



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**“Cuantificación De Aflatoxinas En Salsas Picantes Botaneras
Comerciales Y 7 Variedades De Chiles Secos De Tercera Calidad,
Expedidos En La Zona Metropolitana De La Ciudad De México”**

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniera en Alimentos

PRESENTA:

RUIZ ORTIZ MARÍA DE LOS ÁNGELES

ASESORES:

DRA. SARA ESTHER VALDÉS MARTÍNEZ

DR. ROBERTO ARNULFO CERVANTES OLIVARES



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por darme la vida, con la cual he podido empezar y terminar satisfactoriamente grandes cosas, entre ellas este trabajo.

A mi familia mi madre Mamá Lupe, mis hermanos, Nacho, Lorena, Xochitl y Leticia, mi tía Chucha, mi abuelita María de los Ángeles (†) y mi abuelito Ignacio (†), por su apoyo económico y sobre todo moral, sin ustedes no hubiera sido posible dar este paso, el término de este ciclo no es mío sino el esfuerzo y sacrificio es de todos, jamás tendré formas de pagarles todo lo que han hecho por mi. Mil gracias

A la Dra. Sara E. Valdés y al Dr. Roberto A. Cervantes, no tengo palabras para agradecerles su apoyo incondicional recibido para desarrollarme como profesionista y como ser humano. Mil gracias

A la M en C Carolina Moreno, gracias por ser algo muy importante en la vida una amiga y claro sin usted no hubiera yo podido terminar jamás esto. Mil gracias

A la Dra. Susana Mendoza, gracias por ayudarme y guiarme siempre que tuve un problema. Mil gracias

A todos mis profesores de la FES-Cuautitlán que me adoptaron como una hija y me ayudaron siempre a salir adelante con sus buenos consejos y enseñanzas. Mil gracias

A mis amigos, Adriana Corrales, Daniel, Lydia, Zuleyka, Norma Edith, Edith, Esteban, Júpiter, Adriana Aguilar, Lupita, Ronal, Taz e Ileana, los cuales estuvieron en las buenas y en las malas y me apoyaron a salir adelante. Mil gracias

A Sergio García por el apoyo recibido en toda la parte experimental de la tesis

Agradezco a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México por la sólida formación académica que me otorgo.

A la DGAPA de la UNAM por el apoyo económico recibido en forma de beca, reactivos y equipo, a través de los Proyectos PAPIIT IX 237504 “Determinación de Microflora Micótica así como Detección de Micotoxinas en Salsas Botaneras y Chiles de Tercera Calidad” y PAPIIT IN227205-3 “Estudio sobre la microflora micótica presente en chiles de primera, segunda y tercera calidad. La presencia de micotoxinas de ellos y en sus subproductos (moles y salsas), gracias a este proyecto consolidé mi formación académica.

INDICE

	Pág.
1. Antecedentes	1
1.1 Chile	
1.1.1. Generalidades	1
1.1.2 Nomenclatura	1
1.1.3 Antecedentes históricos	1
1.1.4 Clasificación taxonómica	2
1.1.5 Descripción botánica	2
1.1.6 Accidentes, plagas y enfermedades	5
1.1.7 Composición Química	8
1.1.8 Principales chiles cultivados en México	11
1.1.9 Zonas de Producción	22
1.1.10 Métodos de Conservación	26
1.1.11 Clasificación y designación del producto	30
1.1.12 Industrialización del Chile	31
1.1.13 Principales usos del chile seco	31
1.1.14 Definición de Salsa Picante Botanera	32
1.1.15 Diagrama de Elaboración de Salsa Picante Botanera	33
1.1.16 Descripción diagrama de Elaboración de Salsa Picante Botanera	34
1.2 Hongos	
1.2.1 Generalidades	36
1.2.2 Biología del género <i>Aspergillus</i>	37
1.2.3 Micotoxinas	38
1.2.3.1 Historia y Antecedentes	38
1.2.3.2 Clasificación	39
1.3 Aflatoxinas	
1.3.1 Generalidades	41
1.3.2 Biotransformación	43
1.3.3 Factores biológicos de las aflatoxinas	45

1.3.4 Factores químicos de las aflatoxinas	45
1.3.5 Factores ambientales de las aflatoxinas	45
1.3.6 Efecto de las aflatoxinas	47
1.3.6.1 Efectos biológicos	48
1.3.7 Prevención y Control de micotoxinas (aflatoxinas)	49
1.3.8 Detoxificación	51
1.3.9 Métodos para detectar y cuantificar aflatoxinas	52
1.3.10 Legislación	57
2. Objetivo	58
3. Metodología	
3.1 Cuadro metodológico	59
3.2 Desarrollo experimental	60
4. Resultados	
4.1 Determinación de humedad	62
4.2 Cuantificación de aflatoxinas	67
5. Discusión	73
6. Conclusiones	81
7. Recomendaciones	83
8. Bibliografía	84
9. Anexos	92

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especies de <i>Capsicum</i>	3
Tabla 2. Composición Química de diversos tipos de chiles	10
Tabla 3. Principales chiles cultivados en México	11
Tabla 4. Ilustración en estado fresco y seco de los principales chiles cultivados en México	17
Tabla 5. Principales países productores por superficie cosechada (1999)	22
Tabla 6. Principales productores de chile verde durante el año de 2004, en modalidad Riego+Temporal, ciclo Año Agrícola (OI + PV)	24
Tabla 7. DL₅₀ de la aflatoxina B₁ en diversos animales	47
Tabla 8. Contenido de humedad de las 6 marcas de salsas botanera	62
Tabla 9. Contenido de aflatoxinas de las 6 marcas de salsas botanera	64
Tabla 10. Diferencias significativas encontrada en las diversas marcas de salsas en base seca	66
Tabla 11. Contenido de humedad de las 7 variedades de chiles secos	67
Tabla 12. Contenido de aflatoxinas de las 7 variedades de chiles secos	69
Tabla 13. Diferencias significativas encontrada en los diferentes tipos de chiles en base seca	71
Tabla 14. Diferencias significativas encontrada en las 4 Centrales de abastos en estudio en base seca	72
Tabla 15. Preparación de Soluciones de Extracción	94
Tabla 16. Preparación de Soluciones de Dilución/Lavado	94

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura macroscópica del chile (corte seccional)	4
Figura 2. Capsaicina (8-metil-N-vanillil-6-nonenamida, C ₁₈ H ₂₇ NO ₃)	8
Figura 3. Principales zonas productoras de chile en México	13
Figura 4. Distribución de la oferta mundial de chiles	22
Figura 5. Pasera subterráneo para secar chiles ahumados	27
Figura 6. Vista superior de un horno deshidratador de chiles	28
Figura 7. Ejemplo de color y calidad visual en chile guajillo entero	30
Figura 8. Principales características morfológicas del género <i>Aspergillus</i>	38
Figura 9. Estructura química de las aflatoxinas	43
Figura 10. Biotransformación de aflatoxina B ₁	44
Figura 11. Formación del aducto	45
Figura 12. Sistema de control para aflatoxinas	50
Figura 13. Niveles medios del contenido de aflatoxinas en los diferentes tipos de chiles en base seca	71
Figura 14. Niveles medios del contenido de aflatoxinas en las 4 Centrales de abastos en base seca	72

INDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama # 1. Proceso de elaboración de salsa picante o botanera	33
Diagrama # 2. Metodología general seguido para la realización de este proyecto.	52
Diagrama # 3. Metodología para la cuantificación de aflatoxinas en páprika, ají pimienta roja y derivados indicada por el proveedor mediante las columnas de inmunoafinidad AFLATEST	61

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales especies productoras de micotoxinas y efectos adversos	40
Cuadro 2. Principales propiedades físico-químicas de las aflatoxinas	42
Cuadro 3. Nivel máximo permisible de micotoxinas	56

1. ANTECEDENTES

El chile

1.1.1. Generalidades

El chile es una planta cuyo origen botánico cabe centrarlo en América del Sur, concretamente en el área de Perú-Bolivia, desde donde se expandió el resto de América Central y Meridional. ^(6, 10, 40, 58)

Se le atribuyen algunas propiedades medicinales, como digestivo, diurético, etc.⁽⁵⁷⁾

A los frutos picantes se les conoce con el nombre de chile y ají y a los dulces, pimienta. Aunque tales términos corresponden a determinadas regiones del mundo: en México y parte del Centro de América se les dice chile; en el Caribe es más usado ají; en Sudamérica a los frutos picantes se les llama ajís y a los dulces pimientos; en España se utiliza el término pimienta para los frutos dulces y el de guindilla para los picantes; en Bolivia a los frutos picantes se les llama rocoto. ⁽¹²¹⁾

1.1.2 Nomenclatura

La palabra española “chile”, modificación del náhuatl *chilli* usado por los mexicas en la época de la conquista, sigue siendo utilizado en México y en América Central.⁽⁶¹⁾

Los arahuacos, grupo cultural de la zona del Caribe, lo denominaban en el siglo XVI, *aji* o *axi*. Los hispanos adoptaron este vocablo cuando pasaron por esa región y lo implantaron en la Nueva España de aquella época y en América del Sur, donde comúnmente se emplea todavía. Éste vino a reemplazar la voz quechua *uchu*, en el Perú, y la aymara *huayco*, en Bolivia. ^(61, 121)

1.1.3 Antecedentes históricos

El chile tiene una larga tradición cultural en México, hay restos arqueológicos del cultivo en el Valle de Tehuacan, Puebla, 7000 y 5000 A.C.

Se especula que el chile pudo haber sido el primer cultivo domesticado en Mesoamérica; ha sido un ingrediente obligado en la comida Mexicana desde hace miles de años. ^(6,57,58)

La importancia del chile en la vida cultural de México se refleja en el uso de su nombre en dichos, alburas y canciones, como tributo jugó un papel importante, tanto antes como después de la conquista: en 1540 el corregidor de Chalco y su ayudante recibían como tributo legal, productos y servicios varios que incluían 200 chiles. El imperio mexica recibía un total de 1600 pacas de chile seco, por parte

de los pueblos conquistados. Su importancia como alimento, quedo manifiesta en los escritos españoles del siglo XVI; el fraile Bernardino hizo una reseña de la comida del los mexicas, encontrando al chile, desde la mesa del emperador, hasta la casa del plebeyo. Así mismo al recorrer los mercados, encontró gran variedad de chiles y salsas, y platillos preparados a base de chile. ^(6,57,58)

1.1.4 Clasificación taxonómica ^(14,50, 58, 62, 80, 88, 96, 100, 107, 171,121)

- a) Reino: Vegetal
- b) División: Angiospermae
- c) Clase: Dicotyledoneae
- d) Subclase: Metachlamydeae
- e) Orden: Tubiflorae
- f) Familia: Solanaceae
- f) Género: *Capsicum*
- g) Especies: *C. annuum*, *C. baccatum* (particularmente variedades *pendulum*) *C. frutescens*, *C. chinense* y *C. pubescens*.

1.1.5 Descripción botánica

Los *Capsicum*, son frutos de tamaño variable, amarillos, rojos o violáceos cuando son maduros, de sabor dulce o picante. ^(6,10)

El Chile pertenece a la familia de las Solanaceas; su nombre botánico es *Capsicum sp* y comprende 23 especies reconocidas, de las cuales solo 5 son cultivadas: *C. annuum*, *C. baccatum* (particularmente variedades *pendulum*) *C. frutescens*, *C. chinense* y *C. pubescens*. *Capsicum annuum* es la especie más importante y difundida. Las cinco especies más cultivadas de *Capsicum* se muestran en la Tabla 1. Las especies del género *Capsicum* son diploides y poseen 12 pares de cromosomas. ^(6,10, 50, 57, 58, 62, 88,121)

Tabla 1. Especies de Capsicum

Especies	Sinónimos	Distribución	Características
<i>C. annuum</i> L.	<i>C. purpureum.</i> <i>C. grossum</i> <i>C. cerasiformaes</i>	Columbia al sur de los EE UU y toda América Latina, Asia	Anteras azules y corola blanca láctea, cáliz discreto, pedúnculo solitario y lobulado
<i>C. baccatum</i> L.	<i>C. pendulum</i> <i>C. microcarpum</i> <i>C. angulosum</i>	Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, Paraguay, etc.	Manchas amarillas o marrones y dientes del cáliz prominentes, pedúnculo erecto en la antesis
<i>C. frutescens</i> (pimiento Tabasco)	<i>C. minimum</i>	Colombia, Costa Rica, Guatemala, México, Puerto Rico, Venezuela	Anteras azules, corola verde lechosa o blanco amarillenta, dos o más pedúnculos en un nudo
<i>C. chinense</i> L.	<i>C. luteum</i> <i>C. umbilicatum</i> <i>C. sinense</i>	Bolivia a Brasil, Belice, Costa Rica, México, Nicaragua, Indias Orientales	Constricción bajo el cáliz, dos o más flores en cada nudo
<i>C. pubescens</i>	<i>C. eximium</i> <i>C. tovari</i> <i>C. cardenasii</i>	Bolivia a Colombia, Costa Rica, Guatemala, Honduras, México	Pulpa gruesa, semillas oscuras y rugosas, corola púrpura

Fuente: Long-Solis, J. 1998. *Capsicum* y cultura: la historia del chilli. Ed 2ª, Ed Fondo de Cultura Económica. Distrito Federal, México, págs. 203

Los *Capsicum*, son frutos de tamaño variable, amarillos, rojos o violáceos cuando son maduros, de sabor dulce o picante.

El sabor picante es debido a la presencia de Capsicina, sustancia muy irritante en estado puro y cuya mayor concentración se encuentra en las proximidades de las semillas

Las semillas están adjuntas en la parte central de la placenta (figura 1), son amarillas (negras en algunas especies), discoidales y con bordes a lo largo del chile. . (6,10, 50, 57, 58, 61 ,88, 121)

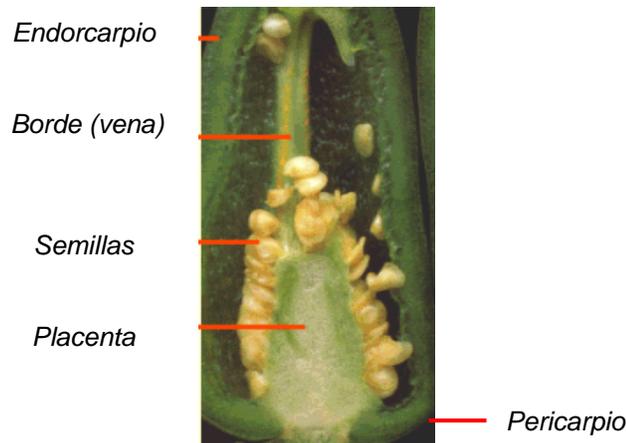


Figura 1. Estructura macroscópica del chile (corte seccional)

La mayor parte de las variedades cultivadas pertenecen a la especie *Capsicum annuum* L., por lo que el nombre científico generalizado del pimiento o chile

Capsicum annuum L.

Variedad *annuum*

Variedad *aviculare*

Es una planta anual que suele crecer como perenne en zonas tropicales. Esta variedad comprende los chiles domesticados mientras la *glabriusculum* o *aviculare* incluye los espontáneos, es una especie anual, su ciclo es vegetativo y va de 5 a 8 meses. ⁽¹²¹⁾

Variedad *annuum*: las plantas cultivadas crecen a una altura de 30 a 75cm, 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.

Las flores son de corola de tono blanco lechoso con anteras azules o moradas; el cáliz es dentado. Existe una gran variedad en la forma y tamaño de fruto, de tono verde o amarillo en el estado tierno, pero que adquiere color rojo, amarillo o café en el maduro. Las semillas tienen forma de embrión redondeado y varían en tono de crema a amarillo; su tamaño va en relación con el del fruto. El grupo incluye tanto los chiles dulces como los muy picantes. ^(11, 50, 57, 65, 88, 102, 121)

1.1.6 Accidentes, plagas y enfermedades

Accidentes

El caso de manchado, se manifiesta por manchas grandes ó pequeñas de tejido muerto en el fruto (no podrido). El problema se presenta especialmente con temperaturas altas, agravado por problemas de salinidad (en agua y/o suelo), mala regulación de los riegos (algún periodo de sequía)

El agrietado del fruto tiene como origen ligeras rasgaduras de la piel después cicatrizan; esta favorecido por fuertes crecimientos en periodos de fuerte higrometría y especialmente en frutos de paredes gruesas

Los frutos en punta, los frutos "agalletados", los frutos sin o con pocas semillas, aparecen cuando el cuaje se produce con bajas temperaturas. . (50, 61, 67, 80, 121)

Plagas

La plaga mas generalizada, es el barrenillo o picudo del chile (*Anthonomus eugenii* Cano). La hembra de este insecto pone sus huevecillos en los ovarios de las flores, de tal forma que al nacer el gusano queda dentro del fruto, se come las semillas y provoca la caída del chile.

Los chiles se ven afectados por numerosos insectos con acción destructiva.

Entre ellos se encuentran:

- Chinchas (*Neazara viridula* y *Nysius ericae*).
- Gusano verde (*Heliothus armigera*). Muy peligroso para el pimiento y al que hay que combatir antes de que la larva penetre en el fruto
- Minador (*Liriomiza solani*)
- Escarabajo (*Leptinotarsa decemlineata*)
- Pulgones varios
- El acaro de la araña roja (50, 80, 107,121)

Enfermedades

Enfermedades producidas por hongos

- Podredumbre del cuello o fusariosis

Producida por los mohos *Fusarium exyosporum*, *Fusarium spp.* y *Fusarium lycopersicum*. La enfermedad tiene por causa el atasco de la circulación de la savia producido por el micelio de los mohos a nivel del cuello de la planta. El moho permanece en el suelo, donde inverna, a la espera de infectar la próxima cosecha, por ello hay que abstenerse de plantar en aquellos lugares donde se ha presentado esta enfermedad hasta transcurridos, al menos, tres o cuatros años

- El oidio

Producido por el ascomiceto *Leveillia taurica*, cuya fase conidiana es conocida por *Oidiopsis taurica*. En el envés de las hojas aparecen unos rodales de manchas pulverulentas, de color cremoso y con pelusilla blanca. Estas manchas se deben al micelio del moho, que tiene su desarrollo en la parte exterior de la planta, donde aparecen rápidamente los conidios reproductores y propagadores de la enfermedad. Las hojas, pecíolos y el tallo se ven invadidos se secan y terminan por desprenderse; la planta puede quedar defoliada. Las temperaturas elevadas favorecen el desarrollo del moho. (50, 80, 107, 121)

- La esclerotina

Producida por el moho *Sclerotinia sclerotinium*, el ataque empieza en el cuello de la raíz o por el pecíolo de las hojas, a las que invade.

- Cladosporiosis

Producida por el moho *Cladosporium capsici*. Forma manchas afelpadas de forma circular u oval, de 1-2 cm. de diámetro. En ataques intensos se unen las manchas entre si cubriendo las hojas y terminando por defoliarse toda la planta. (50, 61, 67, 80, 121)

- Antracnosis

Producida por el moho *Galocosporium piperatum*. En los frutos, tanto verdes como maduros, aparecen manchas circulares hundidas, las cuales, si la humedad es excesiva, se convierten en círculos concéntricos de color rosa. La infección pasa a la semilla que serán las causantes de la propagación de la enfermedad.

- Cercosporiosis

Producida por el moho *Caercospora capsici*. Produce pequeñas manchas circulares de un centímetro de diámetro aproximadamente; son de un color mas claro que el resto de la hoja y bordeadas de una gran margen oscuro. El secarse las manchas se desprenden dejando un pequeño orificio; finalmente, las hojas enfermas se desprenden. ^(50, 61, 67, 80, 121)

- Podredumbre de la raíz

Causada por diferentes especies del género *Phytium*. Es una enfermedad del suelo propagada por las semillas infectadas. Ataca a las plantas desde que germinan hasta que emergen del suelo; en otros casos la infección se produce después de nacer las plantas, siendo dañadas la raíz y la base del tallo por una putrefacción húmeda. ^(50, 61, 67, 80, 121)

Enfermedades bacterianas

Pueden atacar al chile las siguientes bacterias:

- *Xantomonas campestris*.v vesicatoria, que produce manchas y pústulas en hojas, tallos y frutos y se transmite por semilla
- *Clavibacter michiganensis* sub. Michiganensis, que es de tipo vascular, produce marchitez de plantas y también es la semillas su medio de difusión.
- *Erwinia carotovora* sub. Carotovora, causa podredumbres blandas y acuosas en tallos. Es saprofita, vive en el suelo y penetra en la planta a través de heridas. ^(50, 61, 67, 80, 121)

Enfermedades virales

En los últimos 20 años han aparecido varias enfermedades causadas por virus que se han extendido a la mayor parte de las zonas chileras del país causando graves daños a la producción: Virus moteado del chile. ^(50, 61, 67, 80, 121)

1.1.7 Composición Química

El chile es una buena fuente de diversos nutrientes importantes. Contiene más vitamina C y provitamina A que las fuentes más recomendadas para consumir estas dos vitaminas. En Tabla 2 se muestra la composición química aproximada de diferentes tipos de chiles. ^(7,10, 37, 88)

También posee pequeñas cantidades de las vitaminas E, B1 (tiamina), B2 (riboflavina) y B3 (niacina)

Los chiles secos proveen de buenas cantidades de la provitamina A, que en el hígado se convierte en vitamina A. Con tres o cuatros gramos de chile rojo al día, podemos llenar los requisitos del cuerpo humano. Una vez formada en el fruto al provitamina A, es bastante constante; no le afectan el calor ni el frío ni el oxígeno. Los chiles procesados, cocidos o congelados conservan también la vitamina A.

El chile verde fresco es uno de los portadores más importantes de vitamina C. Tiene más del doble de vitamina C que los cítricos y otras fuentes más renombradas. La planta de chile tuvo un papel importante en el descubrimiento de esta vitamina. Los chiles pierden casi toda su vitamina C durante el proceso de deshidratación, cocción o enlatado. ^(7, 37, 121)

Capsaicina o Ácido capsico

La capsaicina es el principio picante del chile, encontrándose ausente en las variedades dulces. Es una sustancia de naturaleza alcaloide, se trata de un protoalcaloide, cuya formulación empírica es $C_{18}H_{27}O_3N$, siendo un producto de condensación del ácido decilénico y de la 3-hidroxi-4metoxi benzilamida. La capsaicina pura es un compuesto lipofílico, inodoro, incoloro, parecido a la cera. En la Figura 2 se muestra la estructura química de la capsaicina ^(7, 88)

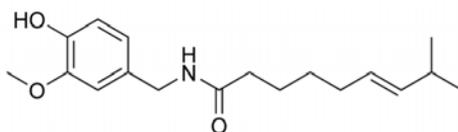


Figura 2. Capsaicina (8-metil-N-vanillil-6-nonenamida, $C_{18}H_{27}NO_3$)

Las variedades más pungentes pueden contener hasta un 1% de éste compuesto, la pungencia relativa de estos compuestos ha sido establecida a la presencia de un grupo hidroxilo fenólico y un grupo éter en posición orto en el grupo del benceno, y una cadena lateral. La longitud de ésta y la presencia del grupo ácido amina parece son importantes en la determinación del grado de pungencia.

La Capsaicina o ácido cápsico se ha usado por mucho tiempo para el tratamiento de lumbago, neuralgia reumatismo, también se usa en el caso de diarreas severas y de atonía estomacal e intestinal. ^(7, 88, 108)

Pigmentos o Colorantes

La familia de los carotenoides se puede subdividir en xantofilas y carotenos. Ambos tipos están constituidos por unidades isoprénicas y son, por tanto, solubles en grasas y aceites. En su mayoría contienen 40 carbonos y poseen dobles enlaces conjugados. Esto último, junto con la existencia de ciertos grupos funcionales, confiere a los carotenoides una intensa coloración que va del amarillo al rojo. Las xantofilas son compuestos oxigenados, a diferencia de los carotenos que son puramente hidrocarburos. La inclusión de funciones oxigenadas en la molécula confiere a las xantofilas propiedades físicas y químicas algo distintas a aquellas de los carotenos. En el caso de los pigmentos de *C. annuum* la mayoría de los carotenoides contienen oxígeno en su estructura, por lo tanto pertenece al grupo de las xantofilas. La capsantina y capsorubina, colorantes característicos de los chiles y pimientos dulces son precisamente xantofilas. ^(7, 50, 67, 88)

Los pigmentos del chile se pueden dividir en tres grupos:

- Pigmentos principales o característicos: capsantina ($C_{40}H_{58}O_3$) y capsorubina ($C_{40}H_{60}O_4$), que son los que dan el color rojo
- Pigmentos con efectos de provitamina: criptoxantina ($C_{40}H_{56}O$) y β -caroteno ($C_{40}H_{56}$)
- Otros pigmentos carotenoides: zeaxantina ($C_{40}H_{56}O$) y luteína ($C_{40}H_{56}O$)

El colorante más abundante en el pimiento dulce y también en los chiles es la capsantina. Los valores para capsantina oscilan entre 30-60% del total de carotenoides, de acuerdo al tipo de variedad, clima y métodos de cultivo y procesamiento. La capsorubina puede representar desde el 6 hasta el 18% del total. ^(88, 108)

Tabla 2. Composición Química de diversos tipos de chiles

Tipo de Chile	P.C %	Humedad G	Cenizas G	E.E. g	Proteína g	H.C. g	Fibra g	Carotenos (mg)	Vit A (mg)	Vit C (mg)
Ancho	0.68	13.90	4.60	9.75	11.5	50.32	9.93	β16.52	130	75.3
Habanero	0.84	91.00	0.70	0.83	2.25	3.62	1.6	β0.53	59	94.3
Cascabel	0.84	10.00	7.30	6.42	15.40	33.98	26.90	β12.28	1716	51.3
Chilaca	0.84	89.40	0.60	0.27	1.5	7.35	0.88	β175	9030	178.3
Chipotle	0.84	14.50	6.90	6.30	16.00	46.70	9.60	β121	459	94.6
Guajillo	0.84	15.40	6.10	8.60	12.60	36.90	20.40	β1467	110	65.6
Jalapeño	0.87	92.5	0.5	0.13	1.0	5.33	0.54	β0.18	150	64.9
Morita	0.84	12.50	6.0	5.40	12.20	53.49	10.41	β17.38		59.3
Dulce	0.84	90.5	0.6	0.2	1.2	7.0	1.3		145	114
Poblano	0.80	88.6	0.6	0.6	2.6	10.4	1.8		41	364
Serrano	0.95	84.8	0.8	0.4	2.3	7.2	4.0		56	65

Donde:

P.C. = Porción comestible

E.E.=Extracto etéreo

H.C.=Hidratos de carbono

Fuente: Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ), 1999. Composición de Alimentos Mexicanos, Disco Compacto Multimedia Interactivo

1.1.8 Principales chiles cultivados en México

Existen diversas variedades de chiles que se cultivan en México, algunos de ellos son exclusivos de exportación, en la Tabla 3 se describe el picor, clima y uso de los principales chiles cultivados en México. En la Figura 3 se encuentran las principales zonas productoras de chile en México. En la Tabla 3 se ilustran en estado fresco y si es el caso en estado seco, con sus posibles variantes, de los principales chiles cultivados en México. ^(57, 58, 88)

Tabla 3. Principales chiles cultivados en México

Tipo	Picor	Clima	Uso
A. Consumo nacional y exportación			
Jalapeño	Medio/alto	Cálido	Verde, crudo en salsas Verde, encurtido Maduro, seco y ahumado (llamado Chipotle y Mora o Morita)
Serrano (= Verde)	Alto	Cálido	Verde, crudo o en salsas
Poblano	Medio/alto	Templado	Verde, crudo, relleno, en rodajas. Maduro seco de color rojo. Muy popular (llamado Ancho) Maduro seco de color marrón (llamado Mulato)
Chilaca	Medio	Templado	Verde, crudo Maduro, seco. Ampliamente utilizado (llamado Pasilla)
De Árbol (= Bravo)	Muy alto	Templado	Maduro, seco. Da un aroma especial a las salas picantes
Piquín (fruto alargado) Chiltepín (redondo)	Muy alto	Cálido	Verde, encurtido, seco. Recogido en plantas silvestres, generalmente <i>C. annuum</i> var. <i>aviculare</i> , pero también <i>C. frutescens</i> . Denominado chile de los pájaros
Mirasol	Muy alto	Templado y cálido	Costeño, Cora, Puya, Cascabel, Guajillo, Bola, Catarina etc., se consumen sólo en seco. Menos importantes que Ancho, Mulato, Pasilla o De Árbol, deslazan a éstos en algunas especialidades culinarias

Habanero	Muy alto	Cálido	Verdes o maduros, crudos. Salsas industriales. El único <i>C. chinese</i> cultivado en México. Se le supone una introducción reciente
Chile Dulce (Pimiento Morrón)	Muy bajo	Templado y cálido	Verde, Amarillo o Rojo Crudo
Manzano (= Perón o Ciruelo)	Muy alto	Frío	El único <i>C. pubescens</i> comercialmente cultivado en México. Soporta bajas temperaturas que no resisten otros <i>Capsicum</i> . Se le supone una introducción reciente
B. Exclusivamente para exportación			
Bell (tipo California Gonder)	No	Cálido	Crudos, ensaladas, consumo local limitado
Varios (Cubanelle, Fresno, Caloro, Hungarian, Anaheim)	No/alto	Cálido	Crudos, muy raro en los mercados locales



Figura 3. Principales zonas productoras de chile en México

- **Chile Jalapeño**

Se le conoce también como cuaresmeño, gordo, huachinango, chile de agua, rayado, acorchado, tres lomos.

Los frutos son cónicos, de aproximadamente 6cm de largo por 4 cm de ancho y tiene de 30 a 60% de superficie acorchada en el pericarpio. Es el grupo llamado “típico” y es el de mayor demanda comercial. ^(57, 82, 121)

El chile jalapeño puede estar, maduro, seco y ahumado (llamado Chipotle y Mora o Morita)

Chile mora o morita: Es llamado morita o bolita, proviene del chile jalapeño, es pequeño, de 3 a 4 cm de largo por 2 o 3 de ancho. Su pericarpio es grueso y carece de corchosidades. Se le conoce cuando adquiere una forma triangular y un tono guinda oscuro.

Chile chipotle: Se seca ahumado, es rojo oscuro, arrugado, aromático y picoso. Para salsas, adobos y entero para sopas y guisos. Secado sin ahumar se llama MECO, provienen de los chiles jalapeños, es un chile muy picoso que presenta un sabor ligeramente a especias. ^(57, 61)

- **Chile Poblano**

Chile fresco, carnoso, de tamaño grande, de forma cónica aplanada con algunas ondulaciones, generalmente verde oscuro con piel brillante, aunque algunas variedades pueden ser más claras. No se considera exactamente picoso, tiene sabor definido, en ocasiones puede ser picoso. El Poblano mide en promedio unos 12cm y 6cm en su parte más ancha. Tiene paredes gruesas, a veces onduladas, que le da en su estado maduro diversas formas. Es medianamente picante, de aroma fuerte y agradable. ^(6, 57)

Al deshidratarse, el chile poblano se convierte en chile ancho o mulato, la diferencia entre ellos depende de un par de genes que lo hacen madurar a uno en tono de rojo oscuro, mientras el otro adquiere un color achocolatado, casi negro. ^(57, 59)

Las zonas productoras más importantes de este chile están en los valles semiáridos del centro del país, como los estados de Guanajuato, San Luís Potosí. Durango, Aguascalientes y Zacatecas. ^(40, 57)

Chile ancho: Es el más empleado de los chiles secos en México, es ancho en la parte alta y se angosta hacia el extremo inferior, mide de 8 a 12cm de largo, es arrugado, de color rojos oscuro o a café rojizo y es esencial para la elaboración de salsas y moles, esta disponible todo el año. No es un chile muy picante es suave y bastante dulce. No se debe de confundir con el chile mulato, que es más oscuro y grande. Para distinguirlos se debe abrir y ver a contra luz, el chile ancho se ve color rojo vitral y el chile mulato color café. En muchos lugares del país se le conoce como chile para guisar, porque se hace en salsas para guisos de cualquier tipo de carne, se colorean caldos y sopas. Con este chile se hacen cualquier tipo de moles, adobos y diferentes clases de salsas picantes. ^(57, 100, 117)

Chile Mulato: Chile seco, color café negrusco, con forma y color parecido al chile ancho, ya que provienen del mismo chile en estado fresco, tiene en promedio 12cm de largo y 7cm de ancho, su sabor es un tanto, el cual es ligeramente parecido al Chocolate, algunas veces resulta ser un poco picoso, tiene la piel un tanto gruesa. Cuando es fresco es de un tipo de chile poblano muy oscuro y por lo general este tipo de chile poblano no sale a la venta cuando es fresco. Este es uno de los chiles más importantes para la preparación de los moles, especialmente para el Mole Poblano. Aunque físicamente es muy parecido al chile ancho. ⁽⁵⁷⁾

- **Chile Chilaca**

Los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco y Zacatecas. La producción es destinada casi exclusivamente para deshidratarse y es llamado chile pasilla. Las plantas son de crecimiento erecto. Los frutos son alargados de 15 a 30cm de largo por 2-4cm de ancho. El color del fruto pasa de verde oscuro a marrón oscuro al momento de secarse.

Chile pasilla: Es largo, arrugado, rojo oscuro, aromático y con picante dulzón. También es llamado achocolatado. Es la versión seca de la chilaca, que es un chile largo angosto y verde oscuro. Su piel es arrugada y negra, tiene aproximadamente 15cm de largo por 3cm de ancho y es largo y de forma angosta. Se emplea en la elaboración de salsas y se recomienda para guisados de cerdo, muy pocas veces se emplea solo. ^(57, 88)

- **Chile de Árbol**

El chile de árbol debe este nombre a la creencia de que originalmente eran colectados de árboles silvestres. Se le conoce también por los nombres de Cola de Rata y Pico de Pájaro, por su forma alargada y curva, y Bravo, por su alto picor. Su cultivo comercial es relativamente reciente, estando centrado en la zona de los Altos de Jaliscos, Costa de Nayarit y sur de Sinaloa. Los frutos son delgados, largos y puntiagudos, su tamaño varía de 4 a 8cm de largo y de 5 a 9mm de ancho. El color inmaduro puede presentar diversos tonos, del amarillo al verde oscuro e igualmente el color maduro oscila de naranja a rojo. Se consume en seco y es de color rojo brillante. ^(57, 94)

Se emplea para dar picor a diversos guisos, es un chile muy picante, cuando se hace en salsa no se retiran ni las semillas ni las venas. Es muy común especialmente para las salsas de mesa. ^(57, 121)

- **Chile Piquín**

El chile piquín pertenece a la subespecie *aviculare* (o silvestre) de la especie *C. annuum*, mientras que todos los tipos anteriores pertenecen a la subespecie *annuum* (o cultivada) de la misma especie.

En México se encuentra ampliamente distribuido por toda la zona costera. La planta es perenne de frutos decíduos. Son de 6 a 20mm de largo y son muy picantes. ^(3, 57, 65)

Con el nombre de chile piquín se identifican a un sinnúmero de chiles pequeños que se distinguen por ser de forma redonda, ovalada y ligeramente cónicos, al ser

frescos son de color verde y al secarse son de color rojo sepia. Ya sea fresco o seco es muy picante. Es un chile espontáneo, perenne, que aparece en diferentes terrenos porque son distribuidos por los pájaros, los cambios de clima, el terreno y la humedad generan pequeñas diferencias entre ellos. Su nombre proviene del Náhuatl y significa pulga, por lo que se le conoce también chile pulga y un sinnúmero de nombres más, sus nombres son derivados de otros, hacen referencia a su tamaño, lugar donde crecen o a sus propiedades, pero el más difundido en todos lados es el chile piquín. ^(57, 88)

- **Chile Mirasol**

Este recibe también los nombres de Costeño, Cora, Catarina, Puya, Cascabel, Guajillo, Bola. En el caso de los nombres Guajillo o Cascabel son denominaciones que se utilizan fundamentalmente cuando los frutos están secos, principal forma de consumo de este chile. Tanto Guajillo como Cascabel se refieren al sonido de las semillas dentro del fruto seco. Cuando se consume en fresco con tonalidad verde también recibe la denominación específica de Puya. Los frutos son alargados y puntiagudos, generalmente péndulos. Cuando son erectos reciben la denominación más específica de Mirasol, por estar mirando al sol. Sin embargo esta posición es evitada en los cultivares más modernos, por la mayor dificultad que presentan los frutos a su arranque de la planta. Son de tamaño muy variables, pues oscilan entre 6 y 12cm de largo y 0.5 a 2.5cm de ancho. El color del fruto pasa de verde a rojo. Son muy picantes. ^(11, 57, 88)

Chile guajillo: Es un chile empleado en el sureste de México de color rojo a café, su piel es fuerte, suave y brillante, el chile es largo y angosto, de aproximadamente 10cm por 3 cm. Es un chile picante y de mucho sabor. ^(24, 57)

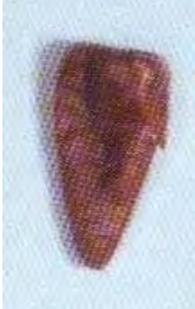
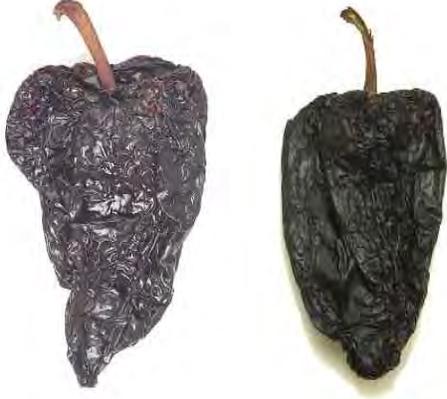
Chile Cascabel o Cora :Chile seco de forma redonda, casi esférico, color café rojizo, mide en promedio unos 3cm de diámetro, de cáscara tersa y dura, moderadamente picante, de sabor agradable, algo anuezado. Con el se hacen salsas picantes. Cuando se agita este Chile, sus semillas suenan como una sonaja o cascabel. De ahí su nombre. El Chile Catarina es similar a este. ^(57, 88)

Chile Catarina: Chile seco, también llamado Catarinita, inmaduro es de color verde y rojo brillante al madurar, y es rojo sepia cuando es seco, de forma ovalada con terminación en forma de punta, llega a medir entre 3 y 6 cm de largo y no más de 3 cm de diámetro, su piel es delgada y proporciona un color rojo a las salsas; es utilizado en guisos, adobos, sopas y salsas condimentadas. Se produce en Aguascalientes, centro y en el norte de México, así como al sur de Estados Unidos. Es curioso que suena igual que el Chile Cascabel. ⁽⁵⁷⁾

Chile Puya: En estado seco es muy parecido al Chile Guajillo, aunque es más delgado y picante, mide unos 10cm de largo por unos 2cm de ancho. En la Capital

del País se le conoce como Chile Guajillo Puya o Guajillo del que pica. Cuando es fresco en Aguascalientes se le conoce como Chile Mirasol. ⁽⁵⁷⁾

Tabla 4. Ilustración en estado fresco y seco de los principales chiles cultivados en México

Tipo	Estado Fresco	Estado Seco
A. Consumo nacional y exportación		
Jalapeño		 <p data-bbox="1015 919 1128 951">Chipotle</p> <p data-bbox="1299 919 1372 951">Mora</p>
Serrano (= Verde)		 <p data-bbox="1128 1276 1323 1308">Serrano Seco</p>
Poblano		 <p data-bbox="1047 1801 1144 1833">Ancho</p> <p data-bbox="1299 1801 1396 1833">Mulato</p>

<p>Chilaca</p>		 <p>Pasilla</p>
<p>De Árbol (= Bravo)</p>		 <p>De Árbol seco</p>
<p>Piquín (fruto alargado) Chiltepín (redondo)</p>		 <p>Piquín Seco</p>

Mirasol



Cascabel o Cora



Catarina



Guajillo



Cascabel o Cora



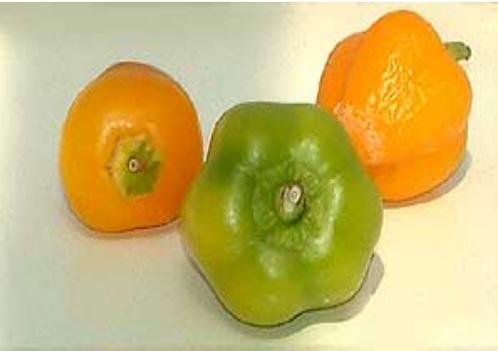
Catarina

Costeño



Guajillo

Puya

<p>Habanero</p>		
<p>Chile Dulce (Pimiento Morrón)</p>		
<p>Manzano (= Perón o Ciruelo)</p>		
<p>B. Exclusivamente para exportación</p>		
<p>Bell (tipo California Gonder)</p>	 <p style="text-align: center;">Bell Mini Amarillo</p>	

Varios
(Cubanelle,
Fresno,
Caloro,
Hungarian,
Anaheim,
Banana,
Cherry)



Anaheim



Banana



Fresno



Cubanelle



Hungarin



Cherry

1.1.9 Zonas de Producción

Contexto Internacional

México ocupó en 1997 el segundo lugar en superficie cosechada de chiles, como se muestra en la Tabla 5, (todas las especies con 110,165 ha superado por China que cosechó 352,470 ha y seguido de cerca de Indonesia con 104,168 ha. ⁽¹¹⁹⁾

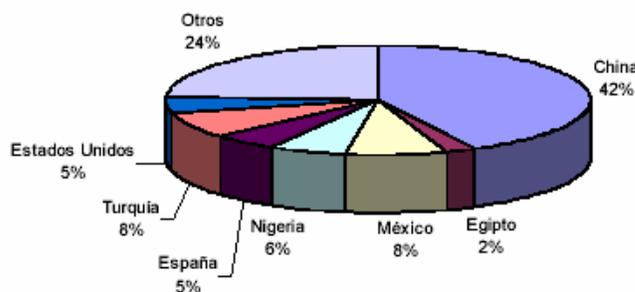
Tabla 5. Principales países productores por superficie cosechada (1999)

País	Hectáreas
China	352,470
México	110,165
Indonesia	104,168
Nigeria	95,000
Korea, Republica	83,000
Turquía	68,000
Ghana	52,000
Sri Lanka	37,000
Estados Unidos	26,568
Egipto	25,000
Otros	294,337
Total	1,247,708

Fuente: FAO (www.fao.org)

En cuanto a la producción, México ocupa el tercer lugar con 1,290 mil toneladas muy cercano a Turquía y ligeramente por encima de Nigeria, como se muestra en la Figura 4 donde se expresa la distribución de la oferta mundial de chiles. Debido a que el chile no es únicamente originario de México, sino también de Sudamérica se ha extendido a otros países de África, Sur de Asia, Europa, Parte de Sudamérica y EEUU que cuentan con climas aptos para la producción de diversas especies de chiles. ⁽¹¹⁸⁾

**Producción mundial de chillies+peppers, green
16,558,560 toneladas métricas (1997) FAO-STAT**



Fuente: FAO (www.fao.org)

Figura 4. Distribución de la oferta mundial de chiles

México destaca por su diversidad genética que aporta al mundo. Gran parte de los chiles producidos en el país también se cultivan en otros países y son conocidos con otros nombres.

En países desarrollados la producción de chile adopta una gran variedad de formas como en los Estados Unidos, España, Holanda y Hungría donde predominan métodos intensivos de producción basados en modernos paquetes tecnológicos y alta mecanización, mientras que en África y Asia la producción del chile se basa más en la recolección.⁽¹¹⁸⁾

Al año, México exporta más de 416 mil 800 toneladas de chiles en sus diferentes variedades a los Estados Unidos, Canadá y países de la Unión Europea, con lo que se ubica como el segundo país exportador de esta hortaliza a nivel mundial.

El mercado internacional cada vez tiene mayor demanda en la preferencia de este producto y su consumo per cápita a nivel mundial aumentó en 3.6 kilogramos.⁽¹¹⁹⁾

Contexto Nacional

Hay más variedades de chiles cultivados en México que en cualquier otro país. Aunque es posible sembrar casi todos los tipos en cualquier zona, algunos se adaptan mejor a ciertas condiciones ambientales que otros. Los de frutos grandes como el grupo de los chiles poblanos, se desarrollan y producen mejor en la altiplanicie y en valles semiáridos de riego, mientras los chiles delgados o pequeños se producen mejor en las regiones semitropicales.

La producción más importante se encuentra concentrada en ocho estados, de los cuales Sinaloa, Chihuahua, San Luís Potosí, Tamaulipas, Nayarit y Zacatecas son los principales productores, en la Tabla 6 se encuentran los principales estados de la República mexicana productores de chile verde durante el año de 2004, en modalidad Riego+Temporal, ciclo Año Agrícola (OI + PV).^(40, 119)

Tabla 6. Principales productores de chile verde durante el año de 2004, en modalidad Riego+Temporal, ciclo Año Agrícola (OI + PV)

DELEGACIÓN	SUPERFICIE SEMBRADA (HA)	SUPERFICIE COSECHADA (HA)	PRODUCCIÓN (TON)	RENDIMIENTO (TON/HA)	PRECIO MEDIO RURAL (\$/TON)	VALOR DE LA PRODUCCIÓN (MILES DE \$)
BAJA CALIFORNIA	813.00	807.00	16,854.77	20.89	6,977.73	117,608.02
BAJA CALIFORNIA SUR	1,129.00	947.50	24,721.98	26.09	9,289.68	229,659.29
CHIHUAHUA	505.79	483.79	8,471.28	17.51	2,419.01	20,492.10
DURANGO	1,641.75	1,589.75	9,959.85	6.27	4,699.79	46,809.18
GUANAJUATO	950.00	919.00	6,934.00	7.55	3,515.24	24,374.70
HIDALGO	2,106.50	2,065.70	14,857.60	7.19	7,331.36	108,926.40
JALISCO	799.00	799.00	25,046.00	31.35	5,895.54	147,659.68
MICHOACAN	452.81	432.81	5,185.20	11.98	3,928.02	20,367.57
NAYARIT	785.25	785.25	9,609.50	12.24	5,959.83	57,271.00
SAN LUIS POTOSI	491.00	489.50	14,247.50	29.11	7,177.95	102,267.81
SINALOA	3,550.00	3,416.00	78,405.20	22.95	3,727.79	292,278.00
SONORA	1,698.00	1,317.00	22,149.00	16.82	5,613.28	124,328.64
TAMAULIPAS	364.00	364.00	5,459.00	15.00	11,122.46	60,717.50
VERACRUZ	3,618.50	3,413.50	27,209.98	7.97	10,254.83	279,033.61
ZACATECAS	800.00	798.00	4,982.00	6.24	4,019.27	20,024.00
SUB-TOTAL	19,704.60	18,627.80	274,092.86	72.04	91,931.78	1,651,817.50
TOTAL	22,915.96	21,731.16	303,419.10	13.96	5,842.02	1,772,581.20

FUENTE: Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera, 2006. SAGARPA.

Los rendimientos promedio nacionales, en ton/ha, fueron de 0.840 en el ciclo primavera-verano y de 0.745 en el ciclo otoño-invierno.

En los estados de Jalisco y San Luís Potosí se observa que tienen los más altos rendimientos de la producción se explica por la avanzada tecnología agrícola utilizada en sus agro industrias

Con una producción de 1.8 millones de toneladas alrededor de 150 mil hectáreas sembradas en el país–, que representan un valor comercial de más de siete mil millones de pesos, México ocupa el segundo lugar a nivel mundial como productor de esta hortaliza; la preferencia en los mercados internacionales ha derivado que en el 2004 el 25 por ciento de la producción total se exportó.

Con gran significación histórica, cultural y como un alimento básico en la dieta nacional, la preferencia de esta hortaliza a nivel nacional se mantiene a un nivel medio al registrar un consumo per cápita de 14.5 kilogramos.

A nivel nacional, la producción anual de chile seco ancho es de más de 33 mil 316 toneladas (valor comercial de mil 438 millones 900 mil pesos); chile seco costeño, mil 124 (valor comercial de 48 millones 238 mil); chile seco guajillo, 28 mil 373 (valor comercial de mil 394 millones 177 mil); chile seco pasilla, 3 mil 949 (201 millones 801 mil); chile seco –sin clasificar– 18 mil 573 (valor comercial de 606 millones 525 mil); y chile seco tabaquero, 134 toneladas (valor comercial de 9 millones 972 mil).^(119,120)

Zacatecas, ubicado como el principal productor de chiles con 60 por ciento de la producción nacional, registra anualmente una producción de chiles secos: guajillo, ancho, pasilla y árbol, de cerca de 50 mil toneladas (valor comercial de más de mil 978 millones 994 mil pesos); en chile verde tiene una producción de 107 mil 475 toneladas al año (valor comercial de más de dos mil 210 millones 625 mil pesos).

El segundo lugar en el cultivo de chile seco, lo ocupa el estado de San Luis Potosí, con el 27 por ciento de la superficie cosechada con un valor de producción de más de 970 millones 743 mil pesos. Otras entidades productoras de esta hortaliza son: Aguascalientes y Chihuahua.

La producción de chile seco en el país genera fuentes de trabajo por el orden de los 150 a 160 jornaleros por hectáreas en las áreas de riego.⁽¹²⁰⁾

1.1.10 Métodos de Conservación

Un pueblo incapaz de preservar su comida no puede ir a la guerra; tampoco puede viajar. Sabemos que las culturas precortesianas resolvieron este problema por las palabras de Alvarado Tezozomoc (1944:357): "cuando los soldados salían en campaña, llevaban como provisión maíz tostado, pimientos [chiles], frijoles molidos y cacao molido y seco".

El chile secos tiene ventajas sobre el fresco: se puede almacenar por varios meses sin que se deteriore, es más ligero para el transporte y su precio es menos fluctuante. ^(57, 58)

Técnicas de Deshidratación

Debido a las condiciones climáticas de las zonas productoras de chile y por las características inherentes de cada un de los tipos que se cultivan, el deshidratado se lleva a cabo en diferentes formas. ^(57, 110)

- Deshidratado al sol

En este tipo de deshidratación existen tres sistemas que se utilizan con frecuencia: el secado de los frutos en la planta, en paseras y en paseras modificadas. ^(10, 57)

- Secado en la planta

Este sistema, considerado como el más rústico, es casi exclusivo de los chiles tipo Mirasol. El proceso consiste en dejar que los frutos desarrollen y maduren en la planta, hasta que se presenta la primera helada, lo cual ocurre generalmente en la primera quincena de noviembre.

En este momento se suspenden los riesgos; antes que la planta se seque completamente, se arrancan con la raíz y luego se forman montones, el agricultor separa ahí el fruto de la planta para su empaque y comercialización. ^(40, 57)

- Secado en paseras

Se emplea principalmente para los tipos ancho, mulato y pasilla. Consiste en cosechar los frutos cuando éstos han madurado completamente. Inmediatamente después, los frutos se trasladan a las "paseras", las cuales son cámaras de aproximadamente un metro de ancho por 40 o 50 metros de longitud, con un ligero declive para evitar encharcamiento en caso de lluvia; el declive debe de estar orientado preferentemente hacia el sur para conseguir una mayor exposición a los rayos solares. Sobre el suelo limpio y parejo, se extiende una capa de paja o hierba seca la cual permite el paso del aire y del agua, en caso de lluvia, evitando así que los frutos se pudran. ⁽⁵⁷⁾

Los frutos se extienden en las paseras y son volteados diariamente para que el secado sea uniforme, y también para evitar daños por quemaduras causadas por el sol (Figura 5.).



Figura 5. Pasera subterráneo para secar chiles ahumados

Este sistema tiene una duración del proceso de secado que es variable y depende principalmente de la nubosidad, la brillantez del sol, la temperatura y la humedad relativa. Generalmente se obtiene chile seco en 20 o 30 días. Este método se utiliza también para la obtención de semillas para siembra. Por la gran cantidad de mano de obra que requiere, este sistema en la actualidad sólo es popular en producciones pequeñas, en las cuales toda la familia participa en parte de las faenas. ⁽⁵⁷⁾

- Secado en paseras modificadas.

En este sistema, a diferencia del anterior, los frutos ya colocados en la pasera se cubren con una tira de polietileno, transparente y se colocan piedras en las orillas del polietileno, a un metro de distancia, aproximadamente. Esta operación permite la circulación del aire por debajo del plástico, disminuyendo paulatina, pero más aceleradamente, la humedad contenida en los frutos. Con este método, los frutos se voltean con menos frecuencia que en el secado en paseras descrito anteriormente ya que, por lo general, se exponen dos veces por cada cara en los 8 o 10 días que dura el proceso. Este método ahorra por lo menos la mitad del tiempo y más de la mitad de la mano de obra con respecto al anterior y evita la pudrición de frutos ocasionada por el agua de lluvia. Los frutos deshidratados por los dos métodos anteriores se le atribuye mejor sabor y color, por lo que los compradores pagan un sobrepeso del 5 al 10% por los frutos secados con el sistema de las paseras. ^(10, 57)

- Deshidratado artificial

En los métodos antes citados se requiere disponer mucho tiempo para lograr la deshidratación, lo cual significa que no son prácticos cuando se trata de secar grandes volúmenes de frutos de chiles.

- Secado en hornos

Los hornos están contruidos en forma similar y únicamente difieren en el combustible que utilizan, la longitud de los túneles y las temperaturas de secado. (57)

El edificio que contiene los hornos está construido de ladrillo, la estructura tiene dos entradas y dos salidas por cada juego de túneles; en medio de ambas unidades de secado hay otro túnel (cámara de calor), también de ladrillo, con el techo generalmente convexo. Esta última estructura tiene un extremo “el quemador” y entrada de aire fresco. El combustible se inyecta al quemador y su automiza mediante espreas de presión. (Figura 6.). (57)

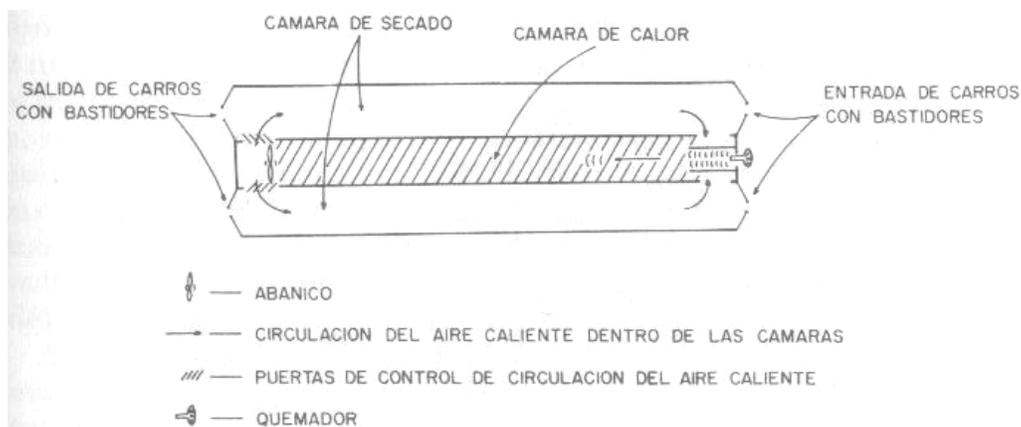


Figura 6. Vista superior de un horno deshidratador de chiles

La circulación del aire caliente dentro de las cámaras es generada por un ventilador y hay escapes por las hendiduras de las partes de cada extremo, lo cual provoca el cambio del aire húmedo y anhídrido carbónico por aire puro, induciendo una buena combustión y un secado eficiente.

En la mayoría de las cámaras de secado se cuenta con una puerta corrediza a nivel de piso, la cual sirve como regulador de la temperatura. El tiempo de secado está en función de la temperatura y del tipo de chile del que se trate; las temperaturas varían en todos los casos entre 60 y 80 °C. El tiempo de secado en los tipos mirasol y pasilla, es de 6 a 28 horas y de 6 a 36 para el tipo ancho, cuando la temperatura se mantienen o supera los 80°C el chile se quema ligeramente, lo cual determina su calidad. (40, 57)

El chile se transporta hacia dentro y fuera de los túneles en carros con bastidores, los cuales ruedan sobre rieles empotrados en el piso; los bastidores son estructuras rectangulares de madera o de hierro con dos travesaños del mismo material. A esta estructura se adhiere una malla de alambre la cual sostiene los chiles. Cada carro puede cargar de 17 a 18 bastidores superpuestos y cada túnel tiene capacidad para 15 o 20 carros.

Una vez que el chile es sacado de los túneles se deposita sobre un piso de concreto para que se ventile, un día después se extiende y se rocía agua con una regadera manual; luego, los frutos se amontonan y se cubren con una lona para que la humedad alcance el mismo nivel en todos los frutos y luego estos se empacan. Si esta última operación no se lleva a cabo inmediatamente, los frutos se rompen con el manejo dado en el empaque y en el transporte. ^(40, 57)

Caracteres exigibles en la industria del chile deshidratado

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

- Alta productividad
- Alto contenido en colorantes o colorante específico que se desee. Las partes del fruto que no aportan colorante (placenta, semilla, pedicelo y cáliz) sean proporcionalmente pequeñas.
- Resistencia al almacenamiento
- Resistencia a accidentes, plagas y enfermedades

Las variedades de chile 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. ^(28, 40, 62)

1.1.11 Clasificación y designación del producto

El chile seco entero, del género *Capsicum* de los tipos **guajillo (mirasol)**, **ancho**, **mulato**, **árbol**, **puya** y **pasilla** destinados para consumo humano se clasifican en 4 grados de calidad, en orden descendente (Figura 7.):

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

El producto clasificado se designa por su nombre, tipo, tamaño y calidad, siendo el tamaño un parámetro de diferenciación comercial.

El producto designado como tercera o fuera de clasificación, primordialmente se utiliza para elaborar subproductos. Coloquialmente se le conoce como pinto, “chirsol” ó rezaga. ^(82, 83)

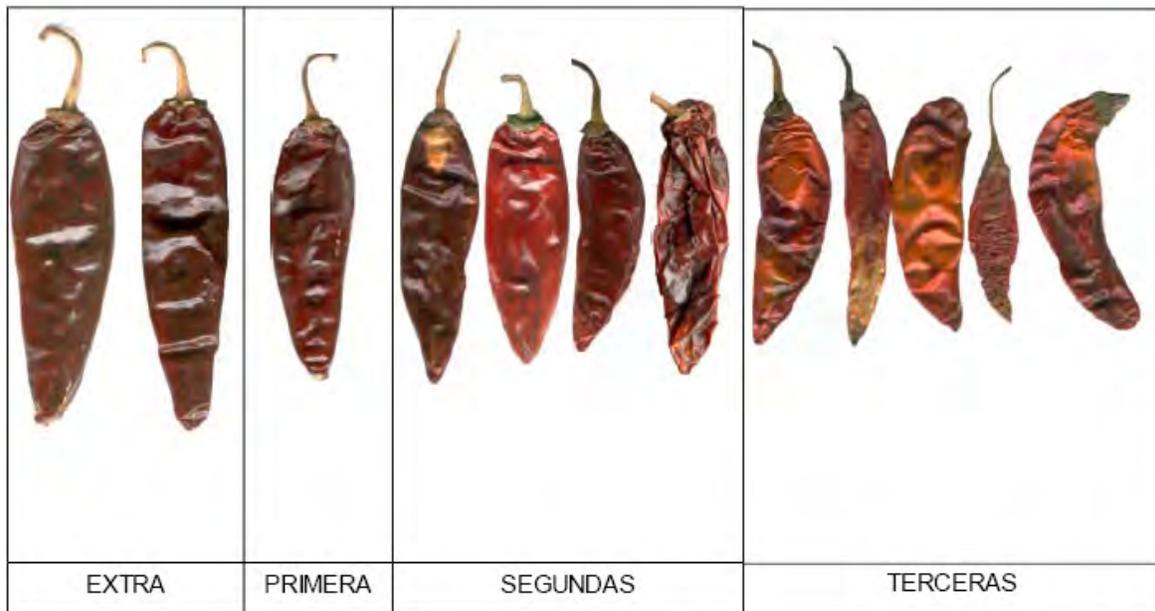


Figura 7. Ejemplo de color y calidad visual en chile guajillo entero

1.1.12 Industrialización del Chile

Durante los últimos años, ha habido un aumento en los usos industrializados del chile. De hecho, la quinta parte de la producción nacional se procesa en forma de salsas picantes, moles, y chiles enlatados o en polvo. También se ha visto un desarrollo importante en la fabricación de oleorresinas o extractos soluble de especias, utilizados en la industria alimenticia para la preparación de carnes frías, como chorizos, mortadelas, salchichas, jamones, etc. La oleorresina *capsicum*, hecha con base en chiles secos picantes, como el de árbol, ancho, etc., dicha oleorresina se emplea para agregar un picor sutil a los alimentos, o bien como complemento de otros sabores para hacerlos mas agradables. También se añade a la mayonesa, a la salsa catsup y a muchas otras salsas o aderezos. Hoy día, las salsas picantes tienen más demanda en el mercado de Estados Unidos que la salsa catsup, condimento de larga tradición en la dieta norteamericana. ^(10, 80)

El extracto oleorresina paprika, fabricado con chiles poco picantes, se elabora para usarse como pigmento rojo, o para agregar un sabor muy ligero a los alimentos. Se utiliza para dar un toque delicado a las hojuelas de maíz y un sabor agradable al ron y al refresco Ginger Ale. ^(50, 88)

El uso de las oleorresinas tiene ventajas sobre el producto entero o en polvo, porque se eliminan todos los microorganismos durante el proceso, y esto permite un almacenamiento mas prolongado sin problemas de mohos, insectos o pérdidas de color.

En el caso de los chiles en polvo, se destinan para la elaboración de diversos dulces, botanas y golosinas entre las que se encuentran: Piña con chile, Mango con chile, Chabacanos con chile, Guayaba con chile, Manzana con chile, Tamarindo con chile, Frituras con chile, Cacahuates con chile, Plátanos con chile, Gomitas con chile, Chicless con chile, etc. ⁽⁵⁷⁾

1.1.13 Principales usos del chile seco

La comercialización de chile seco tiene tres destinos principales: el consumo directo, la producción de moles y salsas y la producción de colorantes.

El principal chile seco se produce en México es el ancho en sus tipos rojo y mulato, le sigue el guajillo y el pasilla. El predominio del ancho se explica por sus múltiples usos: consumo en moles, salsas, productos de confitería y colorantes. El guajillo se refiere por su buen sabor, poco picoso y su intenso color rojo que favorece a muchos platillos mexicanos, se consume en seco, enteros en caldos, en polvo como condimento. Los desechos del guajillo también es demandado por la industria de colorantes. ⁽⁵⁷⁾

Los polvos rojos se elaboran con el chile seco y molido; proporcionando un sabor característico a muchos platos condimentados.

Los chiles más importantes en México son el chile piquín, el chile de árbol, chile guajillo, chile pasilla, chile ancho, chile chipotle, y chile cascabel. La aceptación de estos a nivel industrial es importante debido a los atributos de sabor picante o pungencia, lo cual es fácilmente identificable y cuya sensación desaparece según su grado de pungencia. Algunos de estos chiles irritan un poco el estómago sin embargo, estas propiedades le han permitido que se acepte como un aditivo (saborizante) natural, por la Food and Drug Administration (FDA).^(10, 57)

1.1.14 Definición de Salsa Picante Botanera

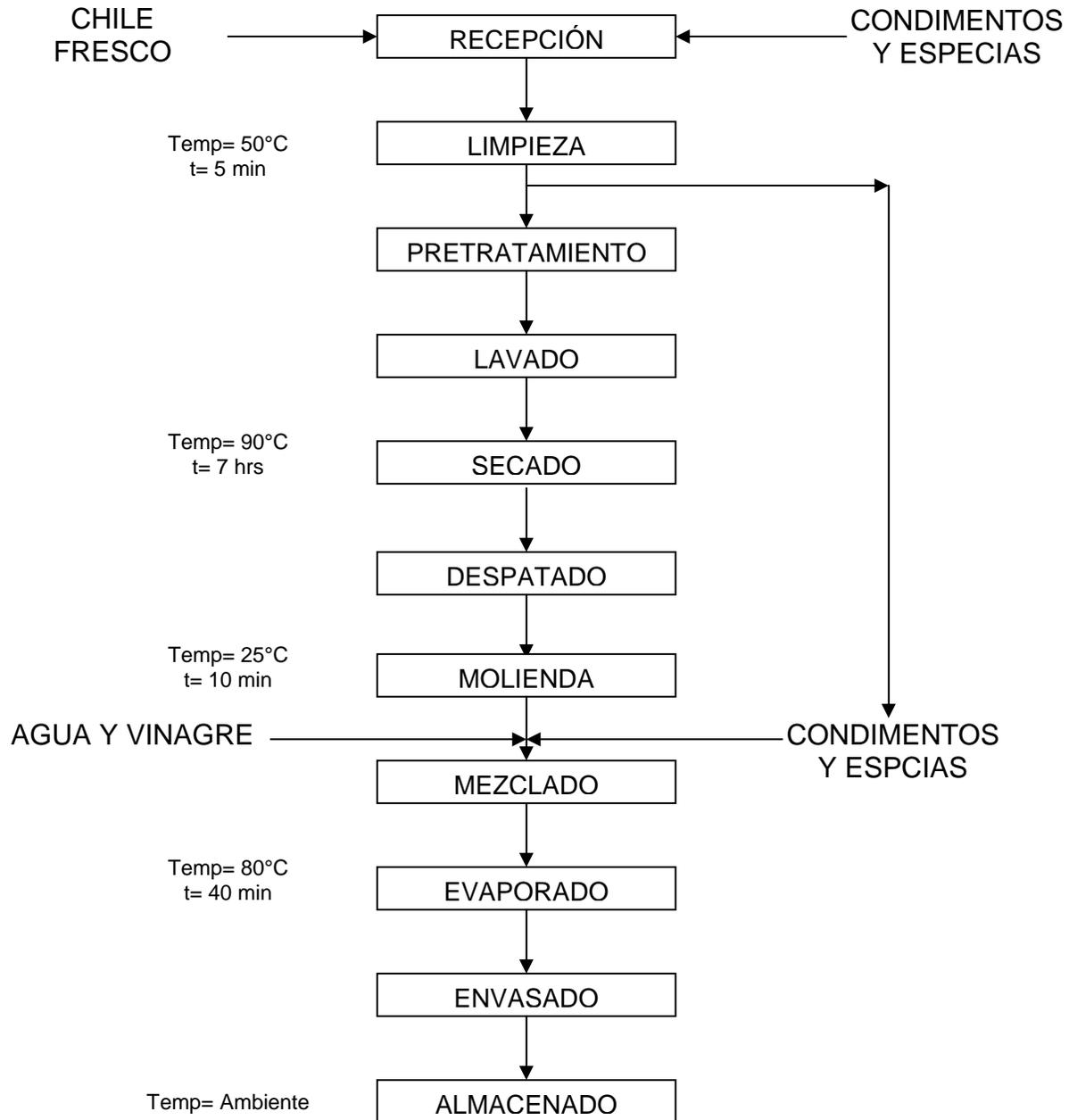
Es el producto resultante de la mezcla y/o molienda y suspensión de una o más variedades de chiles frescos, secos o conservados, sanos, limpios, adicionados o no de acidulantes, espesantes, especias e ingredientes permitidos por la Secretaría de Salud, que le proporcionen el sabor característico.⁽⁸¹⁾

Una salsa puede definirse como un producto semilíquido o líquido frío o caliente, la cual se adiciona a un alimento cuando éste se sirve. Su aceptación se liga al mejoramiento de la apariencia, aroma, sabor y consistencia; puede no incluirse el uso de especias o extractos de éstas.^(14, 63)

Los procedimientos de fabricación varían, pero en su mayoría se utiliza el siguiente proceso de elaboración para productos procesados objeto del presente estudio, citado en el Diagrama # 1

1.1.15 Diagrama de Elaboración de Salsa Picante Botanera

Diagrama # 1 Proceso de elaboración de salsa picante o botanera



La materia prima que se utiliza son los chiles de variedad: de árbol, o puyas, o guajillo o mezcla de ellos, de las plantas del género *Capsicum* de la familia *annuum*.⁽⁷¹⁾

1.1.16 Descripción diagrama de Elaboración de Salsa Picante Botanera. ⁽¹⁴⁾

Recepción

Los chiles frescos llegan a la planta transformadora en diversos vehículos como camiones, remolques, etc., desde el centro de recolección y/o acopio.

El primer paso en su industrialización es establecer sus características más adecuadas para el procesos, es decir, que cumpla con lo siguiente: variedad (chile de árbol, o puya, o guajillo) o mezcla de ellos, textura firme al tacto, color rojo y tamaño característico a cada variedad.

El fruto deberá además reunir ciertos requisitos de calidad. Los chiles deben estar bien desarrollados, enteros, sanos, frescos, sin humedad exterior anormal; descomposición o pudrición, prácticamente libres de defectos de origen mecánico, metereológico, microbiológico, o genético fisiológico. Todo eso se examina visualmente, si se detecta un porcentaje mayor al establecido por el productor, se rechaza el lote de producto.

Una vez aceptado un lote de frutos, se pesa en una báscula de plataforma junto con el vehículo que los transporta y por diferencia se obtiene la cantidad de fruto neto.

Una vez descargados, los chiles se colocan sobre una banda transportadora y que los lleva hacia el almacén de materia prima. Aquí, son almacenados en un ambiente seco, de humedad relativa controlada (40-50%) a 10°C, hasta que sea posible su procesamiento

Limpieza

El objetivo de la limpieza es separar de los chiles el material extraño, tal como polvo, suciedad, otro tipo e chiles o hierbas, etc.

Para este propósito se utilizan cribas-ventiladoras, que constan de tamices contruidos de lámina perforada de metal; colocándose uno sobre otro, de modo que en el último tamiz se retengan los chiles ya separados del material extraño.

Estos equipos cuentan también con ventiladores que generan corrientes de aire que separan al chile de impurezas ligeras, como polvo y tierra.

Despatado

El objetivo de esta operación es eliminar manualmente el tallo de los chiles frescos.

Pretratamiento

La importancia del pretratamiento es abrir los poros del chile y hacer que la humedad contenida en este fluya más rápido hacia el exterior reduciendo el tiempo de secado. En este paso, los chiles se sumergen en una solución de NaOH al 2% (peso/volumen) a 50°C por 5 min., esta operación se realiza en un tanque

Lavado

Se realiza para eliminar el exceso de NaOH que adquirió durante el pretratamiento. EL agua empleada en este caso debe de ser potable y con un bajo contenido de cloro, procurándose a 50°C.

Secado

La deshidratación del chile se lleva a cabo según bibliográficamente a temperatura de 90°C durante 7 horas en un secador rotatorio, donde el chile alcanza una humedad final entre el 19-20%

Molienda

En este punto el chile es una pieza relativamente grande, lo que hace necesario llevar a cabo una reducción de tamaño a través de una molienda seca, se pueden utilizar molinos Pulvex que están diseñados para hacer una reducción de partícula que pase el producto por tamiz No. 80

Mezclado

Una vez obtenido el chile en polvo se adiciona los condimentos y especias al mezclador, esto se puede hacer manualmente, los líquidos con el agua y en vinagre pueden ser bombeados para que así se obtenga la premezcla.

Evaporado

Ya formada la premezcla, se lleva una evaporación por medio de una marmita que permite reducir el contenido de agua del alimento, provocando el aumento de los sólidos totales y obtener finalmente la salsa picante o botanera.

Envasado

Una vez obtenida la salsa picante o botanera, es transportada a un taque de almacenamiento para su posterior envasado, comúnmente el envasado se realiza en caliente en envases de vidrio.

Almacenamiento

Los frascos de salsa picante o botanera se almacenan a granel a temperatura ambiente.

1.2 Hongos

1.2.1 Generalidades

Los mohos y levaduras están ampliamente distribuidos en la naturaleza y se pueden encontrar formando parte de la flora normal de un alimento, o como agentes contaminantes y en los equipos sanitizados inadecuadamente, provocando el deterioro fisicoquímico de éstos, debido a la utilización en su metabolismo de los carbohidratos, ácidos orgánicos, proteínas y lípidos originando mal olor, alterando el sabor y el color en la superficie de los productos contaminados. Además los mohos y levaduras pueden sintetizar metabolitos tóxicos termoresistentes, capaces de soportar algunas sustancias químicas, así como la irradiación y presentan capacidad para alterar sustratos desfavorables, permitiendo el crecimiento de bacterias patógenas. Es de gran importancia cuantificar los mohos y levaduras en los alimentos, puesto que al establecer la cuenta de estos microorganismos, permite su utilización como un indicador de prácticas sanitarias inadecuadas durante la producción y el almacenamiento de los productos, así como el uso de materia prima inadecuada. ^(38, 52)

Los mohos presentan una gran capacidad de adaptación en diversos sustratos, entre los que destacan los alimentos destinados al consumo humano y animal. Su importancia deriva no tan sólo por su desarrollo y por el consecuente deterioro de estos productos, sino porque también un elevado número de especies presentan la capacidad de producir micotoxinas. Cabe destacar que las especies de los géneros *Fusarium*, *Aspergillus* y *Penicillium* son los más abundantes en estos sustratos, se pueden encontrar formando parte de la flora normal de un alimento, o como agentes contaminantes en equipos no sanitizados adecuadamente, llegando a contaminar a los alimentos. Su presencia provoca tanto descomposición como deterioro de éstos. El efecto adverso de los fenómenos antes mencionados provoca pérdidas incalculables en la Industria Alimentaria en México. ^(72, 73)

Las pérdidas del agro debidas a un mal manejo y un inadecuado almacenamiento resultan en pérdidas millonarias en México, representando hasta un 30% de la producción Nacional, siendo el crecimiento de mohos y levaduras uno de los factores que incide en esas pérdidas. Los mohos toxigénicos se reproducen y producen sus metabolitos tóxicos cuando se encuentran bajo las condiciones adecuadas CHATTO (Composición, humedad, acidez, temperatura, tiempo y oxígeno). Cuando se habla del contenido de humedad del alimento es en relación al contenido de agua disponible que este presenta o actividad acuosa (a_w). ^(73, 74)

Los productos agrícolas son invadidos por diversos mohos en el campo, entre ellos: *Fusarium* spp *Alternaria* spp *Cladosporium* spp, *Helminthosporium* spp y muchos otros que causan enfermedades, por otra parte, también son invadidos por mohos cuyo hábitat natural no es el campo sino el almacén, la bodega, el silo y las trojes siendo principalmente especies de *Aspergillus* spp y *Penicillium* spp.

La principal diferencia entre los “mohos de campo” y los “mohos de almacén” son los requerimientos de agua para crecer. Los mohos de campo requieren humedades relativas de 90 a 100%, en cambio los de almacén pueden crecer en humedades relativas de 65 a 90%, condiciones de humedad muy frecuentes en el almacenamiento de granos y otros productos agrícolas. ⁽⁷³⁾

En el caso de los mohos de almacén se han encontrado que algunas especies de *Penicillium* y *Aspergillus* invaden a los granos desde el campo. La invasión de los granos de maíz en el campo por *Aspergillus flavus* en los Estados Unidos esta relacionada con períodos de sequía y con el ataque de insectos a la mazorca; condiciones que favorecen la entrada de este moho al hacer más susceptibles o vulnerables a los granos de maíz, situación que ratifica la calidad de parásito débil de este moho. ^(73, 74)

1.2.2 Biología del género *Aspergillus*

El género *Aspergillus* fue descrito por primera vez en 1729 por *P. A. Micheli*, quien comprobó que la cabeza conidial de este moho se parecía a un "aspergillum" (instrumento utilizado para dispersar agua bendita). *Aspergillus* es un moho filamentoso hialino ubicuo, productor de enfermedades de distribución universal que ocasionalmente pueden aparecer en forma de brotes hospitalarios tras obras de remodelación. ⁽⁵⁾

Características Microbiológicas

Se conocen unas 900 especies de *Aspergillus*, que Rapper y Fennell en 1965 clasifican en 18 grupos, de los que sólo 12 se relacionan con enfermedad humana: *Aspergillus fumigatus* (85%), *A. flavus* (5-10%), *A. niger* (2-3%), *A. terreus* (2-3%), *A. versicolor*, *A. nidulans*, *A. glaucus*, *A. clavatus*, *A. cervinus*, *A. candidus*, *A. flavipes* y *A. ustus*. Esta clasificación se basa en las siguientes características morfológicas del moho: tamaño y forma de las cabezas conidiales, morfología de los conidióforos, fiálides y métulas, y en la presencia de células de Hülle y de esclerocios. En la Figura 7 se muestran las principales estructuras morfológicas del género *Aspergillus*: ^(5,74)

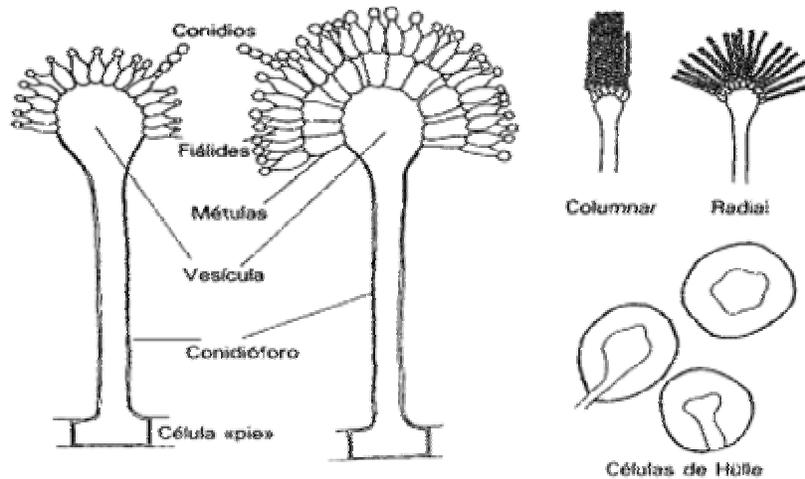


Figura 8. Principales características morfológicas del género *Aspergillus*

1.2.3 Micotoxinas

La FAO (1991) define a las micotoxinas como metabolitos de mohos que provocan cambios patológicos tanto en seres humanos como animales, y la micotoxicosis son los síndromes de la toxicidad resultante de la absorción de micotoxinas. El término micotoxina deriva de las palabras griegas "mykes" (mohos) y "toksicons" (veneno). Son metabolitos secundarios de mohos, producidos en la etapa final del crecimiento exponencial de una colonia fúngica y no tienen aparentemente una importancia en el crecimiento o metabolismo de estos organismos. ^(36, 43, 77)

De entre todas las micotoxinas, las más significativas son: aflatoxinas, ocratoxina A, patulina, citrinina, zearanelona y tricotecenos, puesto que se detectan en maíz, cebada, trigo, centeno, arroz y otros granos, cacahuete y harina de algodón, que son los ingredientes mayoritarios en la dieta de humanos, animales que consumimos y además, son los causantes de las enfermedades que se conocen como micotoxicosis. ^(71, 109)

La presencia de micotoxinas ha sido detectada en múltiples alimentos, estudios recientes indican que la coexistencia de aflatoxinas y fumonisinas pueden representar un mayor riesgo para quien consuma alimentos contaminados con ellas. ^(27,68)

1.2.3.1 Historia y Antecedentes

La era de la investigación de las micotoxinas se inició en 1960 como consecuencia directa de una epidemia en pavos. La espectacularidad del caso despertó el interés de los investigadores y del público en general; a la enfermedad se le

denominó “enfermedad X de los pavos” cuyas manifestaciones agudas eran pérdida de apetito, letargo, debilidad en las alas y una postura peculiar de la cabeza y el cuello en el momento de morir. En los estudios histopatológicos se encontró necrosis hepática aguda asociada con proliferación de los conductos biliares. Un factor epidemiológico común era la presencia de el harina de cacahuete de origen brasileño entre los ingredientes del pienso

1.2.3.2 Clasificación de micotoxinas (2,13, 78, 79, 114)

Las micotoxinas más estudiadas y al mismo tiempo, con una acción conocida en mamíferos y peces son: aflatoxinas, ocratoxina A, patulina, ácido penicilínico, citrinina, zearanelona, alcaloides de ergot y tricotecenos. Su efecto ya conocido en mamíferos hace que su presencia en los alimentos y en los piensos pueda ser importante.

En el Cuadro 1. Se resumen los principales metabolitos tóxicos producidos por mohos comunes en la contaminación de los alimentos

Cuadro 1. Principales especies productoras de micotoxinas y efectos adversos

Toxina	Especie Responsable	Principales alimentos afectados	Principales efectos farmacológicos de su ingestión
Aflatoxinas	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. parasiticus</i> , <i>A. niger</i> , <i>A. ostianus</i> , <i>A. ruber</i> , <i>A. gentil</i> ; <i>Penicillium citrinum</i> , <i>P. frequentans</i> , <i>P. puberulum</i> , <i>P. variable</i>	Cacahuates, oleaginosas, cereales, legumbres. Alimentos de origen animal.	Hepatocancerígenas en varios animales y en el hombre.
Esterigmatocistina	<i>A. nidulans</i> , <i>A. versicolor</i> , <i>A. chevalieria</i> , <i>A. ruber</i> , <i>A. flavus</i> , <i>P. luteum</i>	Cereales como arroz, trigo, etc.	Hepatocancerígeno para rata.
Ocratoxina	<i>A. ocraceus</i> , <i>P. viridicatum</i> , <i>P. verruculosum</i> , <i>P. riabile</i> , <i>P. palitans</i>	Granos de cereales; granos de café	Tóxicos renales en las ratas.
Leuteosquirina	<i>P. islandicum</i>	Arroz, trigo y otros cereales.	Posiblemente hepatocancerígeno para rata.
Patulina	<i>P. uticae</i> , <i>P. rovolii</i> , <i>P. melinii</i> , <i>P. leucopus</i> , <i>P. expansum</i> , <i>P. equinum</i> , <i>A. terreus</i> , <i>A. clavatus</i> , <i>P. patulum</i>	Productos de manzanas, cereales.	Edema tóxico renal en rata.
Zearalenona	<i>Fusarium roseum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. moniliforme</i> , <i>F. oxysporum</i> <i>Gibberella zeae</i>	Maíz, trigo y cebada.	Hiperestrogenismo en cerdos y animales de experimentación.

Aleucia tóxica alimentaria (ATA)	<i>F. poae</i> <i>F. sporotrichioides</i>	Mijo y otros cereales.	Panleucocitopenia por lesión de médula osea, hasta 96% de mortalidad humana
Fumonisinias	<i>Fusarium moniliforme</i> , <i>F. verticillioides</i> , <i>Fusarium spp.</i> <i>Trichoderma spp.</i> <i>Glicotricothecium spp.</i>	Maíz y otros cereales.	Colapso cardiovascular, tiempo de coagulación aumentado, leucopenia.

1.3 Aflatoxina

1.3.1 Generalidades

La palabra aflatoxina esta formada por las siguientes letras: la primera letra “A” es por el género *Aspergillus*, las siguientes 3 letras “FLA” es por la especie *flavus* L. y el nombre “TOXIN” que significa veneno. ⁽⁷⁴⁾

Las aflatoxinas son metabolitos secundarios producidos por diversos mohos principalmente *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus ostianus*, *Aspergillus parasiticus*, *Penicillium citrinum*, *Penicillium puberulum* y *Penicillium variable* que son un grupo de sustancias estructuralmente relacionadas, ampliamente conocidas por sus efectos tóxicos y carcinogénicos en determinados animales y el humano. Son un grupo de metabolitos heterocíclicos, se conocen 18 tipos de aflatoxinas, las aflatoxinas B₁, B₂, G₁ y G₂ son compuestos de ocurrencia natural, mientras que metabolitos como M₁, M₂, P₁, Q₁ y Aflatoxicol (Ro) entre otros, son resultado de la acción de microbios o del metabolismo del organismo sobre las 4 principales micotoxinas. Las principales aflatoxinas sintetizadas por *Aspergillus flavus* son la B₁ y B₂, mientras que *Aspergillus parasiticus* sintetiza los 4 tipos naturales. ^(30, 74, 89, 97, 98)

Las letras B y G se refieren a los colores azul (blue) y verde (green) de fluorescencia observados bajo luz ultravioleta de onda larga; esta propiedad de fluorescencia de las aflatoxinas ha llegado a ser la base para la cuantificación por métodos fisicoquímicos y los números se refieren a los patrones de separación de estos compuestos al utilizar cromatografía de capa fina. ^(46, 56, 74)

Químicamente las aflatoxinas son difurocumarolactonas, ésta estructura consiste de un anillo bifurano unido a un núcleo de cumarina y un anillo de pentona (AFB y AFM) o bien un anillo lactona (AFG). La estructura de las aflatoxinas se muestran en la Figura 8. ⁽¹¹⁴⁾

Las cepas toxicógenas de *Aspergillus flavus* generalmente producen solo aflatoxina B₁ y B₂, mientras que las cepas toxicógenas de *Aspergillus parasiticus*, producen aflatoxinas B₁, B₂, G₁ y G₂.

El *Aspergillus flavus* y el *Aspergillus parasiticus* están considerados como mohos termotolerantes y microtermofílicos. En regiones tropicales y semitropicales, donde el clima favorece el crecimiento de los mohos productores de aflatoxinas, puede haber contaminación de los alimentos provenientes de zonas templadas, ya que el *Aspergillus flavus* está distribuido universalmente y su contaminación con aflatoxinas a los alimentos ha sido detectada en todo el mundo

En el Cuadro 2. Se muestran algunas de las propiedades físico-químicas de las aflatoxinas

Cuadro 2. Principales propiedades físico-químicas de las aflatoxinas.

Características	Aflatoxinas					Aflatoxicol
	B1	B2	G1	G2	M1	
Formula Química	C ₁₇ H ₁₂ O ₆	C ₁₇ H ₁₄ O ₆	C ₁₇ H ₁₂ O ₇	C ₁₇ H ₁₄ O ₇	C ₁₇ H ₁₂ O ₇	C ₁₇ H ₁₆ O ₆
Peso Molecular	312	314	328	330	330	314
Punto de fusión (°C)	268-269	287-289	244-249	230	290	230-234
Absorción Ultravioleta en etanol (nm)	223	220	243	217	226	
	285	265	257	245	265	
	362	263	264	365		
Fluorescencia	425nm	425nm	450nm	425nm	425nm	425nm

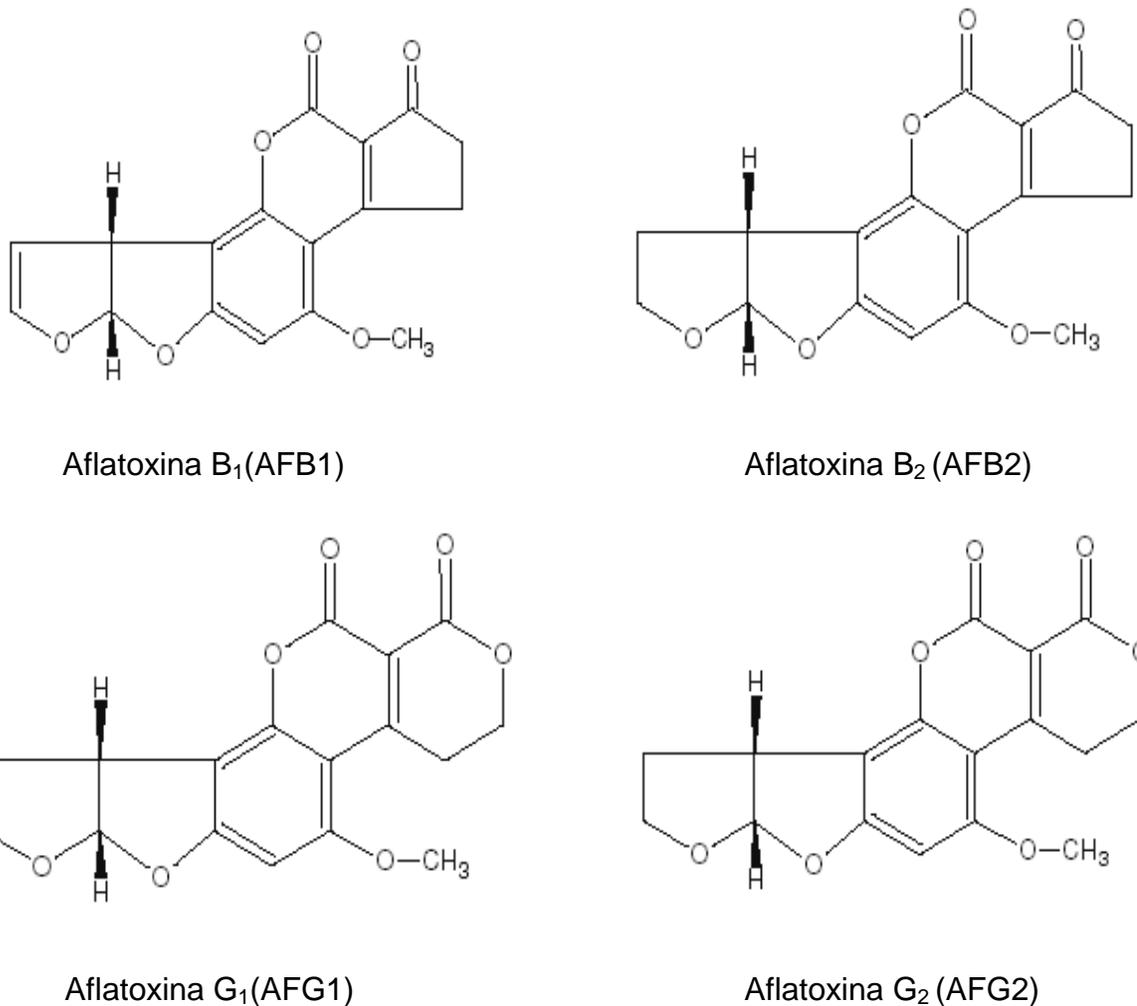


Figura 9. Estructura química de las aflatoxinas

1.3.2 Biotransformación de aflatoxinas

Su acción carcinogénica se basa en la biotransformación por el sistema hepático microsomal P450 a AFB1-8,9-epóxido, un intermediario altamente reactivo capaz de unirse a las proteínas, a los ácidos ribonucleico y desoxirribonucleico; formando un compuesto estable con el N7 de los residuos guanil, (Figura 10), que puede causar mutaciones en el codón 249 del gen p53 supresor de tumores. Esta alteración es característica de varios carcinomas, especialmente del carcinoma hepático en el hombre. La AFB1-8,9-epóxido forma uniones covalentes (aductos) con los residuos de guanina del ADN, que se excretan por vía urinaria y pueden utilizarse como biomarcadores de exposición en los grupos a riesgo de cáncer del hígado. En la Figura 9 se muestra la biotransformación de la Aflatoxina B₁.
(104,112,114)

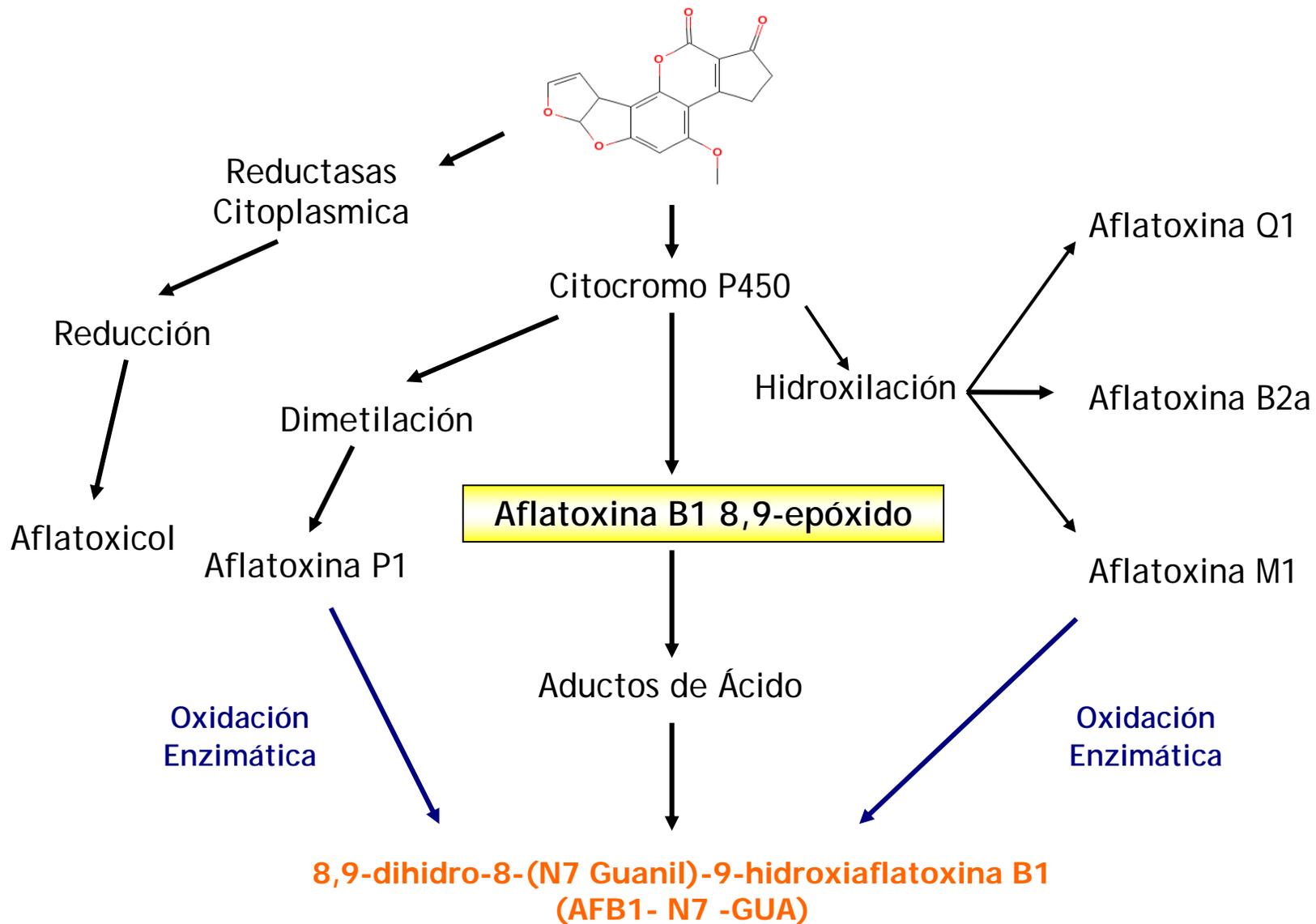
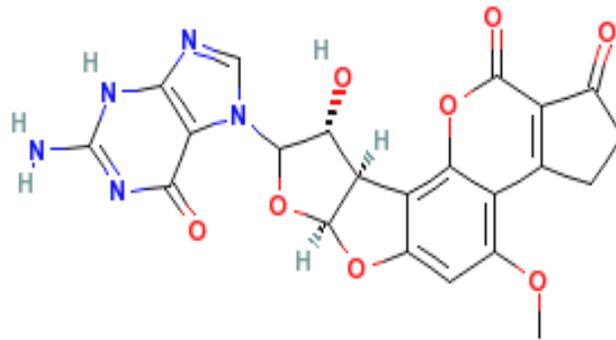


Figura 10. Biotransformación de aflatoxina B₁



8,9-Dihidro-8-(N'-Guanil)-9-Hidroxiaflatoxina B₁
(AFB₁-N₇-GUA)

Figura 10. Formación de Aducto

1.3.3 Factores biológicos de las aflatoxinas

- Variabilidad de la cepa
- Competencia con la microbiota
- Cantidad de inóculo

1.3.4 Factores químicos de las aflatoxinas

- Sustrato y nutrientes
- Agentes antifungales

1.3.5 Factores ambientales de las aflatoxinas

- Temperatura

El rango de temperatura óptimo para el crecimiento del moho y la producción de aflatoxinas está entre 25 °C a 27°C. Sin embargo, en la naturaleza, las temperaturas son pocas veces constantes debido a las variaciones estacionales o por calentamiento espontáneo de los granos en los almacenes. Como un resultado de la variación de temperatura, la producción de aflatoxina puede variar considerablemente. A bajas temperaturas, la cantidad de AFB y AFG son aproximadamente iguales, mientras a altas temperaturas la producción de AFB es predominante, en comparación con las AFG. ^(44, 75)

- Humedad

Todos los mohos precisan una cierta cantidad de agua para su desarrollo, algunas especies se desarrollan con un grado de humedad escasa, la mayoría requieren un ambiente húmedo, llegando incluso a necesitar agua en estado líquido para germinar las esporas. Para los granos una humedad superior al 14% es peligrosa. Este umbral es más bajo para las harinas, salvados y diferentes subproductos, que es del 13%.

- La actividad de agua

La actividad de agua (A_w) es la proporción de la presión de vapor de agua del sustrato hasta la presión de vapor de agua pura, en una determinada temperatura y presión. A baja A_w , el agua es retenida por las sales, los azúcares, proteínas y otros solutos, por lo cual el crecimiento de los mohos no puede ocurrir sin que el agua este presente de forma disponible. La producción de aflatoxina decrece en valores de A_w debajo de 0.85. Sin embargo el crecimiento del moho puede todavía ocurrir en valores de A_w de 0.78 hasta 0.80. La mínima A_w para el crecimiento de *Aspergillus flavus* Link ha sido reportada como 0.78 a 0.84, mientras la mínima fue de 0.84. Para *Aspergillus parasiticus* Speare tiene un mínimo de A_w para su crecimiento de 0.84 y para la producción de aflatoxinas el mínimo de A_w es de 0.87. La actividad de A_w para la producción de aflatoxinas para ambos *Aspergillus parasiticus* Speare y *Aspergillus flavus* Link está en el rango de 0.95 hasta 0.99.

- Los gases atmosféricos.

Entre especies y cepas, las bajas concentraciones de bióxido de carbono se ha demostrado que son benéficas para la germinación de la espóra y son involucrados en el metabolismo del moho y en la síntesis de proteínas, ácidos nucleicos e intermediarios del ciclo del ácido tricarbóxico.

A concentraciones de 20% o mayores de bióxido de carbono, se inhibe la germinación de las esporas y a concentraciones mayores a 10% de bióxido de carbono se suprime la producción de toxinas. Un decremento en el oxígeno atmosférico de menos del 20%, o un incremento en la concentración de oxígeno hasta un 90% se ha encontrado que inhibe la formación de aflatoxinas.⁽⁷⁵⁾

- La luz

En general podemos decir que los lugares sombríos favorecen al crecimiento del moho, dado que poseen mayor humedad, factor muy determinante para el crecimiento y germinación de las esporas del moho.

Los efectos de la luz sobre la producción de aflatoxinas para *Aspergillus parasiticus* Speare y *Aspergillus flavus* Link, han sido estudiados por Bennett et al. (1978), demostraron que la producción de aflatoxinas es inhibida por la luz, en cualquiera de las temperaturas bajas y altas, pero no para las temperaturas intermedias, entre 20 y 25 °C. ⁽⁷⁵⁾

- El pH

Durante el crecimiento de los mohos, el pH del sustrato puede fluctuar entre 4 hasta 5 como resultado de la actividad de los mohos. *Aspergillus parasiticus* Speare y *Aspergillus flavus* Link son capaces de crecer sobre un amplio rango de valores de pH con un crecimiento óptimo en los rangos de 5 hasta 8.

Lie y Marth (1968) reportaron que *Aspergillus parasiticus* Speare y *Aspergillus flavus* Link fueron capaces de crecer sobre un rango de pH de 1.7 hasta 9.3, con un crecimiento óptimo de pH entre 3.42 y 5.47. Sin embargo, la producción de aflatoxinas no ocurre de igual manera en todos los niveles de pH. Por lo tanto, mientras los mohos en general, pueden tolerar mas condiciones ácidas, estas condiciones inhiben la producción de aflatoxinas. ^(48, 75)

1.3.6 Efecto de las aflatoxinas

En cuanto a su importancia, se sabe que prácticamente todos los seres vivos son susceptibles a las aflatoxinas. *Aspergillus flavus* Link está adaptado a colonizar un amplio espectro de fuentes orgánicas, por ser saprófito, pero también es un organismo patógeno oportunista en plantas, insectos y vertebrados, incluyendo al hombre. Sus efectos pueden ser agudos o crónicos dependiendo del organismo afectado, la dosis y la frecuencia de exposición. La dosis letal 50 (DL₅₀) para varios animales se resume en la Tabla 7. ^(75, 114)

Tabla 7. DL₅₀ de la aflatoxina B₁ en diversos animales

Especie	DL50 (p.o., dosis única, mg/kg de peso corporal)
Pato	0.3 – 0.6
Cerdo	0.6
Trucha	0.8
Perro	1.0
Cobayo	1.4 – 2.0
Oveja	2.0
Mono	2.2
Rata	5.5 – 17.9
Pollo	6.3
Ratón	9.0

Fuente: Valle, V. P., 1991. Toxicología de Alimentos. Centro panamericano de ecología humana y salud, 2ª Ed. Metepec, México. págs.218

En general las aflatoxinas pueden tener serios efectos sobre la salud y vida de los organismos. ^(39,114)

1.3.6.1 Efectos biológicos

Toxicidad

La exposición crónica a niveles bajos de aflatoxinas es muy probable que ocurra con mayor facilidad que una exposición aguda. Existen evidencias de que una exposición crónica de AFB1 en animales de experimentación, produce cáncer e hipertrofia del hígado.

La exposición humana a aflatoxinas se produce principalmente por ingestión de comidas contaminadas. La inhalación de estas toxinas también puede suceder debido a exposiciones de tipo laboral o profesional. Dentro de los efectos agudos pro micotoxinas se hallan: hepatitis aguda, los síndromes de Reye y de Kwashiorkor especialmente en niños de los trópicos; el cuadro clínico incluye hígado graso y edema cerebral severo; a largo plazo se presentan efectos carcinogénicos, mutágenicos, teratogénicos, estrogénicos, inmunotóxicos, nefrotóxicos y neurotóxicos. ^(75, 112)

Citotoxicidad

Está demostrado que la AFB1 puede afectar el ciclo celular y la mitosis de algunas células, especialmente hepatocitos. ^(75, 112)

Efecto inmunosupresores

Las aflatoxinas pueden afectar al sistema inmune celular y humoral, provocando un aumento en la susceptibilidad de los animales a infecciones causadas por bacterias, mohos y otros parásitos. ^(75, 112)

Carcinogénesis

Las aflatoxinas son conocidas por ser potencialmente carcinógenas y ha sido demostrado que causan cáncer del hígado, del colon y de los riñones en algunos animales, tal como las ratas, patos y monos. La AFB1 es la principal hepatocarcinógena en animales. ^(75, 112)

Mutagénesis

Dentro de los bioensayos empleados para medir mutagenicidad de las aflatoxinas se pueden citar: detección de aberraciones cromosómica en linfocitos humanos, cultivos pulmonares embrionarios humanos, células de riñón de rata y hámster, mutaciones en diversos microorganismos, entre otros. Los estudios de

mutagenicidad en bacterias sugieren que el posible mecanismo de AFB1 puede ser iniciado por un proceso de unión AFB1-DNA, llevando a la formación de puntos de unión en una misma cadena de DNA y con ello alterar la actividad de la enzima DNA polimerasa. Esta simple mutación provocada por la micotoxina puede provocar el desarrollo de tumores. ^(75, 112)

Teratogenicidad

Algunas de las aflatoxinas son capaces de interferir en el desarrollo normal de los fetos, y la respuesta depende del estado de desarrollo del feto, la dosis y la vía de administración.

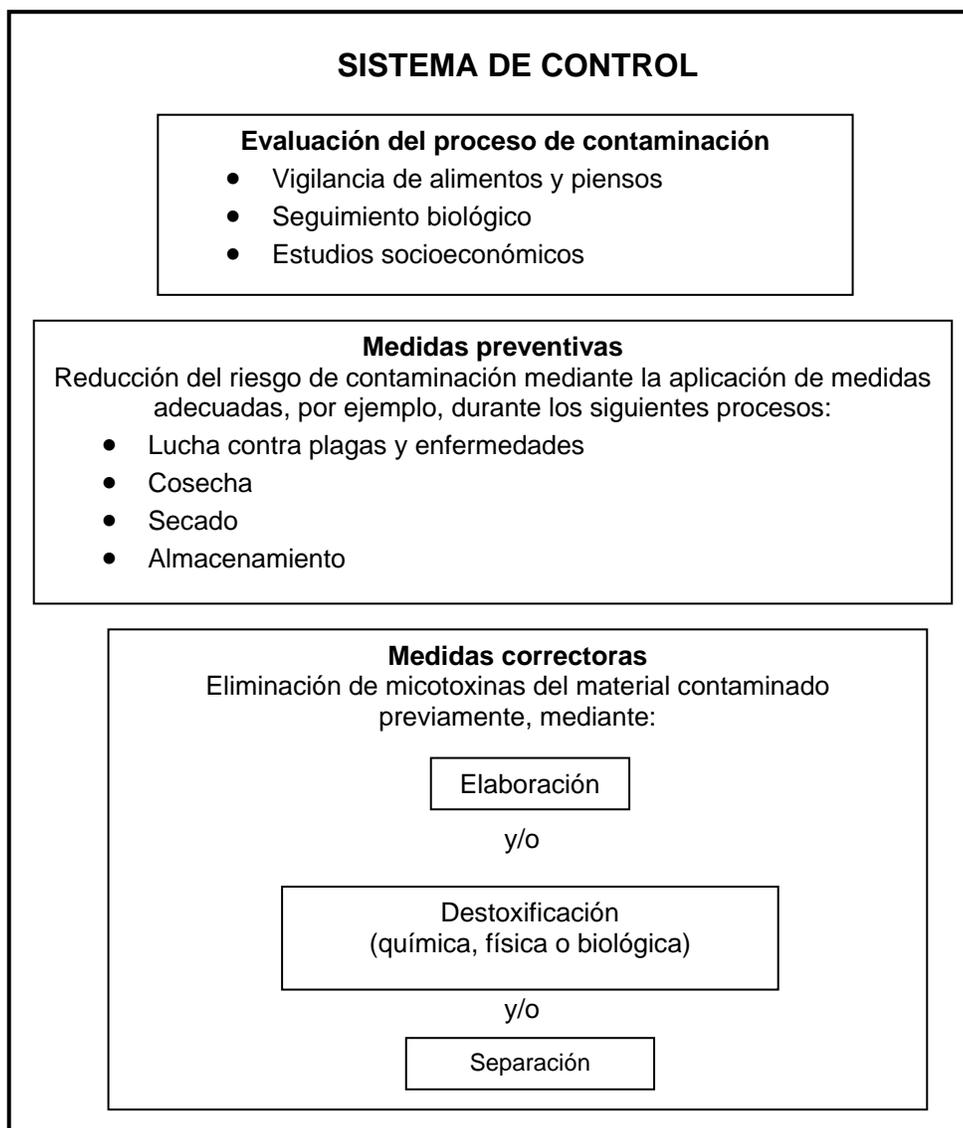
La AFB1, se ha sugerido que es teratogénica debido a sus efectos prenatales sobre ciertos animales. Puesto que es un potente inhibidor de la síntesis de proteínas en células eucarióticas y altera la diferenciación celular. ^(75, 112)

1.3.7 Prevención y Control de micotoxinas (aflatoxinas). ⁽³⁴⁾

La contaminación por micotoxinas de productos expuestos se produce como resultado de las condiciones ambientales en el campo o de las operaciones inadecuadas de recolección, almacenamiento y elaboración. Los programas de análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC) han sido útiles para hacer frente a los riesgos asociados a la posible contaminación de productos alimenticios y sustancias químicas tóxicas. Los programas de inocuidad de los alimentos suelen utilizar información sobre los factores que propician la contaminación para establecer medidas preventivas y de control y ofrecer de ese modo al consumidor alimentos inocuos y sanos.

Al introducir un programa eficaz de APPCC se determinan los principales elementos que pueden utilizarse o modificarse para reducir la formación de micotoxinas en el campo y en el lugar de almacenamiento.

En la Figura #11 se muestra un sistema de control basado en una selección de medidas preventivas y correctivas que pueden utilizarse para el control de las micotoxinas, una vez que se ha evaluado adecuadamente la naturaleza del proceso de contaminación.



Fuente: FAO, 2003. Manual sobre la aplicación del sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC) en la prevención y control de micotoxinas. 73 Estudio FAO: Alimentación y Nutrición, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, ISSN-1014-2914, Roma, Italia, págs 160, (www.fao.org)

Figura #12. Sistema de control para micotoxinas

El sistema de APPCC identifica, evalúa y controla los peligros importantes para la inocuidad de los alimentos. Se trata de un enfoque estructurado y sistemático para controlar la inocuidad de los alimentos en la totalidad del sistema del producto, desde el campo hasta la mesa. Requiere un buen conocimiento de la relación entre causa y efecto, con objeto de actuar de forma más dinámica, y es un elemento clave de la gestión de la calidad total (GCT). El sistema de APPCC se basa en la existencia de sistemas de gestión de la calidad sólidamente implantados, como las buenas prácticas de fabricación (BPF), las buenas

prácticas de higiene (BPH), las buenas prácticas agrícolas (BPA) y las buenas prácticas de almacenamiento (BPAL).⁽³⁴⁾

1.3.8 Detoxificación

Cualquier método que se utilice para detoxificar un alimento debe de reducir el contenido total de micotoxinas a niveles dentro de los máximos aceptados por las disposiciones oficiales, no debe dejar residuos tóxicos y además no debe afectar el valor nutritivo del alimento tratado. Los métodos utilizados son los siguientes:

Inactivación por calor.- Para la inactivación de las micotoxinas es necesario aplicar temperaturas de 120 °C y presión de 15 psi por cuatro horas, para obtener una reducción hasta del 95%. Químicamente se demostró que el calor abre el anillo lactónico por medio de hidrólisis y posteriormente sucede una descarboxilación.

Extracción con disolvente.- Este proceso utiliza la propiedad de solubilidad de las aflatoxinas en solventes polares. Estos métodos tienen como ventaja la extracción total de las toxinas, las desventajas son, algunos carbohidratos se pierden en el proceso por efecto de lavado y hay un incremento de los costos de producción.

Agentes oxidantes.- Muchos productos químicos han sido probados para averiguar su habilidad de destruir a todas las micotoxinas. Se han empleado los ácidos propiónico e isobutírico, bases, óxidos, gases clorinados, ozono, sulfurdioxido, surfactantes como tergitol o lauril éter y el amoníaco, entre otros. Sin embargo, pocos son aquellos que no dejan residuo o no merman el valor nutritivo del sustrato tratado.

Hay experiencias con peróxido de hidrógeno al 3%, ácido sulfúrico al 2% e hidróxido de sodio o de potasio al 1%. Los más usados sin embargo, son el carbonato sódico o cálcico y sobre todo los gases volátiles como el amoníaco y metilamina que pueden considerarse como los más efectivos.

En la aplicación industrial del amonio hay que tener en consideración una serie de requisitos como por ejemplo la duración del tratamiento, la temperatura y la humedad que deben adaptarse al grado de contaminación.

Detoxificación microbiológica.- Existen algunos microorganismos que tienen la capacidad de transformar las aflatoxinas en compuestos, atóxicos, entre ellos esta el *Flavobacterium auriantiacum* que elimina completamente a la AFB1. Igualmente efectiva es *Tetrahymena pyriformis* que logra degradar el 60% de AFB1 en dos días.

Irradiación ultravioleta.- Las aflatoxinas pueden ser destruidas en cierta magnitud por efecto de la radiación ultravioleta (UV) y luz solar intensa. La luz UV se aplica por 2 a 3 minutos para reducir los niveles de aflatoxina.

1.3.9 Métodos para detectar y cuantificar aflatoxinas

Cromatografía de capa fina (CCF)

La separación de las aflatoxinas por Cromatografía en Capa Fina (CCF) se realiza por medio de placas de varios materiales, como alumina, silica gel o Keisigel G, siendo la silica gel la más utilizada, desarrollando las placas bajo diversos sistemas de solventes. La identificación de las aflatoxinas se realiza mediante la detección del color de la fluorescencia emitida bajo la luz UV, determinando el valor de resistencia al flujo (R_f) de cada mancha fluorescente y comparándolo contra una solución estándar de concentración conocida corrida en la misma placa. La cuantificación se realiza mediante la comparación de la intensidad de la fluorescencia de la muestra contra concentraciones conocidas de aflatoxinas, por medio de un densitómetro de palca que lee el área y la densidad óptica de las manchas fluorescentes; en caso de no contar con un densitómetro, se utiliza una comparación visual de la intensidad de la fluorescencia, con sistemas de aplicación antidiagonales estandarizados.

Cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC)

En años recientes se ha incrementado el uso de la cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) para el análisis de aflatoxinas, siendo Pons en 1976 el primero en proponer el uso de esta técnica. Las aflatoxinas son determinadas completamente como picos agudos en el orden B₁-B₂-G₁-G₂ sobre una columna porosa de silica gel en 7-13 minutos por medio de un solvente de elusión saturado con agua a base de cloroformo-ciclohexano-acetonitrilo, con detección por absorción UV a 360nm.

Actualmente la metodología de HPLC se emplea para la detección de AFB₁ y toxinas relacionadas en productos de semilla de algodón, AFM₁ en leche y productos lácteos, AFB₁ y AFG₁ en orina humana, y otros.

Detección en minicolumna de inmunoafinidad con anticuerpos monoclonales

Este método consiste en el uso de anticuerpos inmovilizados para aislar AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂, AFM₁ de extractos de forrajes, alimentos, granos, leche y sus derivados y especias.

Los anticuerpos están químicamente ligados a pequeñas esferas de vidrios y empacados en una columna, éstos actúan selectivamente atrapando a las aflatoxinas y todos los demás componentes se eluyen de la columna mediante lavados. Finalmente las aflatoxinas son removidas empleando un solvente, y una vez separadas, la medición se hace directamente en un fluorómetro, ó por CLAP. Afla test es también ideal como el paso de limpieza total para cualquier análisis de HPLC. Los resultados son confiables con Aflatest, siempre que sea realizado con el mayor cuidado como sería el tamaño de la muestra, número de réplicas, calibración del fluorómetro, tiempo de elución.

Ensayo Enzimático Inmunoabsorbente (ELISA)

En general, este procedimiento incluye el uso de anticuerpos que se unen de manera específica a las proteínas de interés (llamados anticuerpos primarios), una reacción colorimétrica o fluorimétrica desencadenada por un segundo anticuerpo (o anticuerpo secundario) permite visualizar y medir la cantidad de la proteína de interés. Una restricción para el uso de pruebas de ELISA en la detección de proteínas transgénicas es la desnaturalización de éstas durante el procesamiento del alimento. Los resultados de esta prueba se estima que son confiables en un 95% de los casos sometidos.

1.3.10 Legislación

El número de países que han reglamentado las aflatoxinas ha aumentado con los años significativamente. Los reglamentos para las aflatoxinas son con frecuencia detallados y específicos para los alimentos, para los productos lácteos y para las raciones animales. ^(34, 35)

En Estados Unidos de Norteamérica la FDA (Food and Drug Administration) establece que los alimentos de consumo humano y animal en específico vacas lecheras, no pueden tener más de 20 ppb de aflatoxinas totales y la leche no más de 0,5 ppb de aflatoxina M₁, sin embargo, para ésta última. ^(35, 78)

En Europa, 39 países, representando aproximadamente el 99 por ciento de la población del continente, cantaban con reglamentos específicos para micotoxinas en el año 2003. Europa cuenta con los reglamentos para las micotoxinas en los alimentos más extensos y detallados. En la Unión Europea (UE), existen reglamentos armonizados para las aflatoxinas en diversos alimentos, para la aflatoxina M₁ en la leche, para la ocratoxina A en los cereales y en los frutos secos de la vid, para la patulina en el jugo de manzana y en productos de la manzana y para la aflatoxina B₁ en diversas raciones. ⁽³⁵⁾

Cabe señalar que la Unión Europea y Perú son los únicos que cuenta con legislación comunitaria sobre contenidos máximos de micotoxinas en *Capsicum spp.* (frutos desecados, enteros o triturados, con inclusión de los chiles, el chile en polvo, la cayena y el pimentón), objeto de estudio en este trabajo. ⁽³⁵⁾

Veintiséis países en Asia/Oceanía cuentan con reglamentos específicos para las micotoxinas (88 por ciento de la población de la región). Los reglamentos para las aflatoxinas totales son los dominantes en los alimentos, en tanto que prevalecen en las raciones los reglamentos para la aflatoxina B₁.

Los principales cultivos agrícolas de América Latina (maíz, trigo, café, algodón, soja, cebada, girasol, maníes y nueces de árbol, cocoa y lácteos) son muy susceptibles a la contaminación con hongos y proclives a producir micotoxinas. Se sabe que 19 países, que representan el 91 por ciento de la población de la región, cuentan con reglamentaciones específicas sobre micotoxinas

En el MERCOSUR, un bloque comercial integrado por Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay existen reglamentos armonizados para las aflatoxinas. Los reglamentos para aflatoxinas en los alimentos son a menudo fijados para el total de las aflatoxinas B₁, B₂, G₁ y G₂. ⁽³⁵⁾

Cabe mencionar que el único país latinoamericano que cuenta con una legislación en relación a aflatoxinas totales en chiles secos con un límite menor a 5 ppb es Perú. ⁽²⁶⁾

En la mayoría de los países africanos, probablemente no existen reglamentos específicos para las micotoxinas. El hecho de que los países carezcan de límites reglamentarios específicos para las micotoxinas no significa que se desconozca el problema

El tema de las micotoxinas en el África debe verse, sin embargo, dentro del contexto general de la inocuidad de los alimentos, de la salud y de los temas agrícolas locales. Fijar reglamentos para las micotoxinas tendrá efectos limitados en términos de protección de la salud en aquellos lugares en los que muchos productores cultivan productos agrícolas para su propio consumo (agricultura de subsistencia), como sucede en muchos países africanos. ⁽³⁵⁾

La Comisión del Codex Alimentarius (CCA), apoyada por la FAO y la OMS, apunta a facilitar el comercio mundial y a proteger la salud de los consumidores mediante el desarrollo de normas internacionales para los alimentos y las raciones. En la actualidad los países miembros del Codex Alimentarius son 168. Dentro de la CCA, el Comité del Codex para Aditivos Alimentarios y Contaminantes de los Alimentos (CCFAC) establece límites máximos (normas) para los aditivos y los contaminantes en los alimentos los que resultan decisivos en caso de conflictos comerciales. El CCFAC desarrolla normas basadas en un procedimiento que sigue, en lo posible, los principios del análisis de riesgos según las reglas y los métodos establecidos en el Manual de Procedimientos del Codex y en la Norma General del Codex para Contaminantes y Toxinas en los Alimentos. ^(78, 35)

En el área de las micotoxinas el CCFAC ha establecido en el año 2003 normas para las aflatoxinas totales en los maníes sin procesar, para la aflatoxina M₁ en la leche y para la patulina en el jugo de manzana. Se ha elaborado una propuesta de norma para la ocratoxina A en el trigo, en la cebada, en el arroz y en sus productos derivados. ⁽³⁵⁾

En el Cuadro 3. Se resumen los niveles máximos permisibles de diferentes micotoxinas, el tipo de alimento y el país donde aplica dicha legislación

Cuadro 3. Nivel máximo permisible de micotoxinas. (19, 20, 21, 22, 23, 35, 66, 87)

País	Micotoxinas	Límite máximo permisible (ppb o µg/kg)	Tipo de alimentos
Estados Unidos	Aflatoxinas B ₁ ,B ₂ ,G ₁ ,G ₂	20	Alimentos para consumo humano
	Aflatoxina M ₁	0.5	Leche y derivados
	Aflatoxinas B ₁ ,B ₂ ,G ₁ ,G ₂	100-300	Alimentos para consumo animal
	Aflatoxina B ₁	5	Especies (Capsicum y pimienta, nuez moscada, jengibre y cúrcuma)
Unión Europea	Aflatoxinas B ₁ ,B ₂ ,G ₁ ,G ₂	2	En cereales, nueces, frutas deshidratadas y productos procesados.
	Aflatoxina M ₁	0.05	Leche y derivados
	Aflatoxinas B ₁ ,B ₂ ,G ₁ ,G ₂	15	Cacahuates
	Aflatoxinas B ₁ ,B ₂ ,G ₁ ,G ₂	100-200	Alimentos para consumo animal
	Aflatoxinas B ₁ ,B ₂ ,G ₁ ,G ₂	10	<i>Capsicum spp.</i> (frutos desecados, enteros o triturados, con inclusión de los chiles, el chile en polvo, la cayena y el pimentón)
	Patulina	50	Productos con jugo de manzana
	Fumonisina (B ₁ +B ₂ +B ₃)	4	Productos de maíz (consumo humano)
		20-30	Alimentos para ganado
	Ocratoxina A	5	En granos y cereales (consumo humano)
Comisión del Codex	Patulina	50	Jugo de manzana y productos con jugo de manzana
	Aflatoxinas B ₁ ,B ₂ ,G ₁ ,G ₂	15	Cacahuates
	Aflatoxina B ₁	0.5	Leche
México	Aflatoxinas B ₁ ,B ₂ ,G ₁ ,G ₂	20	Cereales para consumo humano y animal

Perú	Aflatoxinas B ₁ ,B ₂ ,G ₁ ,G ₂	5	Ají Páprika (<i>Capsicum annuum</i>) (Chiles secos)
------	---	---	--

En México, se ha establecido como límite máximo permisible 20 ppb de aflatoxinas solo en cereales para consumo humano y animal de acuerdo a la NOM 188-SSA1-2002. ⁽⁸⁷⁾

2. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL.

Cuantificar el contenido de aflatoxinas en salsas picantes botaneras comerciales, elaboradas a partir de 3 variedades de chile seco o mezcla de ellos y 7 variedades de chiles secos de tercera calidad, expedidos en la zona metropolitana de la ciudad de México por el método de columnas de inmunoafinidad.

OBJETIVOS PARTICULARES:

- Determinar el porcentaje de humedad en salsas picantes botaneras y en los chiles secos.
- Cuantificar el contenido de aflatoxinas en 6 marcas de salsas picantes botaneras por medio de columnas de inmunoafinidad.
- Cuantificar el contenido de aflatoxinas en 7 variedades de chiles secos por medio de columnas de inmunoafinidad.

3. Metodología

3.1 Cuadro Metodológico

Diagrama # 2 Metodología general seguido para la realización de este proyecto.

OBJETIVO GENERAL.

Cuantificar el contenido de aflatoxinas en salsas picantes botaneras comerciales, elaboradas a partir de 3 variedades de chile seco o mezcla de ellos y 7 variedades de chiles secos de tercera calidad, expedidos en la zona metropolitana de la ciudad de México por el método de columnas de inmunoafinidad.

Objetivo Particular 1

Determinar el porcentaje de humedad en salsas picantes botaneras y en los chiles secos.

Objetivo Particular 2

Cuantificar el contenido de aflatoxinas en 6 marcas de salsas picantes botaneras por medio de columnas de inmunoafinidad.

Objetivo Particular 3

Cuantificar el contenido de aflatoxinas en 7 variedades de chiles secos por medio de columnas de inmunoafinidad.

Actividad 1

Muestreo y Preparación de la muestra

Actividad 1

Muestreo y Preparación de la muestra

Actividad 1

Muestreo y Preparación de la muestra

Actividad 2

Determinación de humedad mediante la NOM-116-SSA1-1994

Actividad 2

Cuantificación de aflatoxinas mediante el procedimiento 4.17 del manual de VICAM

Actividad 2

Cuantificación de aflatoxinas mediante el procedimiento 4.17 del manual de VICAM

RESULTADOS

ANALISIS DE RESULTADOS

DISCUSION

CONCLUSIONES

3.2 Desarrollo experimental

En el Diagrama # 2 se muestra el cuadro metodológico general seguido para la realización de este proyecto.

Muestro general de chiles

Se llevó a cabo un muestreo primario de las 7 variedades de chiles secos de tercera calidad, de la especie *Capsicum annuum* comúnmente llamados guajillo, pasilla, ancho, árbol, cascabel, morita y piquín, en 4 Centrales de Abasto de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (Central de Abastos de Iztapalapa, Atizapán de Zaragoza, Tultitlán y Ecatepec), en cada ubicación se muestrearon 2 locales diferentes, el primer local se muestreo entre los meses de Febrero-Marzo del año 2005 y el segundo local se muestreo entre los meses de Agosto-Septiembre del mismo año.

Se obtuvieron aproximadamente 1.5kg de cada chile (guajillo, pasilla, ancho, árbol, cascabel, morita y piquín), de los cuales se limpiaron para quitar todo aquel chile que no fuera de esa variedad, la basura (pedazos de yute, pedazos de madera, piedras, hojas) y el tallo de aquellos chiles que todavía lo tuvieran.

De la muestra anterior se hizo una reducción de tamaño a aproximadamente 250gramos aplicando muestreo por cuarteo, lo cual se realizó en una licuadora industrial marca Daigger. Del chile molido se procedió a pesar 25 gramos, los cuales fueron colocados en frascos de plástico, por triplicado, el resto del chile molido se guardó en bolsas de plástico, etiquetas y se almacenó a temperaturas ambiente. El resto del chile que no se sometió a una reducción de tamaño fue almacenado en sobres de papel, utilizando papel para evitar exceso de humedad y con ello la proliferación de microorganismos, fueron etiquetados y almacenados a temperatura ambiente.

Muestro general de salsas

Se llevó a cabo una investigación sobre las diferentes marcas de salsa botaneras que se utilizan, en el consumo de diversas botanas afuera de 12 escuelas primarias, preescolar o nivel secundaria de diversos puntos de la Ciudad de México. Con esa información se pudo encontrar las 6 marcas de salsas botaneras más comunes, que fueron seleccionados para su muestreo.

En diversos puntos de la zona Metropolitana de la Ciudad de México, se compraron 8 diferentes lotes de las 6 marcas de salsas botaneras, este muestreo se llevó acabo entre los meses Febrero-Septiembre del año 2005. Se procedió a tomar una muestra de 250gramos de cada salsa botanera y fueron colocarlos en frascos de plástico estériles, bajo condiciones estériles.

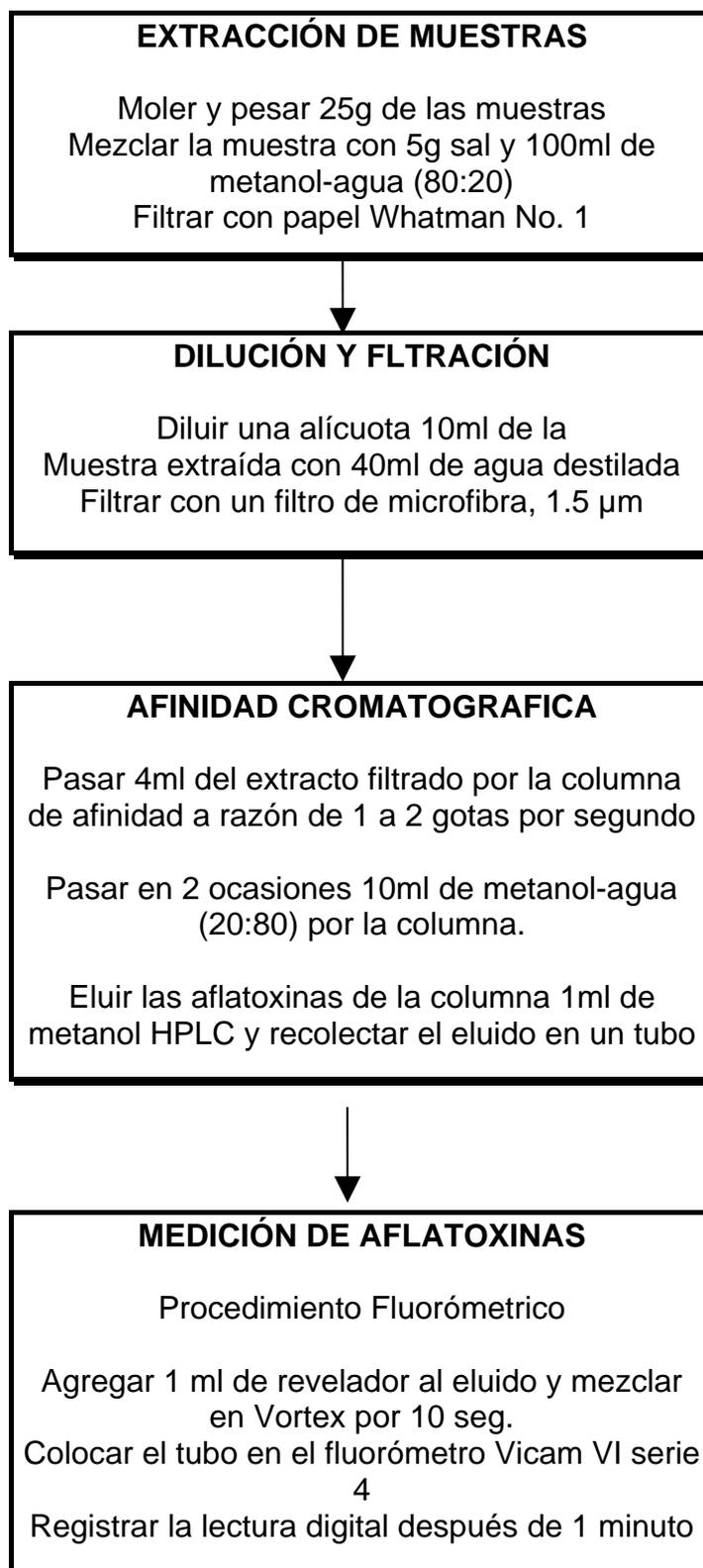
Determinación del contenido de humedad en chiles secos y salsas botaneras

Se realizó la determinación del contenido de humedad en las muestras aplicando la norma NOM-116-SSA1-1994 la metodología completa se muestra en el Anexo 1

Cuantificación de aflatoxinas en chiles secos y salsas botaneras

Para la cuantificación del contenido de aflatoxinas se emplearon columnas de inmunoafinidad, haciendo la lectura en el fluorómetro VICAM VI, Serie 4, la metodología seguida se muestra en el Diagrama # 3.

Diagrama # 3 Metodología para la cuantificación de aflatoxinas en páprika, aj pimienta roja y salsa columnas de inmunoafinidad AFLATEST, la metodología completa se muestra en el Anexo 2



4. Resultados

En la Tabla # 8, se muestran los contenidos de humedad determinados a los 8 diferentes lotes de las 6 marcas de salsas botaneras, muestreadas.

Tabla # 8. Contenido de humedad de las 6 marcas de salsas botaneras

RELACIÓN DE MUESTRAS					
Salsas Botaneras, Determinación de Humedad					
Marca de Salsa	No. Muestra	Lote	Promedio	D.E.	C.V.
1	1	1	88.73	0.02	0.02254029
1	2	2	89.26	0.02	0.02240645
1	3	3	89.12	0.04	0.0448833
1	4	4	88.86	0.06	0.06752194
1	5	5	88.96	0.06	0.06744604
1	6	6	89.06	0.06	0.06737031
1	7	7	88.82	0.02	0.02251745
1	8	8	89.19	0.09	0.10090817
2	9	1	90.53	0.02	0.02209212
2	10	2	90.32	0.02	0.02214349
2	11	3	90.45	0.05	0.05527916
2	12	4	90.26	0.06	0.06647463
2	13	5	90.29	0.09	0.09967881
2	14	6	90.41	0.01	0.01106072
2	15	7	90.47	0.07	0.07737372
2	16	8	90.51	0.01	0.0110485
3	17	1	89.11	0.04	0.04488834
3	18	2	89.24	0.04	0.04482295
3	19	3	89.06	0.06	0.06737031
3	20	4	89.16	0.06	0.06729475
3	21	5	89.22	0.02	0.0224165
3	22	6	89.12	0.06	0.06732496
3	23	7	89.15	0.05	0.05608525
3	24	8	89.19	0.09	0.10090817
4	25	1	89.81	0.06	0.06680771
4	26	2	89.61	0.06	0.06695681
4	27	3	89.65	0.05	0.05577245
4	28	4	89.76	0.06	0.06684492
4	29	5	89.72	0.02	0.02229157
4	30	6	89.69	0.09	0.10034563
4	31	7	89.79	0.09	0.10023388
4	32	8	89.74	0.04	0.04457321
5	33	1	88.62	0.05	0.05642067
5	34	2	87.82	0.02	0.02277386
5	35	3	88.26	0.06	0.06798097

5	36	4	88.16	0.02	0.02268603
5	37	5	87.96	0.06	0.06821282
5	38	6	88.36	0.06	0.06790403
5	39	7	88.51	0.01	0.01129816
5	40	8	88.29	0.09	0.1019368
6	41	1	87.93	0.03	0.03411805
6	42	2	87.82	0.04	0.04554771
6	43	3	91.24	0.02	0.02192021
6	44	4	87.88	0.08	0.09103323
6	45	5	87.9	0.1	0.11376564
6	46	6	87.84	0.04	0.04553734
6	47	7	87.87	0.07	0.07966314
6	48	8	87.92	0.02	0.02274795

En la tabla # 8 se muestran el contenido de humedad de las 6 marcas de salsas botanera analizadas en el presente estudio, se puede observar los contenidos de humedad de las salsas analizadas van desde 87.82% hasta 91.24%.

En la Tabla # 9, se muestran los contenidos de aflatoxinas determinados a los 8 diferentes lotes de las 6 marcas de salsas botaneras, muestreadas.

Tabla # 9 Contenido de aflatoxinas de las 6 marcas de salsas botaneras

RELACIÓN DE MUESTRAS							
Salsas Botaneras, Determinación de Aflatoxinas							
Marca de Salsa	No. Muestra	Lote	Aflatoxinas	D.E.	C.V.	Base Seca	Aflatoxinas
			Base Húmeda			%	Base Seca
1	1	1	3.3 ± 0.3	0.3	9.09090909	11.27	29.28 ± 2.66
1	2	2	2.2 ± 0.2	0.2	9.09090909	10.74	20.48 ± 1.86
1	3	3	2.43 ± 0.06	0.05773503	2.37267234	10.88	22.36 ± 0.53
1	4	4	2.76 ± 0.15	0.15275252	5.52117554	11.14	24.83 ± 1.37
1	5	5	6.1 ± 0	0	1.9543E-06	11.04	55.25 ± 0
1	6	6	3.1 ± 0.2	0.2	6.4516129	10.94	28.33 ± 1.82
1	7	7	2.05 ± 0.15	0.15	7.31707317	11.18	18.33 ± 1.34
1	8	8	3.6 ± 0.3	0.3	8.33333333	10.81	33.3 ± 2.77
2	9	1	2.83 ± 0.06	0.05773503	2.03770683	9.47	29.91 ± 0.61
2	10	2	3.73 ± 0.15	0.15275252	4.09158544	9.68	38.56 ± 1.57
2	11	3	4.9 ± 0.3	0.3	6.12244898	9.55	51.30 ± 3.14
2	12	4	3.6 ± 0.25	0.25166115	6.86348585	9.74	37.64 ± 2.58
2	13	5	4.0 ± 0.3	0.3	7.5	9.71	41.19 ± 3.09
2	14	6	5.15 ± 0.15	0.15	2.91262136	9.59	53.7 ± 1.56
2	15	7	4.5 ± 0.2	0.2	4.44444444	9.53	47.21 ± 2.09
2	16	8	2.45 ± 0.16	0.15	6.12244898	9.49	25.81 ± 1.58
3	17	1	3.53 ± 0.06	0.05773503	1.6340102	10.89	32.44 ± 0.53
3	18	2	2.3 ± 0.06	0.05773503	2.4743583	10.76	21.68 ± 0.54
3	19	3	4.86 ± 0.35	0.35118846	7.2162012	10.94	44.48 ± 3.21

3	20	4	3.76 ± 0.25	0.25166115	6.68126941	10.84	34.74 ± 2.32
3	21	5	3.36 ± 0.06	0.05773503	1.71490179	10.78	31.23 ± 0.53
3	22	6	3.3 ± 0	0	0	10.88	30.33 ± 0
3	23	7	2.5 ± 0.1	0.1	4	10.85	23.04 ± 0.92
3	24	8	3.65 ± 0.05	0.05	1.36986301	10.81	33.76 ± 0.46
4	25	1	2.4 ± 0.1	0.1	4.16666667	10.19	23.55 ± 0.98
4	26	2	4.26 ± 0.25	0.25166115	5.89830815	10.39	41.06 ± 2.42
4	27	3	2.8 ± 0.2	0.2	7.14285714	10.35	27.05 ± 1.93
4	28	4	6.86 ± 0.15	0.15275252	2.22455131	10.24	67.06 ± 1.49
4	29	5	3.76 ± 0.06	0.05773503	1.53278833	10.28	36.64 ± 0.56
4	30	6	3.75 ± 0.15	0.15	4	10.31	36.37 ± 1.45
4	31	7	3.2 ± 0.2	0.2	6.25	10.21	33.34 ± 1.96
4	32	8	4.1 ± 0.3	0.3	7.31707317	10.26	39.96 ± 2.92
5	33	1	5.1 ± 0.4	0.4	7.84313725	11.38	44.81 ± 3.51
5	34	2	5.3 ± 0.06	0.05773503	1.08253175	12.18	43.78 ± 0.47
5	35	3	3.2 ± 0.2	0.2	6.25	11.74	27.25 ± 1.7
5	36	4	8.3 ± 0.2	0.2	2.40963855	11.84	70.10 ± 1.69
5	37	5	9.3 ± 0.1	0.1	1.07526882	12.04	77.24 ± 0.83
5	38	6	6.6 ± 0.3	0.3	4.54545455	11.64	56.7 ± 2.57
5	39	7	6.8 ± 0.1	0.1	1.47058824	11.49	59.18 ± 0.87
5	40	8	6 ± 0.4	0.15	1.91082803	11.71	67.03 ± 1.28
6	41	1	4.1 ± 0.1	0.1	2.43902439	12.07	33.96 ± 0.82
6	42	2	4.43 ± 0.25	0.25166115	5.67656724	12.18	36.39 ± 2.06
6	43	3	7.6 ± 0.1	0.1	1.31578947	8.76	86.76 ± 1.14
6	44	4	4.1 ± 0.25	0.25166115	6.18838888	12.12	33.55 ± 2.07
6	45	5	3.2 ± 0.1	0.1	3.125	12.1	26.44 ± 0.82
6	46	6	4.45 ± 0.25	0.25	5.61797753	12.16	36.59 ± 2.05
6	47	7	8.6 ± 0.6	0.35	7.36842105	12.13	39.16 ± 2.88
6	48	8	9.5 ± 0.5	0	0	12.08	36.42 ± 0

Aflatoxinas

En la tabla # 9 se muestran los contenidos de aflatoxinas determinados a los 8 diferentes lotes de las 6 marcas de salsas botaneras, muestreadas los contenidos de aflatoxinas de las salsas analizadas, en base húmeda, van desde 2.02 ppb hasta 9.5 ppb.

De las salsas evaluadas, la salsa menos contaminada es la salsa 1 y la mas contaminada la 5, teniendo la salsa 1 valores de 29.0243 ppb y la salsa 5 valores de 55.7654 dichos valores están dados en base seca.

Los resultados obtenidos fueron analizados con el paquete estadístico SPSS. Los resultados fueron analizados usando un diseño de bloque completo seleccionado al azar y comparaciones múltiples por el procedimiento de Tukey, en la tabla # 10 se muestra el análisis estadístico realizado con un nivel de significancia de $p=0.05$

Tabla # 10 Diferencias significativas encontrada en las diversas marcas de salsas en base seca

Marca de Salsa	Least Squares Mean
5	55.765489 ^a
6	43.160391 ^b
2	40.671653 ^c
4	37.880506 ^c
3	31.466485 ^{c d}
1	29.024358 ^d

Como se observa en la Tabla # 10 la salsa 5 es las mas contaminada y la salsa 1 es la menos contaminada, de las salsas en estudio, mientras que entre las salsas 2, 3 y 4 no hay una diferencia significativa, sin embargo hay una diferencia casi del doble entre la muestra 5 y 1, las marcas 5 y 6 se encuentra perceptiblemente más arriba que las otras marcas analizadas.

En la Tabla # 11, se muestran los contenidos de humedad determinados a las 7 variedades de chiles secos de tercera calidad, de la especie *Capsicum anuum* comúnmente llamados guajillo, pasilla, ancho, árbol, cascabel, morita y piquín, en 4 Centrales de Abasto de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (Central de Abastos de Iztapalapa, de Atizapán de Zaragoza, de Tultitlán y de Ecatepec), muestreadas.

Tabla # 11 Contenido de humedad de las 7 variedades de chiles secos

RELACIÓN DE MUESTRAS					
Chiles de Tercera Calidad, Determinación de Humedad					
Tipo de Chile	No. Muestra	Procedencia	Promedio	D.E.	C.V.
Guajillo	1	Atizapan	6.01	0.01	0.16638935
Guajillo	2	Atizapan	5.88	0.01	0.17006803
Guajillo	3	Tultitlan	6.22	0.01	0.1607717
Guajillo	4	Tultitlan	5.65	0.02	0.3539823
Guajillo	5	Iztapalapa	6.6	0.1	1.51515152
Guajillo	6	Iztapalapa	6.2	0.1	1.61290323
Guajillo	7	Ecatepec	5.95	0.02	0.33613445
Guajillo	8	Ecatepec	5.87	0.05	0.85178876
Pasilla	9	Atizapan	5.79	0.01	0.17271157
Pasilla	10	Atizapan	6.79	0.01	0.1472754
Pasilla	11	Tultitlan	7.85	0.04	0.50955414
Pasilla	12	Tultitlan	7.65	0.02	0.26143791
Pasilla	13	Iztapalapa	5.9	0.1	1.69491525
Pasilla	14	Iztapalapa	6.8	0.2	2.94117647
Pasilla	15	Ecatepec	7.54	0.03	0.39787798
Pasilla	16	Ecatepec	7.23	0.02	0.27662517
Pasilla	17	Tultitlan	7.85	0.04	0.50955414
Pasilla	18	Tultitlan	7.65	0.02	0.26143791
Ancho	19	Atizapan	6.8	0.1	1.47058824
Ancho	20	Atizapan	6.13	0.01	0.16313214
Ancho	21	Tultitlan	6.98	0.06	0.85959885
Ancho	22	Tultitlan	6.78	0.03	0.44247788
Ancho	23	Iztapalapa	7	0.264575131	3.77964473
Ancho	24	Iztapalapa	6.9	0.1	1.44927536
Ancho	25	Ecatepec	6.5	0.2	3.07692308
Ancho	26	Ecatepec	6.8	0.2	2.94117647
Cascabel	27	Atizapan	7.78	0.01	0.1285347
Cascabel	28	Atizapan	7.22	0.01	0.13850416
Cascabel	29	Tultitlan	6.55	0.05	0.76335878
Cascabel	30	Tultitlan	6.8	0.1	1.47058824
Cascabel	31	Iztapalapa	6.3	0.1	1.58730159
Cascabel	32	Iztapalapa	6.45	0.04	0.62015504
Cascabel	33	Ecatepec	5.87	0.03	0.51107325
Cascabel	34	Ecatepec	5.98	0.01	0.16722408
Morita	35	Atizapan	7.11	0.01	0.14064698

Morita	36	Atizapan	7.03	0.01	0.14224751
Morita	37	Tultitlan	7.72	0.02	0.25906736
Morita	38	Tultitlan	7.55	0.04	0.52980132
Morita	39	Iztapalapa	7.56	0.04	0.52910053
Morita	40	Iztapalapa	7.25	0.04	0.55172414
Morita	41	Ecatepec	7.41	0.02	0.26990553
Morita	42	Ecatepec	7.25	0.02	0.27586207
Arbol	43	Atizapan	5.95	0.05	0.84033613
Arbol	44	Atizapan	6.03	0.01	0.16583748
Árbol	45	Tultitlan	5.8	0.1	1.72413793
Árbol	46	Tultitlan	6.1	0.1	1.63934426
Arbol	47	Iztapalapa	5.98	0.04	0.66889632
Arbol	48	Iztapalapa	5.82	0.01	0.17182131
Arbol	49	Ecatepec	6.4	0.2	3.125
Arbol	50	Ecatepec	5.98	0.01	0.16722408
Piquín	51	Atizapán	5.86	0.01	0.17064846
Piquín	52	Atizapán	6.11	0.01	0.16366612
Piquín	53	Tultitlán	5.65	0.05	0.88495575
Piquín	54	Tultitlán	5.98	0.06	1.00334448
Piquin	55	Iztapalapa	5.78	0.03	0.51903114
Piquin	56	Iztapalapa	5.87	0.04	0.68143101
Piquin	57	Ecatepec	5.71	0.02	0.3502627
Piquin	58	Ecatepec	6.3	0.2	3.17460317

En la Tabla # 11, se muestran los contenidos de humedad determinados a las 7 variedades de chiles secos de tercera calidad estudiados, de la especie *Capsicum anuum* comúnmente llamados guajillo, pasilla, ancho, de árbol, cascabel, morita y piquín, muestreados de 4 Centrales de Abasto de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (Central de Abastos de Iztapalapa, de Atizapán de Zaragoza, de Tultitlán y de Ecatepec). Los contenidos de humedad de las 7 variedades de chiles van desde 5.65% hasta 7.85%.

En la Tabla # 12, se muestran los contenidos de aflatoxinas determinados a las 7 variedades de chiles secos de tercera calidad, de la especie *Capsicum annuum* comúnmente llamados guajillo, pasilla, ancho, árbol, cascabel, morita y piquín, en 4 Centrales de Abasto de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (Central de Abastos de Iztapalapa, de Atizapán de Zaragoza, de Tultitlán y de Ecatepec), muestreadas.

Tabla # 12 Contenido de aflatoxinas de las 7 variedades de chiles secos

RELACIÓN DE MUESTRAS							
Chiles de Tercera Calidad, Determinación de Aflatoxinas							
Tipo de Chile	No. Muestra	Procedencia	Aflatoxinas	D.E.	C.V.	Base Seca	Aflatoxinas
			Base Húmeda			%	Base Seca
Guajillo	1	Atizapan	4.2 ± 0.3	0.3	7.14285714	93.99	4.5 ± 0.3
Guajillo	2	Atizapan	37.6 ± 0.6	0.577350269	1.53278833	94.12	40 ± 0.6
Guajillo	3	Tultitlan	9.4 ± 0.1	0.1	1.06382979	94.21	10 ± 0.1
Guajillo	4	Tultitlan	7.3 ± 0.6	0.6	8.21917808	93.21	7.8 ± 0.6
Guajillo	5	Iztapalapa	6.9 ± 0.1	0.1	1.44927536	93.2	7.4 ± 0.1
Guajillo	6	Iztapalapa	4.3 ± 0.2	0.2	4.65116279	93.87	4.6 ± 0.2
Guajillo	7	Ecatepec	6.5 ± 0.25	0.251661148	3.89166723	92.23	7.0 ± 0.3
Guajillo	8	Ecatepec	155 ± 5	5	3.22580645	92.78	167 ± 0.4
Pasilla	9	Atizapan	3.6 ± 0.1	0.1	2.77777778	92.89	3.9 ± 0.1
Pasilla	10	Atizapan	20 ± 1	1	5	92.97	21.5 ± 1.1
Pasilla	11	Tultitlan	6.5 ± 0	0	0	94.05	6.9 ± 0
Pasilla	12	Tultitlan	3.06 ± 0.06	0.057735027	1.88266392	93.97	3.3 ± 0.06
Pasilla	13	Iztapalapa	15.5 ± 0.5	0.5	3.22580645	94.14	16.5 ± 0.53
Pasilla	14	Iztapalapa	5.6 ± 0.4	0.4	7.14285714	93.89	6.0 ± 0.4
Pasilla	15	Ecatepec	38.3 ± 1.5	1.527525232	3.98484843	93.78	40.9 ± 1.6
Pasilla	16	Ecatepec	7.1 ± 0.3	0.3	4.22535211	94.35	7.5 ± 0.3
Pasilla	17	Tultitlan	10.4 ± 0.6	0.6	5.76923077	92.15	11.3 ± 0.6
Pasilla	18	Tultitlan	15 ± 1	1	6.66666667	92.35	16.2 ± 1.1
Ancho	19	Atizapan	35.5 ± 0.5	0.5	1.4084507	93.02	38.2 ± 0.5
Ancho	20	Atizapan	5.3 ± 0.2	0.25	4.6728972	93.22	5.7 ± 0.3
Ancho	21	Tultitlan	2.6 ± 0.06	0.057735027	2.19246938	93.45	2.8 ± 0.06
Ancho	22	Tultitlan	2.0 ± 0.06	0.057735027	2.83942755	93.2	2.2 ± 0.06
Ancho	23	Iztapalapa	245 ± 5	5	2.04081633	92.28	265.6 ± 5.4

Ancho	24	Iztapalapa	4.5 ± 0.15	0.152752523	3.36954095	92.45	4.9 ± 0.2
Ancho	25	Ecatepec	4.5 ± 0.3	0.3	8.57142857	94.2	3.7 ± 0.3
Ancho	26	Ecatepec	21 ± 1	1	4.76190476	93.9	22.4 ± 1
Cascabel	27	Atizapan	13 ± 1	1	7.69230769	94.35	13.8 ± 1.1
Cascabel	28	Atizapan	7.9 ± 0.06	0.057735027	0.73391983	94.02	8.4 ± 0.06
Cascabel	29	Tultitlan	13.5 ± 0.5	0.5	3.7037037	93.4	14.5 ± 0.5
Cascabel	30	Tultitlan	17.5 ± 0.5	0.5	2.85714286	93.8	18.7 ± 0.5
Cascabel	31	Iztapalapa	83 ± 3	3	3.61445783	94.1	88.2 ± 3.2
Cascabel	32	Iztapalapa	13.5 ± 0.5	0.5	3.7037037	93.2	14.5 ± 0.5
Cascabel	33	Ecatepec	4.8 ± 0.06	0.057735027	1.1945178	93	5.2 ± 0.06
Cascabel	34	Ecatepec	17.5 ± 1.5	1.5	8.57142857	93.1	18.8 ± 1.6
Morita	35	Atizapan	8.3 ± 0.1	0.1	1.20481928	93.7	8.8 ± 0.1
Morita	36	Atizapan	56.5 ± 0.5	0.5	0.88495575	93.55	60.4 ± 0.5
Morita	37	Tultitlan	16 ± 1	1	6.25	92.44	17.3 ± 1.1
Morita	38	Tultitlan	21 ± 1	1	4.76190476	92.75	22.6 ± 1.1
Morita	39	Iztapalapa	2.5 ± 0.2	0.2	8	94.02	2.6 ± 0.2
Morita	40	Iztapalapa	3.25 ± 0.15	0.15	4.61538462	94.18	3.4 ± 0.16
Morita	41	Ecatepec	4.2 ± 0.15	0.152752523	3.66606056	94.22	4.4 ± 0.2
Morita	42	Ecatepec	2.0 ± 0.15	0.152752523	7.51241917	94.13	2.2 ± 0.2
Arbol	43	Atizapan	3.5 ± 0.2	0.2081666	6.00480577	94.05	3.7 ± 0.2
Arbol	44	Atizapan	7.65 ± 0.25	0.25	3.26797386	94.13	8.1 ± 0.3
Árbol	45	Tultitlan	4.6 ± 0	0	0	92.46	4.9 ± 0
Árbol	46	Tultitlan	5.6 ± 0.35	0.351188458	6.3087747	92.77	6 ± 0.4
Arbol	47	Iztapalapa	8.1 ± 0.6	0.550757055	6.82756679	93.5	8.6 ± 0.6
Arbol	48	Iztapalapa	8.8 ± 0.45	0.450924975	5.10481104	93.2	9.5 ± 0.5
Arbol	49	Ecatepec	4.5 ± 0.4	0.360555128	8.01233617	94.13	4.8 ± 0.4
Arbol	50	Ecatepec	4.2 ± 0.1	0.152752523	3.60832732	94.02	4.5 ± 0.2
Piquín	51	Atizapán	11 ± 0	0	0	92.59	11.9 ± 2.2
Piquín	52	Atizapán	9.7 ± 0.35	0.351188458	3.63298405	92.75	10.4 ± 0.4
Piquín	53	Tultitlán	8.4 ± 0.3	0.3	3.57142857	93.6	9 ± 0.3
Piquín	54	Tultitlán	4.2 ± 0.1	0.1	2.38095238	94.02	4.5 ± 0.1
Piquin	55	Iztapalapa	4.5 ± 0.16	0.152752523	3.36954095	94.29	4.8 ± 0.2
Piquin	56	Iztapalapa	11 ± 0	0	0	93.7	11.7 ± 0

Como puede verse en la Tabla # 12 el contenido de aflatoxinas en los chiles de tercera analizados va de 2.0 ppb en un chile morita o ancho a un 245 ppb encontrado en un chile ancho. Estos datos son lógicos, la variabilidad encontrada muestra entre otras cosas las condiciones inadecuadas de almacenamiento en las Centrales de Abasto y entre locales, ya que en un local se encontró chile ancho con 4.5ppb y en otro 245ppb, la misma variabilidad se encuentra entre otras variedades, no siendo tan notoria, pero si significativa, el chile seco de variedad ancho es uno de mayor consumo a nivel nacional, tanto en su estado entero como en subproductos de el como el mole.

Los resultados del contenido de aflatoxinas de los chiles fueron analizados con el paquete estadístico SPSS. Los resultados fueron analizados usando un diseño de bloque completo seleccionado al azar y comparaciones múltiples por el procedimiento de Tukey, en la tabla # 13 se muestra el análisis estadístico realizado con un nivel de significancia de $p=0.05$

Tabla # 13 Diferencias significativas encontrada en los diferentes tipos de chiles en base seca

Tipo de Chile	Least Squares Mean
Morita	41.350000 ^a
Cascabel	29.958333 ^{a b}
Pasilla	18.595833 ^{a b}
Guajillo	16.177083 ^{a b}
Ancho	11.410417 ^b
Piquin	7.962500 ^b
Árbol	6.552083 ^b

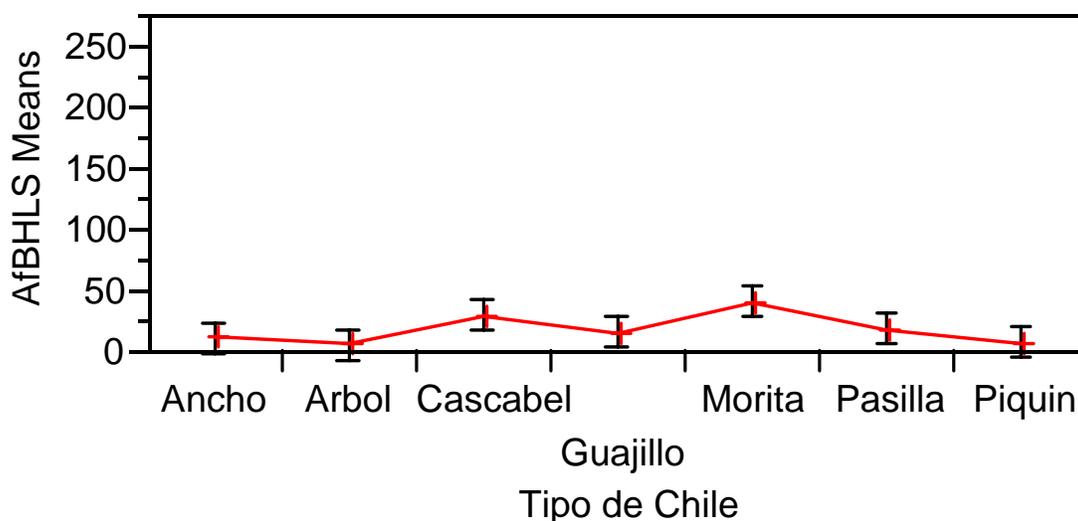


Figura 13. Niveles medios del contenido de aflatoxinas en los diferentes tipos de chile en base seca

Como se puede observar en la Figura 13 el chile más contaminado es el morita con un valor promedio de 41.35 ppb y el menos contaminado es el chile de árbol con un valor promedio de 6.55 ppb, cabe señalar que la diferencia que existen entre el de mayor y menor valor es casi del 88% que es demasiado grande. Entre los chiles cascabel, guajillo y pasilla no hay una diferencia significativa.

Tabla # 14 Diferencias significativas encontrada en las 4 Centrales de abastos en estudio en base seca

Level	Least Sq Mean
Tultitlán	29.375000 ^a
Atizapán	20.392857 ^{ab}
Iztapalapa	18.827381 ^{ab}
Ecatepec	6.836905 ^b

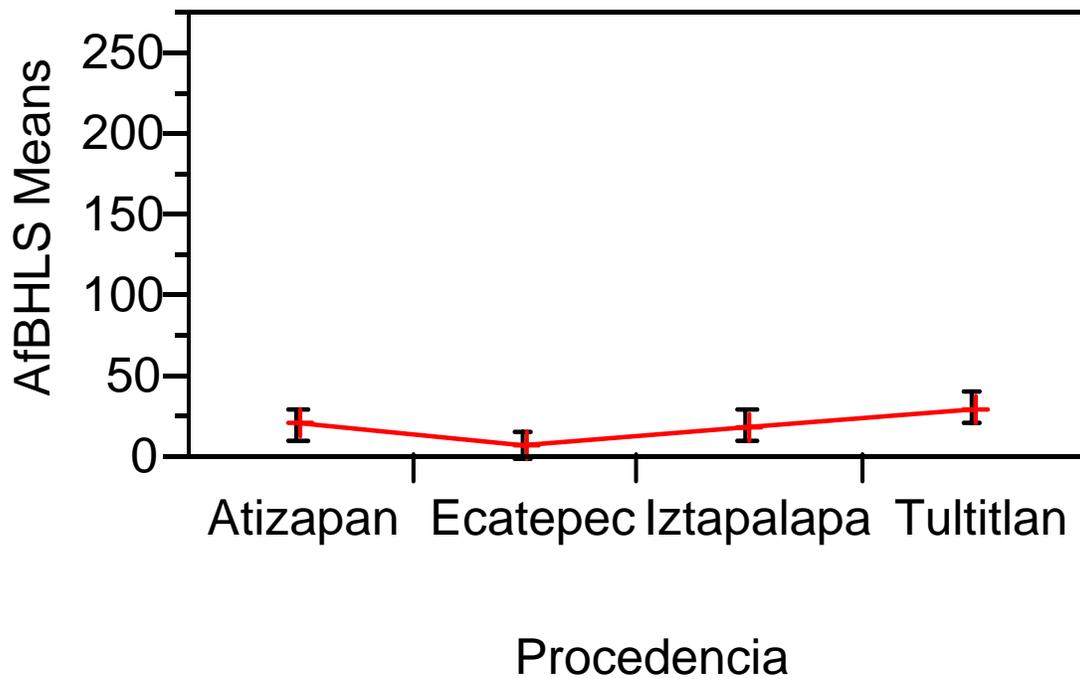


Figura 14. Niveles medios del contenido de aflatoxinas en las 4 Centrales de abastos en base seca

Como se puede observar en la Figura 14, los chiles muestreados correspondientes a la Central de Abasto de Tultitlán fueron los que presentaron la mayor contaminación con un valor promedio de 29.35 ppb, mientras que la menor contaminación la presentaron los chiles adquiridos en la Centra de Abastos de Ecatepec con una valor promedio de 6.83 ppb, teniendo una diferencia del 80%, de los chiles muestreados de las Centrales de Abasto de Atizapán y la de Iztapalapa no hay una diferencia significativa.

5. Discusión

Salsas Botaneras

Humedad

En la tabla # 7 se muestran el contenido de humedad de las 6 marcas de salsas botanera analizadas, se puede observar los contenidos de humedad de las salsas analizadas van desde 87.82% hasta 91.24%. De acuerdo a la Norma de Alimentos – Regionales – Salsa picante envasada NMX-F-377-1986 (75), que marca las características físicas y químicas en su punto 5.2, las salsas deben contener un mínimo de 4% de sólidos, como puede verse, todas las salsas cumplen lo marcado dentro de este punto. De acuerdo a Moreno, L.,J.(2004), Todos los hongos precisan una cierta cantidad de agua para su desarrollo, algunas especies se desarrollan con un grado de humedad escasa, la mayoría requieren un ambiente húmedo, llegando incluso a necesitar agua en estado líquido para germinar las esporas y se puede observar que los niveles de humedad de la salsas son elevados para el desarrollo de mohos productores de aflatoxinas.

Aflatoxinas

En la tabla # 8 se muestran los contenidos de aflatoxinas determinados a los 8 diferentes lotes de las 6 marcas de salsas botaneras, muestreadas los contenidos de aflatoxinas de las salsas analizadas, en base húmeda, van desde 2.02 ppb hasta 9.5 ppb. De acuerdo a la Norma de Alimentos – Regionales – Salsa picante envasada NMX-F-377-1986, que marca las especificaciones microbiológicas en su punto 5.3, las salsas deben no debe contener microorganismos patógenos, toxinas microbianas, que puedan afectar la salud del consumidor o provocar deterioro del producto. El contenido de toxinas microbianas ausentes no lo cumple ninguna de las salsas evaluadas, lo cual indica una falta de control de calidad durante el almacenamiento de los chiles en la planta o la adquisición de materia prima de baja calidad en su elaboración para la elaboración de las mismas, ya que los chiles de menor calidad tienen como es de esperarse un menor precio, el ejemplo más radical es el chile piquin, en dicho chile no se tienen una clasificación marcada dentro de las Centrales de Abasto, solo se vende entero con un valor que oscila entre los \$180.00 a \$120.00 el kilogramo, y en polvo que es la manera en la que se analizó para el presente estudio su precio oscila entre los \$18.00 y \$12.00 el kilogramo, este margen de diferencia que del 90% del valor nos da a entender que la calidad de dicho chile no es mala sino pésima, otro ejemplo donde si existe una clasificación dentro de las Centrales de Abasto es el chile ancho, donde tenemos chiles con valores que oscilan entre los \$140.00 y \$110.00 son chiles de calidad extra, los que sus valor oscilan entre los \$100.00 y \$80.00 son chiles de primera calidad y los chiles de segunda calidad, que son los de menor calidad para los locatarios de las diferentes Centrales de Abasto ya que ellos

jamás venden chiles de tercera calidad, pero según la NMX-FF-107/1-SCFI-2006, en el punto 6 correspondiente a Especificaciones, marca en el apartado 6.3 Especificaciones de defectos, para poder hacer la clasificación y los chiles que ellos encasillan en segunda calidad corresponden a tercera calidad, lo que conlleva a un incumplimiento por parte de los productores de la normatividad vigente y falta de seguimiento por parte de las autoridades competentes que permitan garantizar a través de monitoreos constantes la calidad de los lotes de salsas botaneras que se liberan para su comercialización. Cabe señalar que los chiles secos que principalmente se utilizan para la elaboración de salsas botaneras son el del árbol, puya o guajillo y en el presente estudio se analizaron dos de estas variedades que son las de árbol y guajillo y fueron los chiles menos contaminados como lo se puede ver en la tabla # 10

Cabe hacer notar que la Norma NMX-FF-107/1-SCFI-2006, es una norma nueva y hay que darla a conocer, para que los comercializadores, los productores y toda aquella persona que este en contacto con la cadena de comercialización de los chiles secos puedan empezar a aplicarla.

Casar, L., M., C., y Moreno, G., C., (2005), indican que una de las limitantes para la comercialización de los chiles en México, es su deficiente calidad sanitaria; mismo que al incorporarse en formulaciones de otros productos, resultan en productos fuera de especificaciones.

Chiles Secos

Humedad

En la Tabla # 8, se muestran los contenidos de humedad determinados a las 7 variedades de chiles secos de tercera calidad estudiados, de la especie *Capsicum annuum* comúnmente llamados guajillo, pasilla, ancho, de árbol, cascabel, morita y piquín, muestreados de 4 Centrales de Abasto de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (Central de Abastos de Iztapalapa, de Atizapán de Zaragoza, de Tultitlán y de Ecatepec). Los contenidos de humedad de las 7 variedades de chiles van desde 5.65% hasta 7.85%. De acuerdo a la Norma NMX-FF-107/1-SCFI-2006, que marca las especificaciones físico químicas en su punto 6.4.1, indica que para las variedades ancho y mulato un contenido de humedad máximo de 12.5%, como puede observarse todos los chiles de variedad ancho cumplen con este punto, para las variedades pasilla y guajillo marca un máximo de 13,5% de humedad todos los chiles de ésta variedad cumplen este punto, el chile de la variedad de árbol marca un máximo de 9% de humedad y todos los chiles de ésta variedad lo cumplen. Lo anterior indica que los chiles se encuentran todos dentro de los márgenes indicados en la norma.

Para el caso de los chiles de las variedades cascabel, morita y piquín la NMX-FF-107/1-SCFI-2006, no marca un límite máximo de contenido de humedad pero se

observa que los valores de humedad se encuentra entre 5.65 y 7.78 % y tomando como referencia el % máximo de humedad recomendado para las demás variedades de chiles secos se puede observar que en ningún caso se rebasa este punto, encontrando valores menores.

El contenido de humedad de los chiles es lo suficientemente bajo como para evitar el crecimiento de mohos en estos durante su almacenamiento. Se esperaba una mayor variabilidad en el contenido de humedad, lo que explicaría la diferencia en la contaminación de los chiles, sin embargo, esto no se presenta, la humedad varía entre un 5.65% a un 7.58%. El contenido de humedad en los chiles secos no es lo suficientemente alta como para favorecer el crecimiento de mohos y levaduras, lo cual indica que la contaminación por mohos encontrada en los mismos, se dio durante el proceso de secado de los mismos, que normalmente se lleva a cabo a ras de cielo sin la aplicación de las Buenas Prácticas Agrícolas, como indica Castro, C., E., y Ahumada, F., (1993). El adecuado manejo del alimento en el campo comprende alguna de estas medidas: Adecuada protección del alimento contra factores ambientales adversos especialmente humedad, Rápida rotación del alimento recibido, Implementación de un programa de limpieza y descontaminación en las bodegas de almacenaje, entre otros, al ser secado el chile a ras de cielo no se cuenta con la protección del alimento contra los factores ambientales. De acuerdo a Messiaen, C. M. (1979) y Zapata, N. M. et. al., (1992), entre las enfermedades producidas por mohos se encuentra la fusariosis producida por mohos del género *Fusarium* que se encuentran en el suelo y al no contar con una rápida rotación del producto durante el secado solar se pueden dar las condiciones idóneas para el crecimiento del moho y liberación de las fumonisinas.

La NOM-120-SSA1-1994, en el punto 5 Disposiciones para el personal, nos indica que en caso de uso de guantes y mandiles se deben de lavar y desinfectar, entre una y otra manipulación, los guantes no son de uso obligatorio y si llevan un buen control de limpieza no tendrán problema alguno, pero el lavado de manos o guantes es muy importante, para evitar la contaminación cruzada y la colocación de equipos para dicha operación en la zona de campo es casi inexistente, por eso se presentan productos y subproductos de baja calidad. Chaidez, C., et, al., (2005), en sus investigaciones cuantificaron la transferencia de *Salmonella typhimurium* durante el manejo entre manos (con o sin guantes) y pimientos verdes. De estos estudios, se encontró que hay un mayor porcentaje de transferencia al evaluar pimientos manipulados con guantes (46.56%), seguido de pimientos manipulados sin guantes (3.28%).

Casar, L., M., C., y Moreno, G., C., (2005) Indica que el manejo post cosecha que se hace en el país no es el mas adecuado, ya que un alto porcentaje de la producción nacional se seca a la intemperie, lo que provoca la contaminación con materia extraña (excretas de roedores, pájaros, tierra, piedras, etc.), con lo cual se

tiene pérdidas económicas, muy severas ya que no se pueden realizar exportaciones de derivados de Chile.

Aflatoxina

En la Tabla # 12, se muestran los contenidos de aflatoxinas determinados a las 7 variedades de chiles secos de tercera calidad, de la especie *Capsicum annuum* comúnmente llamados guajillo, pasilla, ancho, árbol, cascabel, morita y piquín, en 4 Centrales de Abasto de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (Central de Abastos de Iztapalapa, Atizapán de Zaragoza, Tultitlán y Ecatepec), muestreadas. Todas las muestras de Chile evaluadas presentaron aflatoxinas, lo cual representa un riesgo para la salud a largo plazo, ya que el cultivo hortícola de Chile cuenta con significado histórico y cultural es un alimento básico en la dieta del Mexicano, la preferencia de ésta hortaliza en México se mantiene a un nivel medio al registrar un consumo anual per cápita de 14.5kg (<http://www.economia.gob.mx>) . Se consume en fresco, seco o en conserva, como componente en guisos, salsas, dulces y nieves. La mayor parte de la producción del Chile fresco se seca, para su posterior venta como Chile entero o para ser procesado.

La norma existente para Chile secos Norma NMX-FF-107/1-SCFI-2006, no incluye en ninguna sección algún límite para toxinas microbianas, ni en el punto con respecto a contaminación o especificaciones microbiológicas. Sin embargo cabe hacer notar que en la norma NMX-Y-228-1990 Alimentos para animales – Harina de Chile, especies del género *Capsicum*, el cual es usado ampliamente en la pigmentación de pollos de engorda para consumo de humanos en México, en el punto 5.6 Contaminación, especifica que: “El producto no debe contener gérmenes patógenos, ni micotoxinas, plaguicidas o cualquier otro compuesto tóxico para las aves y peces en dosis comúnmente usadas en alimentos balanceados y para los humanos que consuman los productos avícolas y acuícolas”. Si en la norma para alimentos para animales existe ésta especificación, con mayor razón debe existir en la norma mexicana para Chile secos para consumo humano, lo cual no se encuentra especificado en la NMX-FF-107/1-SCFI-2006, ni en ningún otro subproductos de Chile secos para consumo humano. La norma que reglamenta los alimentos para animales, es una NMX (Norma Mexicana), que no es de cumplimiento obligatorio y no una NOM (Norma Oficial Mexicana) de cumplimiento obligatorio, esto fue con la finalidad de que poco a poco se vayan tomando medidas pertinentes para la mejora de los productos normados por dicha norma.

La normatividad en México solo tiene especificaciones marcadas en lo que respecta a un límite máximo permisible de aflatoxinas en 2 productos y/o subproductos, el primero de ellos es la leche que marca su nivel máximo de 0.05 µg/l de acuerdo a la NOM-091-SSA1-1994 de aflatoxina M₁, cabe aclarar que este tipo de metabolito secundario (aflatoxina), solo se presenta en la leche y el segundo producto que cuenta con normatividad son los cereales y subproductos

para consumo humano y animal con la NOM-188-SSA1-2002, que marca el límite máximo permisible de 20 ppb de aflatoxinas en general, al tener los cereales un tipo de manejo muy similar y un nivel de humedad similar a los chiles secos, se podría sugerir este límite como aceptable para ambos casos.

Este nivel de 20 ppb en aflatoxinas, se refiere a aflatoxinas totales, la sumatoria de B₁,B₂,G₁,G₂, las cuales pueden estar presente en diferentes productos y subproductos como cereales y subproductos, aceites, cervezas, frutos secos, chiles secos y subproductos ,etc., es también el nivel máximo permisible en Estados Unidos para alimentos de consumo humanos, al ser este país nuestro principal destino de exportación se puede considerar este límite aceptable(37, 78), aunque no hay que perder de vista que los 39 países de Europa que conforman la Unión Europea tiene el nivel máximo permisible de aflatoxinas en 10 ppb para *Capsicum spp.* (frutos desecados, enteros o triturados, con inclusión de los chiles, el chile en polvo, la cayena y el pimentón) y que el Comité del Codex para Aditivos Alimentarios y Contaminantes de los Alimentos (CCFAC) establece límites máximos de aflatoxinas totales en los maníes sin procesar de 15 ppb. Como podemos observar el limite máximo permisible de aflatoxinas correspondiente a 20 ppb es un buen inicio, pero no se puede quedar ahí, puesto como podemos observar hay legislaciones mas estrictas como la de la Unión Europea (UE) o el mismo Codex Alimentarius y si se desea exportar productos derivados del chile como el mole o las propias salsas botaneras a la UE, se tiene que cumplir con ésta normatividad-

En el 2004 se publicó el Pliego de Condiciones para el uso de la marca oficial México calidad suprema en Mole PC-019-2004 (122), donde en ninguno de sus puntos con respecto a las especificaciones de calidad producto terminado marca algún limite máximo permisible de toxinas microbianas, en el punto 6.1 Requisitos de calidad de la materia prima indica:

- Los chiles secos deben de ser prácticamente libre de defectos de origen mecánico, entomológico, microbiológico, meteorológico y genético-fisiológico.
- Con respecto al azúcar: debe de estar libre de toxinas microbianas, entre otras
- Con respecto al cacahuate, no debe de rebasar el límite de 15 mg/kg de aflatoxinas

Si dentro de las materias primas se tienen la presencia de aflatoxinas es ilógico que el producto terminado no lo contemple, esto aunado al hecho de haber encontrado aflatoxinas en todos los chiles analizados hasta el momento. Como ya se mencionó, los chiles evaluados son de tercera calidad, pero muchos subproductos se elaboran a partir de ellos para bajar los costos y al ser un producto procesado el consumidor no se da cuenta del tipo de materia prima

utilizada, al estar pulverizados o en trozos muy finos donde no se distingue su calidad.

Con respecto a la normatividad internacional los países que cuentan con límites máximos permisibles de aflatoxinas en Capsicum o derivados son Estados Unidos con 5 ppb de AB₁, la Unión Europea con 10ppb y Perú con 5 ppb, este último país utilizando para exportación. Hay que tomar conciencia de la importancia de una legislación en aflatoxinas en México, no es posible que un país que no aparece dentro de los 10 principales productores de Chile tenga normatividad al respecto y nosotros que somos el segundo país productor no lo contemple. (26, 35)

En el caso de las Centrales de Abasto, la de Tultitlán es la más contaminada, ya que en ella no se encontraba un contenedor de basura, siendo un foco de contaminación nociva que afecta directamente al Chile ya que 4 de los 14 chiles muestreados se obtuvieron directamente de las bodegas, los cuales se encontraban regados en el suelo ya que iba a ser molidos reduciendo su tamaño y ser vendidos en forma de polvo al consumidor. Los chiles de tercera calidad suelen ser comercializados en forma de polvo, los cuales pueden ser adquiridos por su bajo costo, para la elaboración de diversos subproductos, como es el caso de las salsas botaneras, moles, dulces y golosinas, dichos productos se sabe que estarán contaminados por la baja calidad de las materias primas en uso. La NOM-120-SSA1-1994, en su punto 6 referente a Instalaciones físicas en el apartado 6.1 referente a Patios indica: Debe evitarse que en los patios del establecimiento existan condiciones que puedan ocasionar contaminación del producto y proliferación de plagas, tales como: Equipo mal almacenado, Basura, desperdicios y chatarra, Formación de maleza o hierbas, Drenaje insuficiente o inadecuado, en ningún momento ninguna de las Centrales de Abastos muestreadas cumplen con estas especificaciones gracias a esto todas las muestras obtenidas están contaminadas con aflatoxinas, La NOM-120-SSA1-1994 no aplica a las instalaciones de distribución, almacenamiento y venta como lo son las Centrales de Abasto, sin embargo se refieren a las condiciones recomendadas para mantener la calidad de los alimentos y que debiesen ser respetadas en lugares como este ya que son una fuente en México para la obtención de diferentes tipos de alimentos que ahí se comercializan

Powitz, W., R., (2005) (93)., indica las (cGMP) en la parte 110.93 habla sobre las medidas que se tienen que tomar en cuenta para el almacenaje de productos y gracias a esto y otros documentos han establecidos 7 reglas simples para el almacenamiento eficaz e higiénico de productos secos los cuales son:

- Rotación adecuada de los alimentos (Primero en entrar, primero en salir).
- Control adecuado de la temperatura (Mantenimiento adecuado de los almacenes o bodegas estas deben ser secos, frescos y bien ventilados),
- Control de la Humedad en el almacén no debe de ser mayor al 15% de preferencia (Mantenga el producto en envases herméticos, para prevenir

sobre todo la entrada de los parásitos como insectos o roedores y para proteger de otros contaminantes)

- Evitar almacenar los productos en luz del sol directa (La luz del sol promueve la oxidación y la pérdida subsecuente del valor alimenticio, provocando una baja en la calidad de los productos)
- Aplicar criterios de almacenamientos para evitar riesgos (Almacene los productos secos por lo menos seis pulgadas del piso y por lo menos 18 pulgadas lejos de las paredes externas para reducir la formación de la condensación, así como para facilitar las actividades de limpieza y del control plagas)
- Plagas (Prevenir la entrada de insectos, de roedores y de pájaros en el almacén, se debe contar con trampas para los mismos, el almacén debe de estar impermeabilizado y mantenido cerrado siempre que sea posible) y finalmente
- Tamaño (Un buen tamaño de almacén facilita la distribución y la limpieza del mismo).

Como se pudo comprobar en las Centrales de Abastos muestreadas no cuentan con ninguna de las 7 reglas para un buen almacenamiento de ahí que se pueden encontrar fauna nociva (como ratas, ratones, insectos), la presencia de charcos de agua cerca de una fuente de nutrientes que se encuentra en el suelo son una fuente muy elevada de contaminación microbiana, la sumatoria de estos factores nos da productos de baja calidad los cuales no cumplen con la normatividad existente.

En cuanto a la distribución de los locales es muy aleatoria, se pueden encontrar de forma subsecuente una carnicería, un molino, una verdulería, etc., esto sucedió con mucha frecuencia en las Centrales de Abasto de Tultitlán y Atizapán de Zaragoza, en dichas centrales no existe la distribución de acuerdo al tipo de producto en naves, que son pasillos completos del mismo producto o subproductos, como en la Central de Abasto de Iztapalapa que se observa con mayor proporción, o como la de Ecatepec que aunque no se compara en tamaño con la de Iztapalapa si cuenta con una buena distribución de sus locales, teniendo a la mano fuentes de contaminación, al no contar con los contenedores de basura adecuados se almacena afuera de los locales y la gente que transita puede llevar la contaminación en los zapatos y transferirlo a la bodega al local donde se encuentran los chiles y subproductos

En cuanto a la Central de Abastos de Ecatepec, los chiles muestrados de ésta Central fueron los menos contaminados, esto se puede deber a que cuenta con una distribución mas adecuada en sus locales, la mayoría de los locales de chiles se encuentran pegados a las bodegas de abarrotes donde el foco de contaminación no es tan elevado. Los sacos de yute que contiene los chiles secos dentro de los locales cuenta con una clasificación manual al momento de su

llegada eliminando la basura más visible, como puede ser trozos de madera, piedras, etc.

De la Central de Abastos de Iztapalapa, cabe señalar que es la mejor distribuida pero cuenta con la peor limpieza, por este motivo los pisos están muy sucios y para poder llegar a las naves de los chiles secos, se tiene que atravesar las naves de frutas o verduras frescas a granel, las cuales se encuentran en forma paralela y los locales de los chiles se encuentran en forma perpendicular a la zona de entrada y al encontrarse los pisos sucios presentan un alto riesgo de contaminación, por llevar la contaminación a los locales de venta de los chiles en los pies, en los carritos de transporte, etc..

En el caso de la Central de Abastos de Atizapán, el volumen de chiles que manejan es mínimo comparado con las otras Centrales de Abastos, ya que su terreno es pequeño y cuenta con alrededor de 10 locales de expedición de chiles secos y subproductos, ni siquiera manejan una clasificación de chiles secos, ya que para todos los locatarios el chile que ellos manejan son de primera calidad, aunque el precio de un tipo de chile varíe considerablemente de un local a otro. Tomando en cuenta las dimensiones de la Central, se considera que es tan pequeña, que no merece la clasificación de Central de Abasto sino mercado, aunque la afluencia de gente es bastante. Esta Central, presenta en todo su exterior basura, lo cual muestra una falta de programa de limpieza, se encuentra sobre una avenida donde todo el día circula una cantidad excesiva de autobuses de transporte público, siendo estos motivos una fuente de contaminación.

6. CONCLUSIONES

La presencia de aflatoxinas en alimentos constituye un problema de salud pública a nivel mundial, su consumo produce a largo plazo efectos carcinogénicos, mutágenicos, teratogénicos, estrogénicos, inmunotóxicos, nefrotóxicos y neurotóxicos.

Las aflatoxinas son metabolitos fúngicos, presentes en una gran variedad de alimentos, como los cereales y derivados, frutos secos, aceites, cerveza, leche, alimento para animales, cacahuates, entre otros. La ingesta de una dieta con alto contenido de aflatoxinas se ha correlacionado con enfermedades hepáticas en algunos países del continente africano, por lo que no debe descartarse a estas toxinas como una posible causa de las enfermedades hepática que aquejan gravemente a la población mexicana de 35 a 55 años de edad.

El contenido de aflatoxinas en los chiles de tercera analizados va de 2.0 ppb en un chile morita o ancho a un 245 ppb encontrado en un chile ancho. Estos datos son lógicos, la variabilidad encontrada muestra entre otras cosas las condiciones inadecuadas de almacenamiento en las Centrales de Abasto estudiadas y entre locales, ya que en un local se encontró chile ancho con 4.5ppb y en otro 245ppb

La presencia de aflatoxinas en chiles secos es preocupante, ya que los mismos cuentan con un significado histórico y cultural, es un alimento básico en la dieta del Mexicano, ellos se utilizan como componentes de gran variedad de platillos mexicanos, por ejemplo moles típicos según la región, salsas taqueras, salsas picantes para botanas, en polvo como condimento, encurtidos para industrias enlatadoras, etc.

Las Centrales de Abasto estudiadas deben trabajar en el implementar las Buenas Practicas de Almacenamiento, para evitar la contaminación por mohos, polvo, materia extraña (madera, piedras, insectos, fragmentos de roedor) o por mohos y así garantizar productos de calidad, los cuales beneficiaran tanto a los consumidores como a los distribuidores ya que se llegara a percibir mas dinero por los productos, para lo cual servirá de guía la NOM-120-SSA1-2002(86)

Las 6 marcas de salsas botaneras objeto de estudio presentaron aflatoxinas, las menos contaminadas es la 1 y la mas contaminada es la 5, teniendo la 1 valores de 2.03 ppb y la salsa 5 valores de 9.5 ppb.

La presencia de aflatoxinas en las salsas hace notar que los chiles empleados en su elaboración, no fueron analizados y eran de calidad cuestionable, ya que en las salsas no deberían haber contenido toxinas dañinas para el hombre.

Hay que recordar que la cocina mexicana es una de las más ricas y apreciadas del mundo, para las mismas es indispensable contar con materias primas de excelente calidad, los productores de chiles secos tendrán que poner mayor

atención e implementar las Buenas Prácticas Agrícolas y durante el secado las Buenas Practicas Manufactura.

La presencia de aflatoxinas en los chiles secos denota que aunado a las malas condiciones de almacenamiento, dichos chiles fueron lo más probable crecidos, cosechados y secados sin la aplicación de las Buenas Practicas Agrícolas.

No solo para productos de exportación se deberá tener cuidado, ya que los niños y los ancianos son los mas susceptibles a las enfermedades, y los niños son aquellos que consumen con demasiada frecuencia productos derivados de chiles secos, como las salsa botaneras picantes, golosinas con chiles, botanas con chile, etc., y si dichos chiles con los que estos se elaboran contienen toxinas (aflatoxinas), esto se puede convertir en un grave problema de salud pública a nivel nacional.

Una parte de la producción de chiles secos se destina para elaborar harina de chile, la cual según la NMX NMX-Y-228-1990 Alimentos para animales – Harina de chile, especies del género *Capsicum*, (84), el cual es usado ampliamente en la pigmentación de pollos de engorda para consumo de humanos en México, en el punto 5.6 Contaminación, especifica que: “El producto no debe contener gérmenes patógenos, ni micotoxinas, plaguicidas o cualquier otro compuesto tóxico para las aves y peces en dosis comúnmente usadas en alimentos balanceados y para los humanos que consuman los productos avícolas y acuícola”, Hay que recordar que las aflatoxinas no se eliminan, sino se almacenan en el hígado, aunque es el único órgano que se regenera, no se elimina por completo y este es utilizado para la alimentación de bebes y niños de corta edad, lo cual puede causar un problema de salud pública. Pero diversos estudios han encontrado que existe la presencia de pequeñas cantidades de aflatoxinas en otras partes del pollo, como pierna o pechuga, los cuales son de consumo general en la población mexicana.

El hecho de que se detecten sustancias tóxicas en los alimentos pone de manifiesto la necesidad de su control y cuantificación sistemática en la industria de los alimentos principalmente debido a la toxicidad crónica que estos metabolitos pueden presentar

Dada la universalidad de las aflatoxinas en granos y semillas así como su presencia relativa en una gran gama de alimentos, es imprescindible vigilar la calidad tanto de las materias primas como de los ingredientes susceptibles a la contaminación con aflatoxinas incluidos en la formulación de un producto determinado.

La normatividad en México deberá ser mas estricta ya que no es posible que se encuentre normado un alimento para animales y un alimento para humano, derivado de chiles secos no cuente con alguna especificación con lo que respecta a micotoxinas (aflatoxinas)

7. RECOMENDACIONES

Con el propósito que el cultivo del chile resulte más rentable, es importante que se considere la aplicación de las Buenas Prácticas Agrícolas durante el desarrollo del fruto y durante el secado del mismo, transporte, almacenamiento y distribución la aplicación de las Buenas Prácticas de Manufactura.

Hay que hablar y desarrollar planes o guías de uso fácil para los productores de chiles secos, con la finalidad de obtener productos de calidad y así ellos se beneficien económicamente al respecto

Una breve guía incluye las siguientes medidas:

- Monitoreo de humedad y micotoxinas en ingredientes de alto riesgo.
- Secado y aireación de los productos y subproductos vegetales durante el almacenaje a granel.
- Rechazo de ingredientes con evidentes signos de infección de hongos.
- Manejo del inventario de ingredientes.
- Adición de inhibidores de hongos al alimento ensacado.

Se recomienda, que los resultados obtenidos en el presente estudio y otros realizados en el Laboratorio Tecnología de Calidad donde se realizó el presente estudio, se presenten ante las autoridades correspondientes con la finalidad que la normatividad de chiles secos y productos derivados se ajuste.

8. Bibliografía

1. A.O.A.C. 1990. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis, 15th. Ed. Arlington, Virginia, U.S.A, Vol. 2, Chapter 39, pp. 931-948
2. Abarca, M. L. et al., 2000. Mohos productores de micotoxinas emergentes. Revista Iberoamericana de Micología, 17 Noviembre;S63-S68
3. Acosta, R. G. F. y Luján, F. G. 2002. Selection and characterization of plants in two populations of piquín pepper (*Capsicum annuum* L.) In: Delicias, Chihuahua, Proceedings of the 16th International Pepper Conference, Tampico, Tamaulipas, Mexico. November 10 – 12 (<http://www.world-pepper.org>)
4. Aguirre, U. Y. y Sánchez, E., M., G., 1993. Predicción de la vida de anaquel del chile en polvo envasado en una microatmósfera bacteriostática. Tesis Profesional de Ingeniería en Alimentos, FES-Cuautitlán UNAM, pág. 133
5. Alcalá, L., et al. 2002. *Aspergillus* y aspergilosis, Control Calidad SEIMC Servicio de Microbiología Clínica. Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Madrid, España. (http://www.seimc.org/control/revi_Mico/asperguillus.htm)
6. Altamirano, L. G., 1992. Descripción de diferentes tipos de chile y su distribución en México. Tesis Profesional de Ingeniería Agrícola, FES-Cuautitlán UNAM, págs. 132
7. Badui, D. S., 1999. Química de los alimentos. Ed 4ª, Ed. Pearson Educación. Edo. de México, México, pág. 648
8. Bata, Á. y Lásztity R., 1999. Detoxification of mycotoxin-contaminated food and feed by microorganisms. Trends in Food Science & Technology, 10(6-7), June: 223-228
9. Betts, T. A., 1999. Pungency Quantitation of Hot Pepper Sauces Using HPLC. Journal of Chemical Education, 76(2), February: 240-244
10. Bosland, P.W., and Votava E.J., 2000. Peppers: Vegetables and Spice Capsicums. Ed. CABI Publishing. London. UK, págs. 204
11. Cabañas, C. B., 2002. New breeding lines of “mirasol” and “ancho” type peppers (*Capsicum annuum*) from Zacatecas, México, Proceedings of the 16th International Pepper Conference, México. November 10 – 12 (<http://www.world-pepper.org>)
12. Cabañas, C., B., y Galindo, G., G., 2004. Nivel tecnológico de los productores de chiles secos (*Capsicum annumm* L.) del altiplano de Zacatecas. First World Pepper Convencion, Guanajuato, México, Junio. (<http://www.world-pepper.org>)
13. Cabañas, F. J., 2000. Micotoxinas emergentes. Introducción. Revista Iberoamericana de Micología, 17(11) Noviembre; S61-S62
14. Carrillo, C., L., 1998. Elaboración de una salsa tipo valentina a partir de chile morita (*Capsicum annum abbreviatum*) deshidratado en un secador de charolas. Tesis Profesional de Ingeniería en Alimentos, FES-Cuautitlán UNAM, págs. 115

15. Casar, L., M., C., y Moreno, G., C., 2005. La ionización de chiles frescos, deshidratados y enteros: una alternativa para mejorar su calidad sanitaria, Second World Pepper Convention, Zacatecas, México. Agosto. (http://www.world-pepper.org/reporte_resultados_wpc2005.htm)
16. Castro, C., E., y Ahumada, F., 1993. Control de calidad de insumos y dietas acuícolas. Capítulo 12. FAO, Programa Cooperativo Gubernamental. (<http://www.fao.org/docrep/field/003/AB482S/AB482S00.htm#TOC=>
17. Chaidez, C., et al., 2005. Transferencia de *Salmonella* ser Typhimurium entre manos y pimientos verdes y su interrupción, Second World Pepper Convention, Zacatecas, México. Agosto. (http://www.world-pepper.org/reporte_resultados_wpc2005.htm)
18. Chan, D. et al., 2004. Simultaneous determination of aflatoxins and ochratoxin A in food using a fully automated immunoaffinity column clean-up and liquid chromatography-fluorescence detection. *Journal of Chromatography A*, 1029 (1-2) December: 13-16
19. CODEX STAN 209-1999. Nivel máximo y planes de muestreo para el contenido total de aflatoxinas en maní (cacahuete) destinado a ulterior elaboración (www.codexalimentarius.net)
20. CODEX STAN 232-2001. Nivel máximo para la aflatoxina M₁ en la leche (www.codexalimentarius.net)
21. CODEX STAN 234-1999. Métodos de análisis y de muestreo recomendados. (www.codexalimentarius.net)
22. CODEX STAN 235-2003. Nivel máximo para la patulina. En el zumo (jugo) de manzana y en los ingredientes de zumo (jugo) de manzana en otras bebidas (www.codexalimentarius.net)
23. Collera-Zuñiga, O. et al, 2005. Comparative study of carotenoid composition in three mexican varieties of *Capsicum annum* L. *Food Chemistry*, 90 (1-2), March-April:109-114
24. Córdova, A. R. 2002. Guajillo, INIFAP. Variety of mirasol pepper for the high land of México, Proceedings of the 16th International Pepper Conference, México. November 10 – 12 (<http://www.world-pepper.org>)
25. Deepa, N. et al. 2005. Antioxidant constituents in some sweet pepper (*Capsicum annum* L.) genotypes during maturity. *LWT - Food Science and Technology*, In Press, Corrected Proof, Available online 8 November
26. Díaz, A. A., 2003. Legislación comunitaria sobre contenidos máximos de micotoxinas en productos alimenticios. (<http://www.mcx.es/plaguicidas/Micotox.htm#UEAfla>)
27. D'Mello, J.P.F. and Macdonald, A.M.C., 1997. Mycotoxins, *Animal Feed Science and Technology*, 69(1-3)November:155-166
28. Doymaz, I., y Pala, M., 2002. Hot-air drying characteristics of red pepper. *Journal of Food Engineering*, 55(4), December:331-335
29. Ellis, W.O., et al. 1991. Aflatoxin in food: occurrence, biosynthesis, effects on organisms, detection and methods of control. *Critical Rev. Food Sci and Nutri.* 30: 403-439.

30. Erdogan, A., 2004. The aflatoxin contamination of some pepper types sold in Turkey. *Chemosphere*, 56(4) July:321:325
31. Fandohan, P., et al. 2005. Fate of aflatoxins and fumonisins during the processing of maize into food products in Benin. *International Journal of Food Microbiology*, 98(3), February: 249-259
32. FAO, 1989. Sampling of agricultural products and their analysis for aflatoxin determination. Manual, Centre for International Projects, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, USSR, State committee for environment projects, Moscow, Russia, págs. 70
33. FAO, 1990. Manuals of food quality control. 10. Training in mycotoxins analysis. Estudio FAO: Alimentación y Nutrición, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia, págs. 109
34. FAO, 2003. Manual sobre la aplicación del sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC) en la prevención y control de micotoxinas. 73 Estudio FAO: Alimentación y Nutrición, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, ISSN-1014-2914, Roma, Italia, págs 160, (www.fao.org)
35. FAO, 2004. Reglamentos a nivel mundial para las micotoxinas en los alimentos y en las raciones en el 2003. Estudio FAO: Alimentación y Nutrición, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia, págs. 60, (www.fao.org)
36. FAO/OMS/PMA. 1999. Tercera Conferencia Internacional FAO/OMS/PMA sobre Micotoxinas (<http://www.fao.org>)
37. Fennema, R., O., 1995. Química de alimentos. Ed. 2ª, Ed. Acribia, Zaragoza, España, págs. 1258
38. Fraizer W. C. 1993, Microbiología De Alimentos, Ed. 4ª, Editorial Acribia, Zaragoza España, págs. 681
39. Furia, T. E. 1980. CRC Handbook of food additives. 2nd Ed. C.R.C Press, New York. U.S.A. págs. 215.
40. Gaitán, G. J. 2001. Diseño de un Programa de Desarrollo de Proveedores de Chiles Secos en Zacatecas, México como estrategia de integración de la cadena productiva agroindustrial. Programa de Alianzas Estratégicas para el Desarrollo Rural Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe (www.fao.org/regional/LAmerica/prior/desrural/alianzas/pdf/gaitan.pdf)
41. García, A. G. 1989. Manual de métodos para el análisis de micotoxinas en granos. Ed. UNAM, Ciudad de México, México, págs. 163
42. Gilbert, J. y Anklam, E., 2002. Validation of analytical methods for determining mycotoxins in foodstuffs. *Trends in Analytical Chemistry*, 21(6-7), June: 468-486
43. Giralt, P. J. et al. 1989. El problema de la contaminación fúngica en la industria de piensos. Ed. LUCTA, Barcelona, España. págs. 117
44. Goldblatt, L. A., 1969. Aflatoxin: Scientific background, control and implications. Ed. Academic Press, New York, USA, págs. 472

45. Harrigan, W. F. 1998. Laboratory methods in food microbiology. 3rd Ed. Academic Press, London, UK. págs. 532.
46. Heathcote, J. G. y Hibbert, J. R. 1978. Aflatoxin: Chemical and biological aspects. Ed. Elsevier, Amsterdam, Holanda, págs. 212
47. Hernández, I. V. M., 2002. Cuantificación de aflatoxinas en cacahuete botanero expedido en el Municipio de Atizapán de Zaragoza. Tesis Profesional de Ingeniería en Alimentos, FES-Cuautitlán UNAM, págs. 74
48. Hernández, R. A. V. 2006. Efecto de la producción de aflatoxinas en granos de maíz de cuatro variedades diferentes. Tesis Profesional de Ingeniería en Alimentos, FES-Cuautitlán UNAM, págs. 106
49. Hussein, S. H. y Brasel, J. M. 2001 Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals. *Toxicology*, 167(2) October:101-134.
50. Ibar, A. L. y Juscafresa S. B. 1987, Tomates, pimientos, berenjenas, cultivo y comercialización. Ed. AEDOS, Barcelona, España, págs. 153
51. Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ), 1999. Composición de Alimentos Mexicanos, Disco Compacto Multimedia Interactivo
52. International Commission on Microbiological Specification for Foods, 1984. Ecología Microbiana de los Alimentos, Editorial Acribia, Zaragoza, España. págs. 989
53. Ismail, N., y Revathi, R., 2006. Studies on the effects of blanching time, evaporation time, temperature and hydrocolloid on physical properties of chili (*Capsicum annum* var *kulai*) puree. *Food Science and Technology*, 39(1): January: 91-97
54. Keeler, R. F. y Tu, A. T., 1983. Handbook of natural toxins, Volumen II: Structure, mechanism of action, and detection. Ed. Marcel Dekker, INC. New York, USA, págs. 535
55. Kuda, T. et al. 2004. Effect of red pepper *Capsicum annum* var. *conoides* and garlic *Allium sativum* on plasma lipid levels and cecal microflora in mice fed beef tallow. *Food and Chemical Toxicology*, 42 (10), October:1695-1700
56. Lindner, E. 1995. Toxicología de los Alimentos. Ed. 2ª Ed Acribia, Zaragoza, España, págs. 282
57. Long-Solís, J. 1998. *Capsicum* y cultura: la historia del chilli. Ed 2ª, Ed Fondo de Cultura Económica. Distrito Federal, México, págs. 203
58. López, E. M. G. 1997. Chile : Desarrollo histórico y comercial en Mexico. Tesis Profesional de Químico Farmacéutico Biólogo, Facultad de Química UNAM, págs. 65
59. Macías, A. R. E. y Suárez, S. M. A. 1992. Desarrollo de un platillo congelado a partir de chile poblano (*C. annum* G.). Tesis Profesional de Ingeniería en Alimentos, FES-Cuautitlán UNAM, págs. 101
60. Marília, C. S. et al. 2006. Inactivation of pepper (*Capsicum annum*) pectin methylesterase by combined high-pressure and temperature treatments. *Journal of Food Engineering*. 75(1) July: 50-58
61. Maroto, B. J. V. 2002. Horticultura Herbácea Especial. Ed 5ª, Ed. Ediciones Mundi-Presa, Madrid, España, págs. 702

62. Martínez, P. L. P. 1982. Diseño y selección del equipo principal de una planta deshidratadora de chile fresco. Tesis Profesional de Ingeniería en Alimentos, FES-Cuautitlán UNAM, págs. 104
63. Martínez-Padilla, L. P. y Rivera-Vargas, C. 2006. Flow behavior of Mexican sauces using a vane-in-a-large cup rheometer. *Journal of Food Engineering*, 72(2) January: 189-196
64. Mazida, M. M. *et al*, 2005. Analysis of volatile aroma compounds of fresh chilli (*Capsicum annuum*) during stages of maturity using solid phase microextraction (SPME). *Journal of Food Composition and Analysis*, 18(5) August: 427-437
65. Medina, M. T. *et al*. 2002. Chili piquin (*capsicum annuum*) population and handling agro-forestry study in northeastern México, Proceedings of the 16th International Pepper Conference, México. November 10 – 12 (<http://www.world-pepper.org>)
66. Méndez-Albores, J. A. *et al*. 2004. Aflatoxins in pozol, a nixtamalized, maize-based food. *International Journal of Food Microbiology*, 94 (2) July: 211-215
67. Messiaen, C. M. 1979. Las hortalizas, técnicas agrícolas y producciones tropicales. Ed. Blume, Distrito Federal, México, págs. 455
68. Miller, J. D. y Trenholm, H. L. 1994. Mycotoxin in grain: Compounds other than aflatoxin. Ed. Eagan press, Minnesota, USA, págs. 552
69. Miranda, F. R. *et al*. 2005. Evapotranspiration and crop coefficients for tabasco pepper (*Capsicum frutescens* L.) *Agricultural Water Management*, In Press, Corrected Proof, Available online 24
70. Morales-Castro, J. *et al*. 2002. Effect of controlled atmosphere storage on the respiration rate of chile poblano (ancho), Proceedings of the 16th International Pepper Conference, México. November 10 – 12 (<http://www.world-pepper.org>)
71. Moreau, C. *et al.*, 1979. Moulds, Toxins and Food. Ed. Chichester, New York, USA, págs. 477
72. Moreno B., 2002 *Microorganismos en los alimentos*, Editorial Acribia, 2ª edición, Zaragoza España, págs. 703
73. Moreno M. E. 1998. Manual para la identificación de mohos en granos y sus derivados. Ed UNAM. Ciudad Universitaria, México D.F.. págs. 109
74. Moreno M. E. y Gil, G. M. 1991. *Aspergillus flavus* y la producción de aflatoxinas. Ed UNAM. Ciudad Universitaria, México D.F. págs. 42
75. Moreno, L. J. 2004. Estudio comparativo de *Aspergillus flavus* Link y *Aspergillus parasiticus* Spare en la producción de aflatoxinas bajo diferentes condiciones de humedad y temperatura. Tesis Maestría, Maestría en Ciencias (Microbiología), FES-Cuautitlán UNAM, págs. 146
76. Moreno, R. C. y Hernández, T. I. 1988. Implementación de técnicas de cuantificación de aflatoxinas. Tesis Profesional de Químico Farmacéutico Biólogo , FES-Cuautitlán UNAM, págs. 121

77. Muller, R.D. *et al.* 1970. The response of chicks, ducklings, goslings, pheasants and poult to graded levels of aflatoxin. *Poult. Sci.* 49: 1346-1350.
78. Murphy, P. A. *et al.*, 2006. Food Mycotoxins: An Update. *Journal of Food Science*, 71(5) May: R51-R65
79. Murphy, P. A., *et al.*, 2006. Understanding Mycotoxins. *Food Technology*, 60(6) June: 51-58
80. Namesny V. A. 1996. Pimientos, compendios de horticultura 9. Ed. Ediciones de Horticultura S.L., Barcelona, España, págs. 167
81. NMX-F-377-1986. Alimentos - regionales - salsa picante envasada. www.economia.gob.mx
82. NMX-FF-025-1982. Productos alimenticios no industrializados para uso humano - fruta fresca - chile-(*Capsicum spp*) especificaciones. (www.economia.gob.mx)
83. 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. (www.economia.gob.mx)
84. NMX-Y-228-1990. Alimentos para animales - harina de chile (especies del genero *Capsicum*). (www.economia.gob.mx)
85. NOM-116-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Determinación de humedad en alimentos por tratamientos térmicos. Método de arena o gasa (www.economia.gob.mx)
86. NOM-120-SSA1-2002- Bienes y Servicios. Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas. (www.economia.gob.mx)
87. NOM-188-SSA1-2002- Bienes y Servicios. Control de aflatoxinas en cereales para consumo humano y animal. Especificaciones. (www.economia.gob.mx)
88. Nuez, F. *et al.*, 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajies. Ed. Ediciones Mundi-Presa, Madrid, España, págs. 570
89. Pérez-Reyes, M. C. J. *et al.*, 2004. Análisis de micobiota y aflatoxinas en nuez pecanera (*Carya pecan*). Memoria de Congreso. XXXV Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Trabajo 075, 13-15 de Septiembre
90. Pino, J. *et al*, 2006. Changes in volatile compounds of Habanero chile pepper (*Capsicum chinense* Jack. cv. Habanero) at two ripening stages. *Food Chemistry*. 94 (3) February: 394-398
91. Piva, F.P.G., *et al.* 1999. Detoxification methods of aflatoxins. A review. *Nutrition Research*, 15(5) May: 767-776
92. Powitz, W., R., 2005. 7 Simple rules for effective and hygienic dry goods storage. *Food Safety*, 11(3) June/July :(www.foodsafetymagazine.com)
93. Quintero, C. K. 1998. Evaluación de extractos de chile. Tesis Profesional de Químico en Alimentos, Facultad de Química UNAM, págs. 130

94. Rodríguez, P. C. y Martínez, V. E. 1990. Estudio químico de la oleorresina de chile de árbol. Tesis Profesional de Química, FES-Cuautitlán UNAM, págs. 54
95. Rustom, I.Y. S., 1997. Aflatoxin in food and feed: occurrence, legislation and inactivation by physical methods, *Food Chemistry*, 59(1) May: 57-67 .
96. Salunkhe, D.K., Kadam, S.S., 2004. Tratado de ciencia y tecnología de las hortalizas, producción, composición, almacenamiento y procesado. Ed Acribia, Zaragoza, España, pag. 675
97. Sánchez-Hernández, G. et al., 2004. Determinación de aflatoxinas y micobiota en cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) y productos derivados envasados para su comercio. Memoria de Congreso. XXXV Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, México, Trabajo 074, 13-15 de Septiembre
98. Sánchez-Hernández, G. et al., 2004. Presencia de aflatoxinas y micobiota en granos de almendra y pistache envasados para punto de venta. Memoria de Congreso. XXXV Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, México, Trabajo 073, 13-15 de Septiembre
99. Sanchis, V., et al., 2000. Control de micotoxinas emergentes. Situación legislativa actual. *Revista Iberoamericana de Micología*, 17(11) Noviembre; S69-S75
100. Sawaya, M.J. y Solano, P.A. 1993. Extracción, caracterización y estabilidad de los pigmentos de chile ancho. Tesis Profesional de Química, FES-Cuautitlán UNAM, págs. 95
101. Sharma, M. y Márquez, C., 2001. Determination of aflatoxins in domestic pet foods (dog and cat) using immunoaffinity column and HPLC. *Animal Feed Science and Technology*, 98 (1-2), September: 109-114
102. Somilleda, C. L. 1999. Efecto de chile (*Capsicum annum*) y de nopal (*Opuntia sp*) sobre la actividad hipoglucemiante de la glibenclamida en ratas Wistar. Tesis Profesional de Químico Farmacéutico Biólogo, Facultad de Química UNAM, págs. 83
103. Sorensen, L.K. y Elbaek, T.H. 2005 Determination of mycotoxins in bovine milk by liquid chromatography tandem mass spectrometry, *Journal of Chromatography B*, 820(2) June: 183-196
104. Steyn, P. S. 1980. The Biosynthesis of mycotoxins. A study in secondary metabolism, Ed. Academic Press. New York, USA págs. 420
105. Supena, E. D. J. et al. 2006. Evaluation of crucial factors for implementing shed-microspore culture of Indonesian hot pepper (*Capsicum annum* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 107(3) February: 226-232
106. Takahashi, T. 1993. Distribution and characteristics of aflatoxin-production *Aspergillus flavus* in the soil of Kanagawa prefecture, central Japan. *Mycopathologia* 121: 169-173.
107. Tiscornia, J. R. 1979. Hortalizas de fruto, tomate, pimiento, pepino y otras. Ed Albatros, Buenos Aires, Argentina, págs. 146

108. Topuz, A. y Ozdemir, F., 2004. Influences of gamma irradiation and storage on the capsaicinoids of sun-dried and dehydrated paprika. *Food Chemistry*, 86 (4) August: 509-515
109. Truchsess, M. W. y Pohland, A. E. 2000. Mycotoxin protocols. *Methods in Molecular Biology*. Ed. Humana Press, Washington, D.C., USA, págs. 244
110. Tunde-Akintunde, T. Y. et al, 2005. Influence of drying methods on drying of bell-pepper (*Capsicum annuum*). *Journal of Food Engineering*, 68 (4) June: 439-442
111. Uquiche, E. et al. 2004. Supercritical carbon dioxide extraction of red pepper (*Capsicum annuum* L.) oleoresin. *Journal of Food Engineering*, 65(1) November: 55-66
112. Urrego, N. J. R. y Díaz, G. J., 2006. Aflatoxinas: mecanismos de toxicidad en la etiología de cáncer hepático celular. *Rev Fac Med Univ Nac Colomb* 2006; 54(2) Abril-Junio: 108-116
113. Valladares, C. J. C., 1992. Efecto del consumo de aflatoxinas y de la vacunación con el virus de la infección de la bolsa de Fabricio en el pollo de engorda. Tesis Maestría, Maestría en Ciencias (Microbiología), FES-Cuautitlán UNAM, págs. 216
114. Valle, V. P. 1991. Toxicología de Alimentos. Centro panamericano de ecología humana y salud, 2ª Ed. Metepec, México. págs. 218
115. Velázquez, L. P. G. S. 2000, Proyecto de implantación del sistema de calidad en una planta envasadora de chiles en escabeche. Tesis Profesional de Ingeniería en Alimentos, FES-Cuautitlán UNAM, págs. 106
116. Vicam, 2000 Aflatest Instruction Manual, 1ª. Edición
117. Vilorio, M. L. 1995. Obtención de una emulsión seca de oleorresina de chile ancho, para su aplicación en alimentos. Tesis Profesional de Ingeniería en Alimentos, FES-Cuautitlán UNAM, págs. 70
118. www.fao.org
119. www.inegi.gob.mx
120. www.sagarpa.gob.mx/cgcs/boletines/2005/septiembre/
121. Zapata, N. M. et. al., 1992 El pimiento para pimentón. Ed. Ediciones Mundi-Presa, Madrid, España, págs. 240
122. www.economia.gob.mx

9. ANEXOS

Anexo1

Determinación del contenido de humedad en chiles secos y salsas botaneras

Muestreo

Material y Equipo

Espátula
Vidrio de Reloj
Licuadora o Mortero con pistilo o Braun
Balanza Analítica
Frascos de vidrio
Etiquetas

PROCEDIMIENTO:

1. Tomar 200 g de muestra del lote total.
2. Homogeneizar la muestra ya sea con la licuadora o con el mortero con pistilo o con el Braun
3. Envasar la muestra
4. Etiquetar

Determinar el % de humedad.

FUNDAMENTO

Este método se basa en que al añadir arena, se incrementa la superficie de contacto y la circulación del aire en la muestra, así como la aplicación de vacío dentro de la estufa favoreciéndose así la evaporación durante el tratamiento térmico.

REACTIVOS Y MATERIALES

Reactivos

Los reactivos que a continuación se mencionan deben ser grado analítico.
Arena de mar purificada con ácido y calcinada (tamaño de partícula, 0,1 a 0,3 mm)

Materiales

Desecadores con placa.
Cápsulas de níquel, aluminio o vidrio de 20 mm de altura y 50 mm de diámetro, con tapa de 52 mm de diámetro por 6 mm de altura y base cóncava o plana según se requiera.
Palillos

Pinzas para crisol.
Espátula

APARATOS E INSTRUMENTOS

Los aparatos que a continuación se indican deben estar calibrados y ser ajustados antes de su operación:

Balanza analítica con $\pm 0,1$ mg de sensibilidad.

Estufa con vacío para mantener una temperatura de 70 ± 2 °C.

PREPARACION DE LA MUESTRA

Cápsulas de níquel, aluminio o vidrio, con 3g de arena, y una palillo de longitud apropiada para reposar oblicuamente en la cápsula sin que se impida el tapado de ésta. Secar previamente las cápsulas entreabiertas (con arena, palillo y tapas), durante un mínimo de 2 horas a 100 ± 2 °C, taparlas e introducir en un desecador y dejar enfriar a temperatura ambiente y pesar con precisión de 0,1 mg

PROCEDIMIENTO

Colocar en la cápsula preparada una cantidad de producto de 3g, volver a tapar la cápsula y pesar con precisión de 0,1 mg

Después de pesar, mezclar bien la muestra con arena

Introducir en la estufa las cápsulas con la muestra, colocar las tapas de manera que al final del tiempo de secado puedan taparse rápidamente, cerrar la estufa y secar durante 5 horas a $70^\circ \pm 2^\circ\text{C}$. Abrir la estufa, tapar las cápsulas y colocarlas en los desecadores, dejar enfriar hasta temperatura ambiente y pesar inmediatamente con precisión de 0,1 mg

EXPRESION DE RESULTADOS

Método de cálculo.

El contenido de humedad en la muestra se calcula con la siguiente fórmula expresada en por ciento:

$$\text{Humedad en \%} = \frac{M2 - M3}{M2 - M1} \times 100$$

En donde:

M1 =Peso de la cápsula con arena (g)

M2 =Peso de la cápsula con arena más muestra húmeda (g)

M3 =Peso de la cápsula con arena más muestra seca (g)

Anexo 2

Procedimiento Fluorometrico Afla Test para paprika, ají pimienta roja y derivados. (Muestra equivalente a 0.2 gramos, 0 - 300ppb).

Calibración.

Use estándares de calibración FGIS Afla Test

Instrumento	Verde	Rojo	Amarillo
Vicam VI serie 4	-2	110	54 5

Instalación

Calibré el fluorómetro

Prepare la solución de Revelador Afla Test

Mida 5.0ml de solución concentrada de revelador Afla Test y coloquelo en frasco de vidrio ámbar.

Agregue 45.0 ml de agua deionizada y mezcle bien

Asegure firmemente la tapa del frasco. Mantenga la solución diluida de revelador firmemente tapada cuando no esté en uso. No use el revelador diluido por más de 8 horas después de su preparación.

Prepare la solución de metanol:agua (80:20 por volumen). Solución de extracción. (Tabla # 15)

Prepare metanol:agua (20:80 por volumen). Solución de dilución/lavado. (Tabla # 16).

Asegúrese que el blanco de reactivo (1 ml metanol HPLC + 1 ml revelador en un tubo desechable) de una lectura de 0ppb en un fluorómetro calibrado.

Asegúrese que 2 ml de metanol:agua (20:80) dentro de un tubo desechable de una lectura de 0ppb en un fluorómetro calibrado.

Tabla # 15 Separación de Soluciones de Extracción.

Solución deseada (metanol:agua)	Metanol (ml)	Agua Destilada (ml)	Volumen total (ml)
80:20	800	200	1000
70:30	700	300	1000
60:40	600	400	1000

Prepare la solución de extracción cada semana o cuando se requiera.

Tabla # 16 Preparación de Soluciones de Dilución/Lavado.

Solución deseada (metanol:agua)	Metanol (ml)	Agua Destilada (ml)	Volumen total (ml)
10:90	100	900	1000
15:85	150	850	1000
20:80	200	800	1000

Prepare la solución de dilución/lavado cada semana o cuando se requiera.

Extracción de la muestra.

Pese 25gramos de la muestra molida con 5 gramos de cloruro de sodio (NaCl) y colóquela en un vaso de licuadora.

Agregue al vaso 100ml de metanol:agua (80:20) (Solución de extracción).

Cubra el vaso de la licuadora y licué a alta velocidad por 1 minuto.

Retire la tapa del vaso y vacíe el extracto dentro de un Filtro de papel aflautado de 24 cm Whatman No. 1.

Recolecte lo filtrado en un recipiente limpio.

Dilución del extracto

Pipetee o vacíe 10ml del extracto filtrado dentro de una probeta limpia

Diluya el extracto con 40ml de agua destilada. Mezcle bien.

Filtre el extracto diluido a través de un filtro de microfibra, 1.5 μm de 11cm de diámetro, dentro de una jeringa de vidrio utilice su graduación para medir 4ml.

Afinidad cromatográfica

Pase 4 ml del extracto diluido filtrado (4ml = muestra equivalente a 0.2gramos) completamente a través de la columna de afinidad Afla est a razón de 1 a 2 gotas/segundo hasta que el aire pase a través de la columna.

Pase 10 ml de metanol:agua (20:80) (solución de diluido/lavado) a través de la columna a razón de 2 gotas/segundo aproximadamente, hasta que el aire pase a través de l columna.

Pase nuevamente 10 ml de metanol:agua (20:80) (solución de diluido/lavado) a través de la columna a razón de 2 gotas/segundo aproximadamente, hasta que el aire pase a través de l columna.

Eluya la columna de afinidad pasando 1.0 ml de metanol grado HPLC a través de la columna a razón de 1 a 2 gotas/segundo y recolecte toda la muestra de eluato (1ml) en un tubo desechable de vidrio.

Agregue 1.0ml de revelador Afla Test al eluato en el tubo. Mezcle bien y coloque el tubo en un fluorómetro calibrado. Lea la concentración de aflatoxina después de 60segundos.

