (*Capsicum annum L.*) para determinar su calidad y una posible aplicación industrial.

Objetivos particulares.

- ✓ Conocer por medio de un análisis proximal la composición química de la semilla del chile ancho (*Capsicum annum L.*).
- ✓ Aislar y cuantificar la fracción proteica de la harina desengrasada de la semilla de chile ancho para obtener un aislado proteínico.
- ✓ Realizar un ensayo preliminar para conocer las propiedades funcionales (capacidad de retención de agua, capacidad de espumado y capacidad de emulsificación) del aislado proteínico.
- ✓ Relacionar los resultados obtenidos con la posibilidad de utilizar las proteínas presentes como aditivo en formulaciones de alimentos.
- ✓ Calcular la viabilidad de la aplicación de la extracción de proteínas con base en la producción nacional del chile ancho.

Capítulo II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 DIAGRAMA GENERAL DE PROCEDIMIENTO



2.2. Preparación de la Materia prima

La primera etapa fue la clasificación de los chiles que fueron utilizados; así como de la semilla. Para determinar la calidad y la clasificación de los mismos se empleo la NMX-FF-107/1-SCFI-2006 “PRODUCTOS ALIMENTICIOS – CHILES SECOS ENTEROS (GUAJILLO, ANCHO, MULATO, DE ÁRBOL, PUYA Y PASILLA) – PARTE 1 – ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA”.

El chile ancho que se empleó para la realización de todas las pruebas fue de la marca “Don Zabor” en su presentación en bolsa de 200 g. Se tomó una muestra representativa del lote, la cual consistió en 20 chiles tomados al azar; de los cuales se tomaron medidas (tanto de ancho como de largo) para estandarizar el tamaño del chile. Los mismos no debían contener coloraciones distintas a las establecidas en la NMX-FF-107/1-SCFI-2006, la presencia de plaga o el desarrollo de microorganismos.

2.2.1 Obtención de la semilla

Se pesaron los chiles enteros, para la determinación porcentual de los componentes del mismo. El chile fue entonces abierto en canal para la separación de las semillas contenidas en la pulpa. Cabe mencionar que gracias al proceso de secado a que es sometido el chile se pudieron separar fácilmente de la pulpa. Se procedió a pesar por separado el pedúnculo, la pulpa y las semillas para saber el porcentaje que representa cada una de las partes.

2.2.2 Preparación de la muestra

A las semillas ya separadas de los demás componentes del chile, se les inspeccionó para retirar aquellas que se observaran viejas o maltratadas, así como los residuos de cualquier otro tipo que pudieran modificar los resultados.

Posterior a esto, se realizó la molienda de las semillas con licuadora convencional a velocidad media en repetidas ocasiones, hasta conseguir una harina cuyo tamaño de partícula fuera tal que pasara por un tamiz de malla No.20. Es importante mencionar que la molienda se llevaba a cabo al momento en que se requerían las muestras para evitar pérdidas o deterioro en las grasas o proteínas debido a las condiciones de calor o por la presencia de oxígeno. Para ello, se contó con un lote de varias bolsas de la presentación comercial de chile guardadas en una gaveta, las cuales solo se abrían al momento del análisis.

El objetivo de llevar a cabo la molienda es en realidad para facilitar la separación de los componentes de la harina al disminuir el tamaño de partícula y con ello aumentar la superficie de contacto, de esta manera se lograba que la extracción fuera más eficiente.

2.3 Caracterización fisicoquímica de las semillas

Una vez obtenida la materia prima necesaria para la realización del trabajo se procedió a la caracterización fisicoquímica de las semillas. Para la caracterización de las semillas de chile ancho se emplearon técnicas oficiales aprobadas por la AOAC, 2005. Estas técnicas comprenden la determinación porcentual de humedad, cenizas, lípidos y proteínas contenidas en las semillas, así también de hidratos de carbono por diferencia.

Este paso es esencial ya que gracias a él se puede saber la cantidad aproximada de proteína presente. También para tener el antecedente de las demás porciones en caso de que se quisiera proponer el estudio de alguna de ellas en posteriores investigaciones.

2.3.1 Determinación de humedad. Se obtuvo el valor de la humedad de la muestra utilizando dos métodos. Secado por estufa (AOAC, 925.10) y destilación azeotrópica (Nielsen, 2003).

Se llevaron a cabo dos metodologías debido a que la oficial es secado en estufa; sin embargo, debido a que la materia prima contiene muchos

compuestos volátiles que pueden perderse con el calor, se escogió la destilación azeotrópica como una determinación de refuerzo.

2.3.2. Determinación de cenizas. Se obtuvo el contenido de cenizas empleando el método (AOAC, 923.03).

2.3.3. Determinación de grasa cruda. Se obtuvo el contenido de grasa cruda empleando el método de Soxhlet (AOAC, 963.15), empleando Hexano como disolvente.

2.3.4 Determinación de proteínas. Con la harina desengrasada se sometió a otro tratamiento para la cuantificación de la proteína cruda, para lo cual se empleo el método de Kjeldahl (AOAC, 920.152).

2.3.5 Determinación de hidratos de carbono. Se obtuvo la cantidad de hidratos de carbono de la muestra por diferencia, restando a 100 la suma de los porcentajes obtenidos de humedad, cenizas, grasa y proteínas. Esto es porque en el análisis proximal se considera que una vez determinado los demás componentes, el resultante está conformado por hidratos de carbono.

2.4 Obtención del aislado proteínico.

Una vez obtenidos estos datos, se procedió a la tercera y última parte; la cual consistió en la separación de la parte proteínica mediante un tratamiento alcalino para modificar el pH de la solución en que se encontraban contenidas y de acuerdo a su punto isoeléctrico se lograra su precipitación. Con este aislado proteínico se realizaron asimismo pruebas para la determinación de sus propiedades funcionales.

Esto es con la intención de eliminar la mayor cantidad posible de otros componentes separando a las proteínas del medio, evitando errores debido a las interacciones o interferencias con las proteínas que pueden arrojar un valor incorrecto en el resultado.

El proceso de obtención supone una serie de etapas encaminadas a eliminar o disminuir los componentes no proteínicos para lograr un producto final con el 80-90% de proteínas (De Luna, 2007; Vioque y et al, 2001).

Existen varios métodos, sin embargo se utilizó la extracción alcalina con una consecuente precipitación isoeléctrica. Una descripción detallada acerca de en qué consiste esta técnica es la siguiente:

En primera instancia, se solubilizaron 59.045 g de la harina desengrasada en 500 mL de hidróxido de sodio 0.02 N, logrando así la extracción de las proteínas. De esta manera se evita en gran parte su deterioro. Después se filtró la suspensión para remover los componentes que no se hayan solubilizado (hidratos de carbono, celulosas, ligninas, etc.). Posteriormente se centrifugó para obtener el sobrenadante donde se encuentran las proteínas y por último se ajustó el pH a su punto isoeléctrico.

Una vez obtenido el aislado proteínico se llevó a cabo nuevamente la determinación del porcentaje de proteína presente por el Método de Kjeldahl (AOAC, 920.152).

2.5 Evaluación de propiedades funcionales

Las proteínas en los alimentos proporcionan diversas características a éstos, tanto sensoriales como de textura o de aspecto. Es por esto que se considera a las propiedades funcionales como aquellas propiedades físicas y químicas que tienen las proteínas en los alimentos durante el procesado, almacenamiento, preparación y consumo de los mismos.

Es debido a ello, la importancia de las propiedades funcionales. En este caso, se realizaron pruebas para poder conocer el potencial de tres de ellas en el aislado proteínico.

2.5.1 Capacidad de Retención de agua. CRA

Se pesó 1 g del aislado de proteínas en un tubo para centrifuga, se adicionó entonces 30 mL de agua destilada y se mantuvo en reposo por 18 horas en refrigeración para evitar el deterioro de las proteínas debido al calor de la temperatura ambiente. Pasado ese tiempo, se centrifugó a 3000 rpm por 20 min. Se decantó el sobrenadante y se pesó el residuo rehidratado, este se seca y se pesa de nuevo. La CRA se expresa como la cantidad de agua retenida por gramo de muestra seca (Robertson et al, 2000).

2.5.2 Capacidad de Emulsificación

Se preparo una solución al 1% del precipitado protéinico, se tomaron 10 mL de esta solución. Con un agitador de vidrio se homogenizó la muestra y se agregó lentamente aceite de maíz gota a gota con agitación entre cada adición. La prueba se detiene cuando se observa la inversión de fases. Se reporta el resultado como los mL de aceite que se requieren para la emulsificación de 100 g de proteína (Fennema, 1993).

2.5.3 Capacidad de Espumado

Para determinarla, se tomaron 50 mL (V_i) de la solución del aislado protéinico al 3% (p/V) y se mezcló por 3 minutos en una licuadora de alta velocidad. Pasado este tiempo, se vació rápidamente en una probeta graduada y se registró el volumen de las espuma (V_f). La capacidad de espumado (FC) se calculó con la expresión: (Ahmedna et al, 1999)

$$FC = (V_f / V_i) \times 100$$

Capítulo III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización del Chile Ancho

Inicialmente se hizo un estudio de las características físicas de los chiles, obtenidos en un centro comercial bajo la marca “Don Zabor”, en la presentación de 200 g. Se pesaron las diferentes partes del producto en principio juntos y después por separado, para poder obtener el porcentaje que cada elemento representa dentro del chile. Todo el chile empleado fue adquirido en la tienda “Walmart”.

3.1.1 Parámetros físicos del chile ancho

Los chiles eran de una apariencia agradable, no encontrándose ninguna evidencia de plaga, residuos de insectos, heces o pelos de roedor; así tampoco alguna evidencia de mordedura o piquetazos de aves.

El color presentado por los chiles era de un rojo quemado brillante, aceptable; al igual que el olor, característico del producto. No se percibió ninguna evidencia de contaminación por hongos.

A continuación se obtuvieron los pesos, tanto del chile entero como las partes que lo conforman. Esto debido a que los datos recolectados son los que se utilizan para los cálculos de la cantidad aproximada de desecho de semillas que se obtienen del consumo a nivel nacional de chile ancho. Es de suma importancia este dato porque ayuda a saber la cantidad de proteínas que aproximadamente se puede obtener de estos desechos y con ello la factibilidad de realizar el procedimiento de extracción de dichas proteínas. Los resultados obtenidos se pueden apreciar en la **tabla 4**.

En el caso de la medición de los chiles, se hizo porque de acuerdo a la norma **NMXFF- 10 7/ 1- SCFI- 2006 17/ 23**. El tamaño es un criterio de diferenciación comercial. Cuando se llevó a cabo la revisión de la materia prima se observó que inclusive en la misma bolsa hay gran variabilidad en el peso y en el tamaño de los chiles.

Tabla 4. Parámetros físicos del chile ancho (tamaño).

Longitudes del Chile Ancho (cm)			
	Con Pedúnculo	Sin Pedúnculo	Ancho
Promedio	18,22	12,05	6,81
Desviación Estándar	2,35	1.7	0.84
Coefficiente de Variación	12.9	14.11	12.33

De acuerdo a los datos obtenidos en la **tabla 4**, tomando como referencia a la NMX-FF-107/1-SCFI-2006 Productos alimenticios – chiles secos enteros (guajillo, ancho, mulato, de árbol, puya y pasilla) los chiles empleados se encontraron en dos clasificaciones.

La primera, de acuerdo a las dimensiones que resultaron; indica que los chiles de acuerdo a este parámetro de clasificación son de calidad “Extra”. Y se corrobora sensorialmente debido a que cumplen con las demás características establecidas que son: enteros, sanos, grandes, forma acorazonada o triangular, color rojo claro a rojo fuerte u oscuro uniforme, no presenta decoloración, rugosos, sin manchas, quemaduras, raspaduras ni deformaciones. En proporción, presentan menos del 10% de defectos.

Sin embargo, al observar los pesos presentados en la **tabla 5** que en promedio son de 10.85 g, se clasificarían en la categoría de “Segunda”, ya que sus pesos son mucho menores a 22.4 g. Sin embargo, no corresponden las características sensoriales descritas, por lo que se puede clasificarlos mejor en la categoría de “Extra”.

Tabla 5. Parámetros físicos del chile ancho (peso).

Pesos del Chile Ancho (g)				
	Chile completo	Pulpa	Pedúnculo	Semillas
Promedio	10.85	8.22	0.96	1.66
Desviación Estándar	1.62	1.2	0.17	0.63
Coefficiente de Variación	14.93	14.6	17.71	37.95

Se recomienda tener un proceso más adecuado de estandarización de los chiles para evitar las mezclas entre las categorías indicadas en la NMX. No obstante, para los fines requeridos de este estudio, no es necesario tener materia prima de la misma categoría, ya que finalmente solo se requieren las semillas.

La diferencia de lo anterior puede ser debido al proceso de secado al que son sometidos los chiles, también el tamaño del chile en la vaina al momento de la cosecha afecta directamente las características finales del chile ya seco.

Todas las pruebas anteriores se hicieron con la intención de estandarizar las muestras de chiles empleados, para hacer más homogéneos los resultados. Además, gracias a estos datos es que se elaboró la clasificación de las clases de los chiles indicados en la NMX-FF-107/1-SCFI-2006 de ahí la importancia de tener estos parámetros.

3.1.2 Composición porcentual de las partes que conforman al Chile

Ancho

Dentro de la misma medición se observa que del peso total de los chiles aproximadamente el 15% es de semillas. Es una cantidad alta, en comparación con el peso total. Considerando además, que en peso la mayoría la ocupa la pulpa, en la cual recaen todos los usos actualmente. En una tonelada de chile, se puede obtener un aproximado de 150 kg de semilla.

Las semillas obtenidas fueron redondas y de una tonalidad amarilla clara y representan el $14.98 \% \pm 4.82$ del peso total de los chiles, cantidad no despreciable. Los valores obtenidos del estudio de las semillas se refieren en la **tabla 6**.

Algunos chiles presentaron el pedúnculo desprendido, lo cual puede deberse al manejo durante el almacenamiento y transporte de los chiles hasta el lugar de su utilización. Por otra parte, el proceso de secado otorga fragilidad a los chiles.

Tabla 6. *Parámetros físicos del chile ancho (peso).*

Semillas			
	Ancho (cm)	Largo (cm)	Grosor (cm)
Promedio	0.43	0.49	0.08
Desviación Estándar	0.03	0.02	0.01
Coefficiente de Variación	6.98	4.08	12.5

Al separar las semillas del chile, se observó además que aquellos con apariencia más “fresca” eran a los que resultaba más sencillo el retiro de las semillas, además de que había menos pérdida por defectos ya que las semillas de estos chiles presentaban una coloración amarillo claro, a diferencia de los chiles mas “viejos” cuyas semillas toman tonalidades café a café oscuro.

En la **figura 5** se pueden observar los resultados en cuanto al porcentaje que ocupan las semillas en el peso total. Es mayor que lo que ocupa el pedúnculo, superándolo casi en un 6% del porcentaje de la composición. Lo anterior significa que de la cantidad de desecho generado, la mayoría serán semillas.

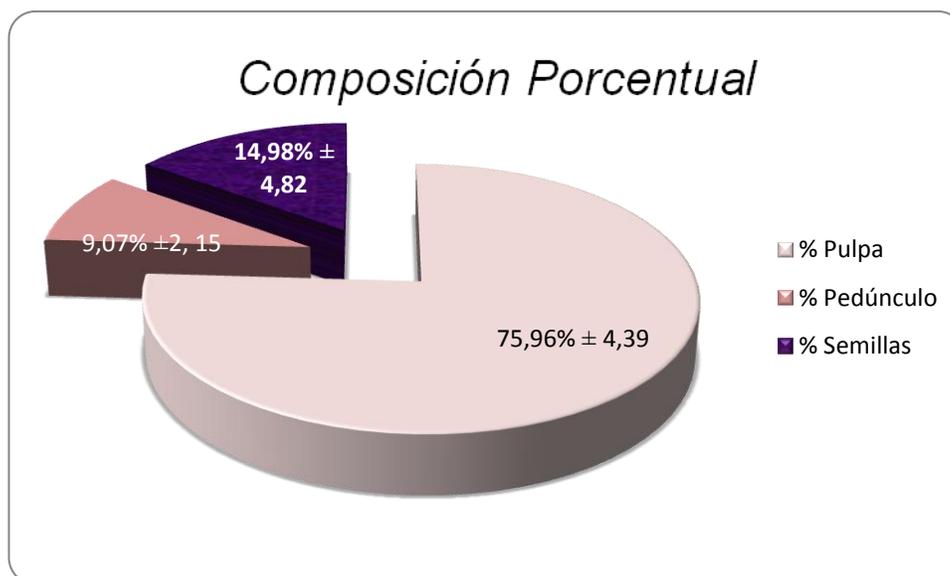


Figura 5. *Porcentaje de los componentes del chile ancho.*

Asimismo, como se mencionó anteriormente se observa la diferencia entre la cantidad de desecho y la pulpa que es la única parte del chile que actualmente se utiliza. La pulpa es en efecto casi el 76% del peso total del chile.

3.2 Análisis composicional de las semillas

Se midió un lote de 20 semillas de las cuales se obtuvo un valor promedio para llevar a cabo el tratamiento estadístico.

Una vez separados los componentes, se procede a la evaluación de las semillas. Estas presentan coloraciones diversas que van desde el amarillo claro hasta algunas con coloraciones marrones y cafés oscuro. Aquellas con defectos representaron menos del 5% del total. Por lo que las viables superan en cantidad.

Pasando ahora a la segunda fase de esta investigación, en la **figura 6** se muestran los resultados de las determinaciones realizadas.

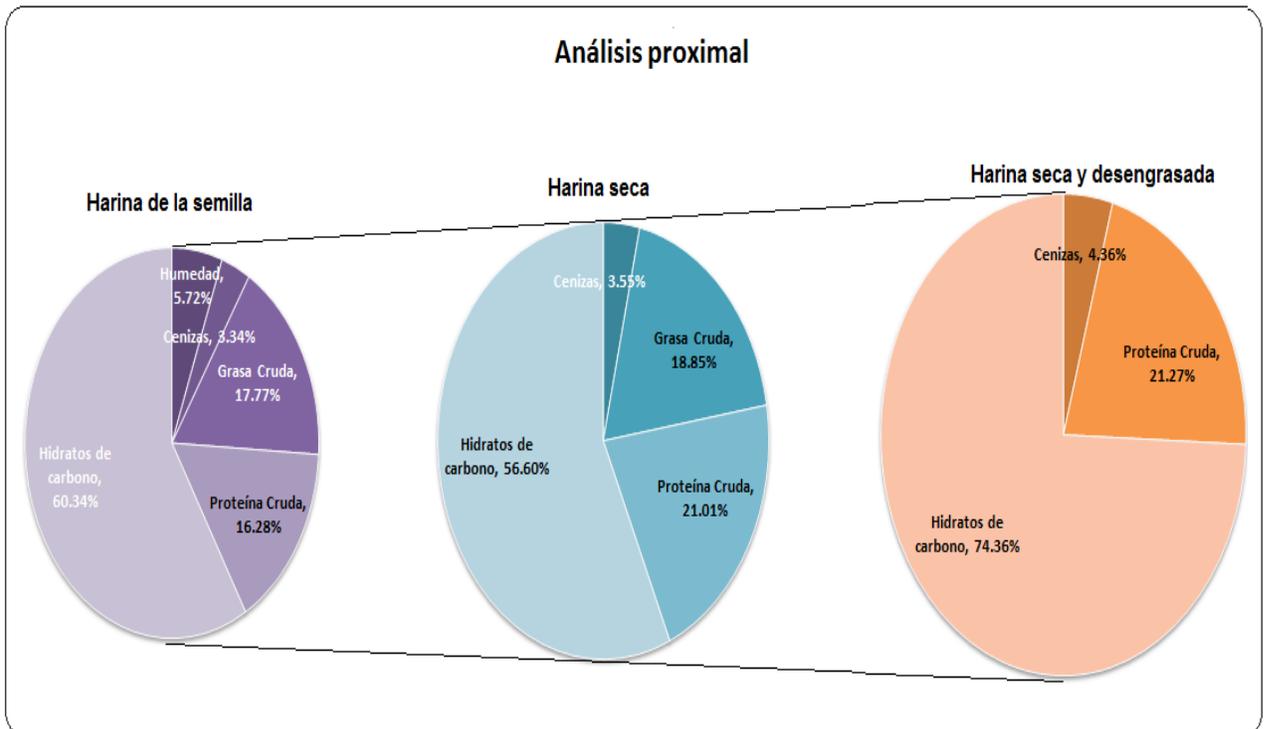


Figura 6. *Análisis proximal de la semilla de chile ancho.*

3.2.1 Humedad

La determinación de humedad, se llevo a cabo para inferir la estabilidad microbiológica de la semilla. Se utilizaron dos métodos, el método de estufa y el método de destilación azeotrópica para precisar que no hubiera diferencia significativa en la eficiencia de la extracción debido a la presencia de compuestos volátiles.

El método de destilación azeotrópica es el considerado más adecuado para la determinación de agua libre presente, debido a que esta legumbre contiene gran cantidad de compuestos volátiles que pueden perderse en la determinación en estufa. Además también ya que las semillas son un alimento que contiene poca humedad debido precisamente al proceso de secado al que son sometidas.

Se realizó un Análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existe o no diferencia significativa entre los dos métodos utilizados (ver **tabla 7**).

Tabla 7. Análisis de Varianza de pruebas de humedad.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor <i>f</i>
Entre muestras (tratamiento)	0.096	1	0.096	9.03
Dentro de las muestras (error)	0.021	2	0.011	
Variación total	0.11	3		

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$

H_A : Los métodos no son iguales

Regla de decisión : No rechazar si $f \leq F_{\alpha, n-k, k-1}$. Rechazar si $f > F_{\alpha, n-k, k-1}$

$$F_{0.05, 1, 2} = 18.51$$

Conclusión: Debido a que $f < F$, la hipótesis nula se acepta.

Como muestra la tabla ANOVA, no existe diferencia significativa entre las dos diferentes técnicas para la determinación de humedad empleadas.

En cuanto a la prueba realizada en estufa, el resultado obtenido fue de 5.41, mientras que para destilación azeotrópica, fue de 5.72. Se tomó el promedio de ambas determinaciones debido a que en la tabla ANOVA (**tabla 7**) no se presentan diferencias significativas para ambos métodos. Por ello, se calculó el contenido de humedad de 5.57% tomando el promedio de ambos resultados. Debido a que no hay diferencias entre los valores de los dos métodos, las cantidades de otros compuestos presentes deben ser bajas, por lo que es poco probable que afecten los resultados obtenidos. Sin embargo, si quisiera hacerse un análisis más completo, podría utilizarse técnicas para la determinación cualitativa (o incluso cuantitativa) de estos componentes para conocer cuales son y en que cantidad se presentan.

Si bien análisis anteriores han reportado la presencia de compuestos volátiles, es probable que en las semillas se encuentren en menor cantidad que en la pulpa, que es la parte del chile de la que se reportan estudios. Puede ser como el caso de los capsaicinoides, que se ha encontrado solo su presencia en la pulpa, pero no en las semillas, solo hay presencia de pungencia por el frotamiento de las mismas con la pulpa. En la **figura 6** se tienen los resultados del análisis composicional sin tomar en cuenta la humedad.

3.2.2 Lípidos totales

Como ya se mencionó con anterioridad, el método empleado para la separación de la grasa fue el Soxhlet. Asimismo, el disolvente empleado fue hexano.

El aceite obtenido de las semillas es de una tonalidad amarilla clara, ligeramente rojizo; con un fuerte olor característico y pungente, relacionado inmediatamente con el chile a partir del cual se trabajó. Su sabor era agradable, pero debido a la presencia de las capsaicinas la pungencia perduraba mucho tiempo después de haber sido degustado. Esta pungencia al momento de probar el extracto lipídico

inicialmente no se percibe como fuerte, sin embargo, después se va intensificando y perdura la sensación por un tiempo considerable.

Los lípidos presentes en el chile son de suma importancia ya que en ellos se encuentran las sustancias que le otorgan el sabor y aroma característicos. En la actualidad la mayoría de investigaciones van dirigidas precisamente a este componente de los chiles.

Se utilizan productos derivados de *Capsicum annum* para el tratamiento del lumbago, neuralgia y dolencias reumáticas. Contienen además una alta concentración de vitaminas A y C, que algunos autores consideran nutrientes anticancerígenos. Un estudio reciente sugiere que la capsaicina actúa como quimioprotector y puede reducir el efecto de algunos compuestos químicos cancerígenos y agentes mutagénicos (Surh, 1995).

3.2.3 Cenizas

En el caso de las cenizas, se encontró una cantidad importante de 3.34% del peso total. Puede indicar la presencia de elementos como potasio, calcio, magnesio, etc. en la composición química de las semillas. Para verificar la cantidad de algunos de estos elementos podría realizarse estudios para la identificación y cuantificación de los mismos.

3.2.4 Proteínas

En cuanto a la cuantificación de proteínas, el método Kjeldahl (el factor utilizado para la determinación fue de 6.25) indica la presencia de un 19.8% en la harina desengrasada. De este modo, significa el 16.28% de ésta en la composición inicial de la semilla. La composición de la harina desengrasada se especifica en la **figura 6**.

Como es bien sabido, las proteínas son una parte importantísima tanto en aspecto funcional como nutricional en los alimentos. No solo aportan los aminoácidos necesarios para un correcto funcionamiento del organismo, además forman parte

esencial de las estructuras celulares. Se han llevado a cabo numerosos estudios acerca de la importancia de las proteínas en la dieta, y como éstas otorgan múltiples beneficios con su consumo. La fuente de proteínas más estudiada es la soya, también llamada soja debido principalmente a que presenta proteínas de calidad y en una cantidad muy elevada. Esta leguminosa ha abierto las puertas al estudio de las proteínas y sus utilidades.

3.2.5 Hidratos de carbono

Se calculó la cantidad aproximada de hidratos de carbono presentes en el chile por diferencia respecto de los demás componentes. Se presenta un 56.89% de carbohidratos en la semilla.

En la **tabla 8** se toman algunos valores de la composición química proximal de otro tipo de semilla para compararlo con los valores obtenidos para la muestra de semillas de chile ancho, es el caso de las semillas de durazno.

Tabla 8. Composición química de la semilla de durazno y soya.

COMPOSICIÓN PROXIMALES			
Parámetro	Semilla de durazno¹	Frijol de Soya²	Chile Ancho³
Humedad (%)	8.19	5.16	5.72
Cenizas (%)	2.55	4.46	3.34
Grasa Cruda (%)	39.35	20.65	17.77
Proteína Cruda (%)	26.1	34.54	16.28
Hidratos de carbono (%)	23.81	35.19	56.89

1. Garza, 2010.
2. Harina cruda de frijol de soya, grasa completa (USDA National Nutrient Database for Standard Reference, 2011).
3. Datos obtenidos en este trabajo para la harina de la semilla de chile ancho.

Se observan pocas similitudes, ya que son valores muy diferentes en todos los rubros. En el caso de las cenizas, en el durazno se presenta una menor cantidad de minerales en su composición. No así en la grasa cruda, la cual se encuentra en mucha mayor proporción en la semilla de durazno en comparación con resultado obtenido en este estudio. La composición mayoritaria de la semilla del durazno es grasa.

En cuanto a la cantidad de agua que está presente en estos alimentos, las semillas de chile ancho tiene una menor cantidad de agua, el durazno lo supera casi en un 3%. Era esperado este resultado debido al proceso previo de secado al que es sometido el chile antes de su comercialización.

En el caso de los hidratos de carbono, el durazno tiene una cantidad más baja que las semillas de chile ancho.

En cuanto a la cantidad de proteína, el principal macro componente analizado en esta investigación, se observa como es superior en aproximadamente 7% la cantidad presente en durazno que en la semilla de Chile Ancho.

Ahora bien, llevando a cabo la comparación de la composición de la semilla de chile ancho con el frijol de soya, el contenido de humedad está muy cercano, siendo solo ligeramente mayor en las semillas del chile ancho analizadas. En cenizas, la soya tiene una cantidad de materia inorgánica de más de un gramo por arriba. La materia grasa de la soya es un 3% mayor que la de la semilla del chile. Los valores que más variaciones presentaron fueron los hidratos de carbono y las proteínas. Los primeros se encuentran en una cantidad sumamente más alta en el chile ancho, de casi el 57%, frente a un aproximado de 35% de la soya. Finalmente, la harina de soya tiene más del doble de proteína que tiene la semilla de la hortaliza.

De acuerdo con los datos reportados en la literatura, se sabe que la soya presenta gran cantidad de proteína. De ella incluso se comercializan preparados en diversas presentaciones, como harinas, concentrados y aislados. Como se ha mencionado con anterioridad, las proteínas de soya son de muy alta calidad y son utilizadas en muchos productos alimenticios.

Del frijol de soya se obtienen numerosos productos; por ejemplo, es sometido a diversos tratamientos para confeccionar alimentos tradicionales como la salsa de soya, el tofu o la leche de soya. Otros alimentos que incluyen o se obtienen de la soya, son: aceite para cocinar, margarina, mayonesa, sustitutos cárnicos, alimentos y preparados para lactantes, harinas, helados, nueces de soya asadas, cereales, miso, tempeh, entre otros.

En la agricultura e industria, se utiliza para: piensos para ganado, alimentos para mascotas, pesticidas/fungicidas, limpiadores, pintura, tinta, plásticos, adhesivos, agentes controladores de polvo, combustible, biodiesel, desinfectantes, pegamentos, poliésteres, textiles, lápices, cosméticos, velas, acondicionadores del cabello y otros productos de peluquería (Dillman, 2001). Es por lo anterior que se eligió a la soya como comparativo en este estudio.

Teniendo tantos usos para las proteínas vegetales, se denota la importancia del estudio de diversas fuentes de obtención de proteína.

3.3 Obtención del aislado proteínico

Muchas de las técnicas de separación de las proteínas tienen como finalidad la producción de alimentos o la producción de ingredientes para la formulación de alimentos; mientras otros se utilizan para purificar proteínas a partir de una matriz alimenticia. Estas técnicas de separación explotan las diferencias bioquímicas de las proteínas; tales como su solubilidad, tamaño, carga, características de absorción y afinidad con otras moléculas. (Nielsen, 2003).

La mayoría de las proteínas son estables a pHs cercanos a la neutralidad. Sin embargo, a pHs extremos se lleva a cabo el hinchamiento y desplegamiento de las proteínas debido al aumento de las fuerzas de repulsión electrostáticas. El grado de desplegamiento es mayor a pHs alcalinos que a pHs ácidos. Se considera que es debido a la ionización de los grupos sulfhidrilo, fenólicos y carboxílicos que despliegan las cadenas polipeptídicas intentando exponerse al ambiente acuoso.

Debido a lo anterior, se eligió un método para la precipitación de las proteínas basados en el punto isoeléctrico de las mismas. Se sometió primero a la harina desengrasada a un tratamiento en medio alcalino para después provocar un descenso en el pH promoviendo su precipitación.

La harina se mezcla con una solución de NaOH 0.02 N y se mantiene en agitación constante por 25 minutos. Posteriormente, se filtró la suspensión para remover los componentes que hayan quedado sin solubilizar (carbohidratos, celulosas, ligninas, etc.). La lechada resultante se centrifuga para obtener el sobrenadante, donde se encuentran las proteínas. Se realizaron pruebas de precipitación en valores de pH de 3, 4, 5 con HCl 6 N, para conocer el punto isoeléctrico de la proteína. Se observó una mayor precipitación en pH 3, por lo que el sobrenadante se ajustó a este valor. Las proteínas precipitadas se llevaron a centrifugación para finalmente, secar por liofilización (Arévalo, 1991).

El fundamento aplicado es que las proteínas tienen una estructura nativa que está directamente relacionada con la interacción con los grupos del entorno en el que se encuentra. Debido a que las proteínas son sumamente sensibles a las modificaciones del ambiente tales como pH, fuerza iónica, temperatura, disolventes, etc. se pueden lograr cambios en su estructura aplicando alguna de ellas.

Se llama proteína concentrada a un producto que contiene al menos el 70% de proteína. Normalmente, es una harina enriquecida que ha sido sometida a tratamientos especiales, con el fin de adecuarla para consumo humano.

Se llama proteína aislada al producto comercial apto para el consumo humano que se obtiene aislando proteínas de materiales proteínicos y tiene un contenido en proteínas que sobrepasa el 90% (Bernardini, 1981).

Mediante el método Kjeldahl se determinó un porcentaje proteínico de 43.2% en el precipitado a pH 3. De acuerdo con la clasificación hecha por Bernardini (1981) el extracto obtenido no logra alcanzar la clasificación de concentrado proteínico por ser un valor menor al 70%. Sin embargo, si se puede considerar que hubo una concentración de proteínas al pasar de 16.28% en la harina de la semilla a 43.2% en este precipitado.

3.4 Rendimiento de la extracción de proteínas

Para llevar a cabo el cálculo del rendimiento de la extracción, se relaciona el dato del porcentaje de proteína que contiene la harina desengrasada (21.27 g Proteína/100 g de harina) de las semillas con la cantidad de proteína del precipitado proteínico obtenido (43.20 g Proteína/100 g precipitado). Debido a que con el método alcalino se obtuvo 1.83 g de precipitado por 59.045 g de harina desengrasada y seca, se obtiene el valor de proteína pura recuperada de acuerdo a los resultados obtenidos por el método de Kjeldahl. De este modo, se tiene que se recupera el 6.29% de proteína. El cálculo realizado es el siguiente:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{g Proteína extraída}}{100 \text{g Proteína total}} = \frac{1.83 \text{ g precipitado}}{59.045 \text{ g Harina desengrasada}} \times \frac{43.20 \text{ g Proteína extraída}}{100 \text{g precipitado}} \times \frac{100 \text{ g Harina desengrasada}}{21.27 \text{ g Proteína total}} \times 100$$

Esta cantidad representa el rendimiento real de la extracción. Es un rendimiento bastante alto en comparación con la cantidad de proteína extraída por Alcocer (2011) que fue de 2.67% y por Olivos (2005) 3.5%. Los datos anteriores están compilados en la **tabla 9**.

Tabla 9. Contenido de proteína en las fracciones

	% (g/100g)
Harina de la semilla	16.28
Harina desengrasada y seca	21.27
Extracto proteínico	43.20

La alta cantidad de carbohidratos presentes en la semilla, de acuerdo con la composición proximal, puede interferir con la precipitación de las proteínas; debido a que los polisacáridos, en especial los que forman la fibra, forman enlaces entre estos y las proteínas a extraer. Esta debe ser eliminada para enriquecer el producto en proteína y facilitar su consumo. Por otro lado, los azúcares reductores causan una pérdida de la calidad proteica, ya que reaccionan con las proteínas mediante la reacción de Maillard. Los lípidos residuales ocasionan enranciamiento durante el procesado y almacenamiento de los concentrados proteicos (Vioque y col, 2001).

La comercialización del chile 'Poblano' es principalmente en fresco (70-80 %); sin embargo, se utiliza entre el 20 y 30 % de la producción total para deshidratar, de esta forma se le conoce como chile 'Ancho' (Montalvo-González et al. 2009).

De acuerdo con datos proporcionados por la SAGARPA, en el año 2008 se generaron 19,957 toneladas de chile ancho la República Mexicana. Por lo que, de acuerdo con ello, se puede calcular la cantidad de proteína que podría obtenerse de la semilla.

De este modo, considerando los resultados obtenidos en la composición porcentual del chile ancho, se obtuvo que sólo el 14.98% es semilla. Por tanto, se tienen 2,884.7 toneladas de semilla para esa cantidad de chiles.

En este punto ya se puede inferir que cantidad aproximada de proteína se encuentra contenida en las mismas. De acuerdo al análisis bromatológico, se obtuvo que el 16.28% del total de la semilla es proteína. Por lo tanto, se obtiene una cantidad final de 469.63 toneladas de proteína como materia prima para la extracción por el esquema propuesto.

Se está hablando entonces de casi 500 toneladas de proteína presente en las semillas del chile ancho producido para ese año en México.

Por último, de acuerdo con el método empleado en esta investigación, por extracción alcalina se obtiene 6.29 g de Proteína/100 g de harina de la semilla desengrasada y seca; lo cual deriva en 38.59 toneladas de proteína real. Es una cantidad que sin duda podría ser aprovechada de acuerdo a la capacidad de sus propiedades funcionales, las cuales se pueden aprovechar prácticamente en toda la industria alimentaria. Lo anterior se resume en la **tabla 11**.

Tabla 11. Rendimiento de proteína extraída propuesta en esta investigación considerando la producción nacional de chile ancho.

	Toneladas
Chile ancho	19,257.00
Semilla (14.98%)	2,884.70
Harina desengrasada y seca (21.27%)	613.57
Extracto de proteína (6.29%)	38.59

3.5 Evaluación de las propiedades funcionales de las proteínas

En la **tabla 12** se presentan los valores de la evaluación de las propiedades funcionales de las proteínas del aislado proteínico de las semillas.

Tabla 12. Propiedades funcionales del aislado proteínico.

Propiedad funcional	Unidades	Resultado
Capacidad de emulsificación	mL aceite/100 g proteína	107.15±3.74
Capacidad de Retención de agua	g HO/g muestra seca	1.17±0.13
Capacidad de Espumado	FC = (Vf/ Vi)*100	112±0.7

3.5.1 Capacidad de Retención de Agua

En cuanto a la Capacidad de Retención de Agua, el valor obtenido para los aislados de soya comerciales fue de entre 560 y 700 mL agua/100 g muestra. En el caso del aislado de la semilla, se obtuvo un valor de 116.8 mL H₂O/100g muestra seca, muy por debajo del de referencia, que es el de soya.

De acuerdo a la definición de la Capacidad de Retención de Agua, la cual se refiere a la cantidad de agua que permanece unida a la proteína hidratada después de la aplicación de una fuerza externa. Los datos obtenidos en esta prueba, que se aprecian en la tabla 7, pueden indicar una baja cantidad de cadenas polares laterales así como uniones peptídicas, haciendo menos hidrofílica a la molécula.

Otra opción de por que no absorben mucha agua es debido a que probablemente las proteínas no presenten buena interacción proteína-agua. Pueden de este modo estar más favorecidas interacciones de tipo proteína-lípido e incluso proteína-proteína. Esto concuerda con el haber obtenido un valor alto en la capacidad de emulsificación, por ende, la retención de agua por las proteínas se esperaría fuera baja.

Por otro lado, en el análisis proximal se obtuvo que están presentes una gran cantidad de carbohidratos; si en su mayoría estuvieran presentes como fibra, este factor también puede alterar el valor de la CRA.

Sería recomendable el realizar este estudio a diferentes valores de pH, ya que como se ha reportado, este factor afecta la ionización de los sitios aminos e hidroxilos presentes en las proteínas, por lo que podría ser que en algún valor de pH diferente al neutro (que fue el utilizado en este caso) favoreciera las interacciones proteína-agua.

La CRA está relacionada a la habilidad de las proteínas para hidratarse, y es importante en sistemas alimentarios debido a sus efectos sobre el sabor y textura de los alimentos. Un valor alto de la CRA en aislados proteínicos indica la posibilidad de emplearlos como ingredientes en la industria de productos cárnicos fríos, en particular para salchichas donde, junto con la Capacidad de Absorción de Aceite son propiedades determinantes para desarrollar un alimento de calidad aceptable.

3.5.2 Capacidad de Emulsificación

El índice de actividad emulsificante evalúa la capacidad de las proteínas para formar emulsiones al disminuir la tensión interfacial presente en la solución agua-aceite.

Las emulsiones son mezclas termodinámicamente inestables de sustancias inmiscibles. Cuando el agua y un lípido se mezclan hay una fuerte repulsión que limita su contacto y ocurre una separación de fases.

Las proteínas estabilizan emulsiones. Cuando los grupos hidrofóbicos se ponen en contacto mínimo con el agua para dar un estado energéticamente favorable, se origina una estructuración ordenada de moléculas de agua; lo que resulta en la formación de pequeñas gotas (Puppo et al, 2005).

En la **tabla 12** se observa que la Capacidad de Emulsificación que presentan las proteínas de la semilla de chile de árbol es de aproximadamente 107 mL aceite/100 g proteína. Es posible hacer la comparación con los preparados de soya comerciales presentes en el mercado. En este caso, estos alcanzan valores que van de los 80 y 130 mL de aceite/100 g de proteína como se muestra en la **tabla 13**. Esto indica que la presencia de grupos hidrófobos dentro de las proteínas propician interacciones con el aceite.

Tabla 13. Valores de Capacidad de Espumado de proteína de soya comercial.

Aislado comercial de soya*	Capacidad de emulsificación (mL aceite/ 100 g proteína)
PROFAM 646 ⁽¹⁾	80
PROFAM 981 ⁽²⁾	110
ARDEX F ⁽³⁾	130

⁽¹⁾ ⁽²⁾ ⁽³⁾ **Anexo.** Características de los aislados de soya comerciales.

* **Fuente:** Nutritional information See Isolated Soy Protein (ISP) Nutritional Information Sheet

Se considera entonces que la capacidad de emulsificación de las proteínas presentes en la semilla de chile ancho es útil para ser empleada en procesos industriales alimenticios o de otra índole.

Se recomienda emplearse en productos cárnicos desmenuzados, frankfurters y carnes frías, donas y panqueques, etc. donde se puede emplear los beneficios como emulsificante que podrían aportar las proteínas presentes en la semilla de chile ancho.

3.5.3 Capacidad de Espumado

Finalmente, para el análisis de Capacidad de Espumado, se presentan en la **tabla 14** los valores de formación de espuma de los aislados de proteína comercial de soya.

Tabla 14. Valores de Capacidad de Espumado de proteína de soya comercial.

Aislado comercial de soya* (3%)	Capacidad de formación de espuma (% V/V)
PROFAM 646 ⁽¹⁾	51.45
PROFAM 981 ⁽²⁾	182
ARDEX F ⁽³⁾	131.43

⁽¹⁾ ⁽²⁾ ⁽³⁾ **Anexo.** Características de los aislados de soya comerciales.

* **Fuente:** Nutritional information See Isolated Soy Protein (ISP) Nutritional Information Sheet

El valor de espumado de la semilla es de 112% (V/V); es un valor medio en comparación a los aislados de soya, podría competir con los de la marca ARDEX F que presenta un CE de 131.43%.

Una posible explicación de este resultado puede ser una cantidad favorable de porciones hidrofóbicas en la superficie de las proteínas presentes en la semilla de chile ancho, que faciliten su adsorción en la interfase agua-aire permitiendo la incorporación de aire.

Sin embargo no alcanza valores tan altos como la proteína de la marca PROFAM 981, debido quizá a algunos grupos hidrofílicos presentes o a la rigidez estructural de la molécula proteínica. Se ha observado que la presencia de puentes disulfuro en las conformación proteínica intramolecular proporcionan rigidez y estabilidad a las estructuras proteínicas, haciéndolas menos capaces de formar espumas (Castellan, et al. 1999).

La formación de espuma es importante en aplicaciones alimentarias tales como productos de panadería, pasteles, galletas, bebidas, merengues, coberturas y helados.

CONCLUSIONES

El análisis químico proximal demostró un importante contenido proteico en la harina de las semillas de chile ancho (*Capsicum annum L.*) de 16.28%. Este resultado es de interés debido a la incapacidad de cubrir las necesidades industriales de preparados proteicos con los productos que se encuentran en el mercado actual. Es por esto que el obtener un producto de gran utilidad como lo son las proteínas a partir de un producto que generalmente se desecha, le da un valor agregado al mismo.

Se demostró que la extracción de proteínas de las semillas de chile ancho a partir de un proceso en medio alcalino presenta un rendimiento bastante alto en comparación con el mismo aplicado en otros estudios de obtención de concentrados de proteínas.

Se encontró que la calidad de las propiedades funcionales evaluadas en la investigación son de buen nivel, al compararlas con el producto líder del mercado que es la proteína de soya, la cual representa un alimento compuesto en su mayor parte por proteínas y de ahí la excelente calidad de los productos proteínicos obtenidos del mismo.

En el caso de la capacidad de emulsificación, se tiene que para el caso de la soya, los valores van de 80-130 mL aceite/100 g de proteína, mientras que en el precipitado proteínico de la semilla es de 107.15 mL aceite/100 g de proteína, que lo hace competitivo en este parámetro.

Para la capacidad de retención de agua (CRA) la soya presenta un intervalo de 560-700 mL/100 g de muestra seca, en cuanto a la semilla de chile ancho el valor obtenido es de 116.8 mL/100 g muestra seca.

La capacidad de espumado es similar a la reportada para los aislados de soya comerciales.

De acuerdo a la alta calidad de las proteínas presentes en las semillas de *Capsicum annum L.* éstas tienen un gran potencial para su utilización en la

industria alimentaria, en productos como embutidos, panadería, repostería, y postres de diversos tipos.

Tomando en cuenta la producción nacional de chile ancho, es una excelente fuente de obtención de proteínas, ya que de acuerdo con los datos oficiales de SAGARPA, la cantidad de proteína que podría recuperarse sería de 469.63 toneladas con el procedimiento de extracción propuesto.

Recomendaciones

La obtención de proteínas de las semillas puede llevarse a cabo químicamente con buenos rendimientos, sin embargo, valdría la pena realizar otro tipo de extracción diferente a la alcalina, en condiciones ya conocidas o incluso nuevas; considerando la cantidad tan grande de carbohidratos que están presentes y que dificultan su extracción. Así también como la presencia de minerales que pueden interferir, por lo que se recomienda llevar a cabo una diálisis previa a la precipitación de las proteínas para su eliminación, de este modo se asegura un rendimiento más alto en la extracción.

Se recomiendan estudios posteriores, ya que siendo una buena fuente de proteínas, si se le da el tratamiento adecuado para su purificación, tiene un gran potencial para ser industrializada y utilizada debido a sus propiedades funcionales. Si se toma más en cuenta este tema, podrían realizarse tratamientos similares para los diferentes tipos de chiles secos que se producen a nivel nacional o mundial, para aumentar la cantidad de proteína utilizable y una posible complementación proteínica.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta R., G. F. Y M. Luján F. 2004. "Selección, caracterización y comportamiento de chile de árbol, piquín y cayene en la región de Delicias, Chihuahua". Folleto Técnico No. 21. INIFAP-Fundación Produce Chihuahua, 35.

Ahmedna M., Prinyawiwatkul W., y Rao R.M. 1999. "Solubilized wheat protein isolate: functional properties and potential food applications". J. Agric. Food Chem. 47, 1340-1345.

Alcocer, P. 2011. "Evaluación de las propiedades mecánicas y de barrera en películas de proteína de piel de ave". Tesis experimental Facultad de Química, UNAM, México, 29-32.

Arevalo M., Martínez Z., Quintero M. 1991. "Extracción y caracterización de la fracción lipídica y proteína de la semilla del hueso de durazno". Tesis experimental Facultad de Química, UNAM, México, 93-99.

A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis of the Assoc. of Off. Anal. Chemists. Eilliam Horritz, Editor. Ed.

ASTA, Official Analytical Methods of the American Spice Trade Association, 1986. 2nd edición, ASTA: Englewood Cliffs, NJ.

Ávila Valdez J, Pozo CO. 1991. "Manejo del vector: una estrategia para el control de la virosis en el cultivo de chile". SARH-INIFAP. Campo experimental sur de Tamaulipas. Folleto técnico No.6. 20.

Barbosa-Cánovas G. Vega-Mercado H. 2000. "Deshidratación de alimentos". Editorial Acribia. Zaragoza, España, 2-3, 257-273.

Bernardini, E. 1981. "Tecnología de aceites y grasas". Editorial Alhambra. 1ª edición. España, 140-213.

Bertoldo-Cabañas C, Galindo-González G,. 2004. "Nivel tecnológico de los productores de chile seco (Capsicum annum L.) del altiplano de Zacatecas". Primera Convención Mundial del Chile, 269-277.

Bordenas A.J., Montero P. 1988. "Fundamentos de la funcionalidad de las proteínas en alimentos" Rev. Agrouim. Technol. Alim. 28 (2)

Bourgeois C.M., Le Roux P. 1986. "Proteínas animales". Editorial el Manual Moderno. México D.F.

Bourgoin C. "Proteínas vegetales, una sana alternativa a la carne". Primera edición. Editorial Tikal Ediciones. Madrid, España, 51-60.

Bravo-Lozano AG, Galindo-González G, Amador-Ramirez MD, 2006. "Tecnología de producción de chile seco". Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo experimental Zacatecas. Libro técnico No. 5. 195

Casp A. 2003. "Procesos de conservación de alimentos". 2ª edición. Ediciones Mundi-Prensa. Impreso en España, 125-128.

Castellan G. 1999. "Fisicoquímica". 1ª edición. Editorial alhambra mexicana, 86.

Catsimpoolas N.V., Meyer E.W. 1971. "Gelation phenomena of soybean globulins II. Protein-water miscible solvent interactions". Cereal chem. 48, 150 – 167.

Cherry J.P. 1981. "Protein Functionality in foods". ACS Symposium Series 147, American Chemical Society, Washington D.C., 51-298.

Cheftel J.C., 1989. "Proteínas alimentarias". Editorial Acribia, España, 5-103, 291-313.

Comitee on Codex Specifications, Food Chemical Codex, National Academic Press, 2004. 5a. edic., Washington D.C., USA, 944-947.

CONABIO, 2012: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/solanaceae/capsicum-annuum/fichas/ficha.htm> (Consultado 25 noviembre, 2011)

Correll D. S., Johnston M. C. 1970. "Manual of the Vascular Plants of Texas". Texas Research Foundation. Renner, Texas, USA.

Cortazar A., Carrera B., Pérez E. 2011. "La continuidad de la discusión sobre la soberanía alimentaria y economía del sector agropecuario en México" Primer Congreso Internacional de Economía del Sector Agropecuario. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. 1ª edición, 159-176.

Damodaran S. 1997. "Food Protein: an overview in food proteins and their applications". Marcel Dekker Inc. USA., 1-24.

De Luna-Jiménez A. 2007. "Composición y procesamiento de la soya para consumo humano". Investigación ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, 5 (037), 35-44.

Dias M., Durán F. 2006. "Manual del ingeniero de alimentos". Grupo Latino Editores. Impreso en Colombia., 536.

Dillman E. 2001. "La soja, un alimento nutritivo. Sus numerosos beneficios para la salud". Ediciones Oniro. Barcelona, España.

Egan, H. 1988. "Análisis químico de alimentos de Pearson". Primera edición. Compañía Editorial Continental. México., p. 39.

FAO, 2006: http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/PIMIENTO.HTM (Consultado 24 octubre, 2011)

Fellows P. 2000. "Tecnología en el procesado de los alimentos: principio y práctica" 2ª edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza España., 326-335.

Fennema, O. 1993. "Química de los alimentos", 2ª edición. Editorial Acribia, S. A., Zaragoza (España), 276, 277, 315-351.

Fligner, K.L. y Mangino M.E. "Relationship of composition to protein functionality" en Interactions of food proteins, ACS symp. Ser. USA., 1-12.

Fox P.F., Morrissey P.A., Mulvihill D.M. 1983. "Chemical and enzymatic modification of food proteins" ACS. Symp. Ser. Washington D. C., 1-60

Galvan J. D'Acosta L. 1980. "El cultivo de chiles". SEP. Año I Vol. V, No 41, México.

Garg H.P. 1987. "Solar food drying". En Advances in Solar Energy Technology. Heating, Agricultural and Photovoltaic Applications of Solar Energy, Vol. 3. D. Reidel Publishing, Dordrecht, Holland.

Garza-González M.P. 2010. "Determinación de las propiedades funcionales de la proteína de la semilla del hueso de durazno". Tesis de Licenciatura. UNAM. Facultad de Química.

Geankoplis C. 1998. "Procesos de transporte y operaciones unitarias" Tercera edición. Compañía editorial continental, S.A. de C.V. México., 596-603.

Goldblith, S. 1992. “The legacy of columbus, with particular reference to foods”, Food Technology, Vol. 46 No. 10. Octubre.

González J. 2010. “Extracción de colorantes y oleorresinas del chile ancho (Capsicum annum)” Tesis de Licenciatura. UNAM. Facultad de Química.

Gordon, W. 2005. “Perspectivas en nutrición”. Sexta edición. Mc Graw Hill. Impreso en México.

Govindarajan, V.S., 1984. “Capsicum, Production, Technology, Chemistry and Quality. Part 2 Processes, Products Standards World, Production and trade.” CRC Vrit. Rev. Food Sci. Nutr. 23(3): 207.

Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM). 1995. “Identificación de oportunidades y diseño de estrategias para el sector agropecuario del estado de Zacatecas; hortalizas (chile seco, ajo y cebolla)” Zacatecas, Zac., México., 15 – 19.

Kinsella J.E., Shetty K.J. 1979. “Chemical modification for improving functional properties of plant and yeast proteins”. Am. Chem. Ser. 37.63

Kinsella J.E. 1979. “Functional properties of soy proteins”. J. AM. Oil Chem Soc. 56, 542-258.

Kinsella J.E., Frankel E., German B., Kannerlq J. 1993. “Possible mechanisms for the protective role of antioxidants in wine and plant foods”. Food Technol. 47:85-89.

Laborde, C.J.A, Pozo C.O. 1984. “Presente y Pasado del Chile en México”, INIA. México, 1-25, 53-55.

Lampart-Szczapa, E. 2001. "Chemical and functional properties of food proteins". Z. E. Sikorski, Ed. Boca Raton, Florida. United States of America: CRC Press.

Ledezma-Mares J.C., Ruiz-Garduño R.R. 2004. "La producción del chile ancho en Guanajuato y del guajillo en Zacatecas". Revista Claridades Agropecuarias., 1-36.

Lesur, L. 2006. "Manual del cultivo del chile". Colección como hacer bien y fácilmente. Primera edición. Editorial Trillas.México., 1-5, 15-30.

Lomelí, A. 1987. "El chile y otros picantes". Colección Biblioteca del Consumidor. Segunda Edición, Editorial Prometeo Libre, México.

Longo-Solis, J. 1998. "Capsicum y cultura: la historia del chilli" 2ª edición. Corregida y aumentada. Fondo de Cultura Económica. Impreso en México., 230-235.

López-Carrillo, L., Fernández-Ortega M.C., Costa-Dias, R., Franco-Marina J; Alejandre-Badillo T. 1995. "Creencias sobre el consumo de chile y la salud en la ciudad de México". Salud pública Méx; 37(4):339-43.

López-López P. 2007 "La diversidad genética del Chile (Capsicum spp) en Oaxaca, México" Agroproduce., 1-36.

Mazza G. 1998. "Alimentos funcionales, aspectos bioquímicos y de procesado". Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España., 313-314.

Mc Ilveen H., Vallely C. 1996 "Something's smoking in the development kitchen". Nutr. Food Sci. 6:34

Möller, E. 2006. "Alimentos saludables de la A a la A. Una guía de posibilidades para comer sano, variado y muy sabroso". 2ª Edición. Grijalvo. Impreso en México., 53

Montalvo-González E, González-Espinoza NG, García-Galindo HS, Tovar-Gómez B, Mata-Montes de Oca M. 2009. "Efecto del etileno exógeno sobre la desverdización del chile 'poblano' en poscosecha". Revista Chapingo Serie Horticultura 15(2): 189-197

Montes, S, Et Al. 2004. "Fenología del cultivo de chile (*capsicum annum l.*)," Primera Convención Mundial del Chile.

Monroy-Vazquez A, Totosaús A, González LRG, de la Fuente KAS, García-Martínez I. 2007. "Antioxidantes I. Chile ancho (*Capsicum annum L. grossum sendt*) y romero (*Rosmarinus officinalis L.*) como fuentes naturales de antioxidantes". Ciencia y Tecnología. Investigación Universitaria Multidisciplinaria. Año 6. No. 6. 112 – 116.

Moure, A.J.S. Dominguez H., Parajó, J.C. 2006. Functionally of oilseed protein products: A review. Food Research International (39), 954-963.

Muñoz, M. "Tablas de valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en México" Ed. Internac. Español. Edit. Pax México 1996.

NMX-FF-107/1-SCFI-2006 PRODUCTOS ALIMENTICIOS – CHILES SECOS ENTEROS

NMX-FF-025-SCFI-2007 Productos Alimenticios no Industrializados para Consumo Humano – Chile Fresco (*Capsicum spp*)

NMX-F-089-S-1978. Determinación de Extracto Etéreo (Método Soxhlet) en Alimentos., 1-2.

NMX-F-227-1982. Alimentos - Especies y Condimentos -Determinación de Humedad por Destilación con Disolvente., 3-5.

Nee, M., 1986. Solanaceae I. En: Sosa, V. (ed.). Flora de Veracruz. Fascículo 49. Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz, México.

Nielsen, S. 2003. "Food Analysis" Kluwer Academic / Plenum Publishes 3ª Edición, NY., 247-268.

Norton B. 1991. "Solar energy termal techology". Springer-Verlag, London, UK.

Nuez, F. 2003. "El cultivo de pimientos, chiles y ajíes". 1ª edición. Editorial Grupo Mundi Prensa., 328, 356-357.

Olivos, B.L. 2005. "Estudio de las propiedades termicas, funcionales y nutritivas de la fraccion proteica de la semilla de chia (Salvia hispanica)" Tesis de Licenciatura. UNAM. Facultad de Química.

Pomeranz Y. 1985. "Food science and technology, a series of monograpjhs functional properties of food components". Editorial Academic Press, INC. New York, USA., 155- 375.

Puppo M.C., Speroni F., Chapleau N., Añon M.C., Lamballerie M. 2005. "Effect of high-pressure treatment on emulsifying properties of soybean proteins" Food hidrocoloids 19:289-296.

Rakosky J. 1989. "Protein additives in food service preparations" Ed. Von Nostrand Reinhold. New York., 1-45, 71-96

Ramírez-Serrano R, Larrinaga-Mayoral JA, Murillo-Amador B, Hernández-Saavedra Ny, Fujiyama H. 2008. "Respuesta antioxidante enzimática en frutos de chile ancho (Capsicum annum L.) bajo condiciones de estrés salino". Interciencia.33 (5): 377 -382.

Robertson J.A., Monredon F.D., Dysseler P., Guillon, F., Amdó R., Thibauthl J.F. 2000. "Hydration properties of dietary fiber and resistant starch: a European Collaboraty Study". IWT, 33: 73-79.

Rodríguez P.F.J. 1985. "Algunas propiedades funcionales de las proteínas en alimentos y los métodos para su evaluación" Industria alimentaria, 7 (6):4-19.

Shafir-Rahman M. 2003. "Manual de conservación de alimentos". Editorial Acribia Zaragoza España, 11-22.

Sharma S. 2003. "Ingeniería de alimentos. Operaciones unitarias y prácticas de laboratorio". Primera edición. Editorial Limusa. México., 216-225.

Schmidt-Hebbe H. 1981. "AVANCES EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS". Ed. Alfabet Impresores con la colaboración de Merck Química Chilena. República de Chile.

Surh S. 1995. "Capsaicin, a double edged sword: toxicity, metabolism and chemopreventive potential" Life Sci. 56:1845-1855

The Chile Pepper Institute & Digital Solutions, 2012: <http://www.chilepepperinstitute.org/> (Consultado 22 agosto, 2011)

Toro V., Regenstein J., "Physicochemical Parameter of Protein additives on their emulsifying properties" Journal of Food Science. Volume 54, No. 5., 1177-1185.

Universidad del Claustro de Sor Juana, D.Space Software, 2008:
<http://201.147.150.252:8080/jspui/bitstream/123456789/72/1/ERNESTO%20VILLEGAS%20GARCIA.pdf> (Consultado 17 agosto, 2011)

USDA, 2012: <http://www.nal.usda.gov/fnic/cgibin/nutsearch.pl?pepper> (Consultado 6 septiembre, 2011)

Vaclavik, V. 1998. "Fundamentos de ciencia de los alimentos". 1ª edición. Zaragoza, España. Pp.

Vallejo-Carpintero C. 1992. "Los códigos prehispánicos", México Desconocido, Año IV, No. 180, México.

Vioque J., Sánchez-Vioque R., Pedroche J., Yust M.M., Millán F. 2001. "Obtención y aplicaciones de concentrados y aislados protéicos". Grasas y Aceites 127. Vol. 52. Fasc. 2, 127-131

Voet D., Voet J. 2006. "Bioquímica". 3a edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina., 169-278

Williams-Gardner. 1971. "Industrial drying chemical and process engineering series". Leonard Hill London Books., 1-16.

Zdzislaw E. 2001. "Chemical and functional properties of food proteins". Technomic Publishing CO, INC. Lancaster Basel a Technomic Publication., 32-113.

Zeven, A.C. and J. M. J. de Wet. 1982. "Dictionary of cultivated plants and their regions of diversity". Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Printed in the Netherlands.

ANEXO

PRODUCCIÓN POR TIPO DE CHILE EN MÉXICO (Toneladas)

TIPOS	2004	2005	2006	2007	2008
Habanero	5,300.17	6,003.7	7,076.71	5,305.86	7,316.06
Habanero de invernadero	0.0	0.0	99	139.81	680.4
Seco ancho	33,316.33	31,749.5	32,426.39	29,086.8	19,257
Seco colorado	0.0	0.0	0.0	4,887	6,001.88
Seco costeño	1,124	999.83	1,290.46	1,260.36	1,506.23
Seco de árbol	0.0	395.6	609.5	1,366.3	1,890.37
Seco guajillo	28,372.86	31,342.79	20,151.85	20,724.2	17,272.34
Seco mirasol	0.0	16,520.3	4,596	5,154.84	13,981.98
Seco mulato	0.0	356	844	918	649.55
Seco pasilla	3,948.94	4,484.75	10,733.3	3,595.2	5,292.79
Seco puya	0.0	0.0	1,080	1,864.8	1,760.94
Seco sin clasificar	18,572.93	7,295.7	4,505.27	3,129.47	762.85
Seco tabaquero	133.9	106.44	169.25	116.75	249
Verde de árbol	33	934	3,313	17,249.6	6,747.7
Verde orgánico	0.0	273.55	482.4	232.75	4,584.75
Verde (semilla)	1.25	4	6.88	6.45	3.6
Verde (semilla) de invernadero	0.0	5.4	3.1	5.58	4.8
Verde anaheim	34,882.5	62,603.5	65,406	26,511.96	38,620.45
Verde bell peper	64,872.73	208,999	271,096	272,850	241,452.13
Verde caloro	10,721.98	12,728.16	9,374.63	12,013	12,949.29
Verde chilaca	100,015	73,217.91	134,560.58	208,050.55	86,318.14
Verde cristal	0.0	0.0	557	180	219
Verde de agua	2,568	2,714.2	1,802.4	2,012.22	2,065.17
Verde de invernadero	9,124.11	33,055	12,145.8	5,347.12	7,143
Verde guajillo	3,630.8	5,053.1	778	1,345	36
Verde jalapeño	503,245.82	580,558.67	652,766.74	712,699.82	649,161.42
Verde manzano	652	450	825	537.5	690.85
Verde manzano (de	0.0	0.0	0.0	40	25

Fuente: www.siacon.sagarpa.gob.mx

1. PROFAMS® 646 (Cárnicos)

Es un medio de baja viscosidad proteica, el cual es soluble en agua y otros sistemas líquidos. Debido a sus propiedades únicas que presta bien en varios productos cárnicos.

Datos Microbiológicos

Cuenta en placa máx.	30,000 UFC/mg muestra
Salmonella (clase II)	NEGATIVO
E. Coli	NEGATIVO

Análisis Próximo

% HUMEDAD máx.	6.5
% PROTEINA min.	90
% GRASA éter de petróleo máx.	1
% GRASA hidrólisis ácida máx.	4
% CENIZAS máx.	5
pH dil. 1:10 en agua	6.3-6.7
Calorías (por 100 g)	380
Minerales (mg/g muestra)	
Sodio	1200
Potasio	150
Calcio	100
Fósforo	850
Hierro	15
Magnesio	50

Tamaño de partícula

90 % a través de malla # 100 U.S. Standard Screen

Empaquetado

Disponibile en 20 Kg (peso neto), multiparedes, en bolsas de papel rayado (polylined).

Almacenamiento

Almacenado debajo de 75°F y 60 % de humedad relativa.

2. PROFAM® 981 (Embutidos)

Aislado de soya proteico soluble, producto desarrollado específicamente para su uso en productos industrializados provenientes de aves de corral y carnes rojas así como en sistemas de alimentos donde se requiere una alta funcionalidad de las proteínas.

Datos Microbiológicos

Cuenta en placa	30,000 UFC/g muestra
Salmonella (clase II)	NEGATIVO
E. Coli	NEGATIVO

Análisis Próximo

% HUMEDAD máx.	6.5
% PROTEINA min.	90
% GRASA éter de petróleo máx.	1
% GRASA hidrólisis ácida máx.	4
% CENIZAS máx.	5
pH dil. 1:10 en agua	6.8-7.3
Calorías (por 100 g)	380
Minerales (mg/g muestra)	
Sodio	1300
Potasio	150
Calcio	50
Fósforo	850
Hierro	15
Magnesio	25

Tamaño de partícula

90 % a través de malla # 100 U.S. Standard Screen

Empaquetado

Disponibile en 20 Kg (peso neto), multiparedes, en bolsas de papel rayado (polylined).

Almacenamiento

Almacenado debajo de 75°F y 60 % de humedad relativa.

3. ARDEX F®

Es un aislado proteico de soya que es producido especialmente para su aplicación en alimentos. Es tanto un emulsificante como un estabilizador de emulsiones. Debido a su bajo perfil de sabor y olor, Arder®F puede combinarse con productos lácteos dulces donde puede usarse como un sustituto de la leche en polvo libre de grasa, su aplicación puede ampliarse también en productos como la margarina, mantequilla y en confitería. También puede ser utilizado como imitación de productos lácteos típicos, su aplicación nutricional se limita a alimentos infantiles y en salsas.

Datos Microbiológicos

Cuenta en placa	30,000 UFC/g muestra
Salmonella (clase II)	NEGATIVO
E. Coli	NEGATIVO

Análisis Próximo

% HUMEDAD máx.	6.5
% PROTEINA min.	90
% GRASA éter de petróleo máx.	1
% GRASA hidrólisis ácida máx.	4
% CENIZAS máx.	5
pH dil. 1:10 en agua	6.8-7.3
Calorías (por 100 g)	380
Minerales (mg/g muestra)	
Sodio	1300
Potasio	150
Calcio	100
Fósforo	850
Hierro	15
Magnesio	25

Almacenamiento

Almacenado debajo de 75°F y 60 % de humedad relativa.

Tamaño de partícula

90 % a través de malla # 100 U.S. Standard Screen

Empaquetado

Disponible en 20 Kg (peso neto), multiparedes, en bolsas de papel rayado (polylined).