



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

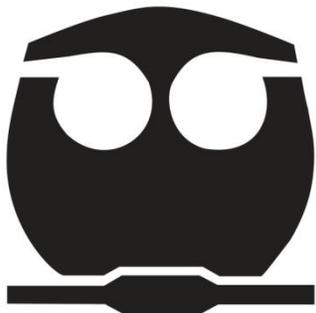
**APLICACIÓN Y FUNCIONALIDAD DE
EMULSIFICANTES EN MOLE EN PASTA**

TRABAJO MONOGRÁFICO DE ACTUALIZACIÓN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA DE ALIMENTOS

PRESENTA

FABIOLA GALLEGOS ROSEY



MÉXICO, D.F

AÑO 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Marcos Francisco Báez Fernández

VOCAL: Agustín Reyo Herrera

SECRETARIO: Rodolfo Fonseca Larios

1er. SUPLENTE: Lorena de Anda Aguilar

2º SUPLENTE: Federico Nieto Pineda

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

Facultad de Química, UNAM.

ASESOR DEL TEMA:

Q.F.B. Rodolfo Fonseca Larios

SUSTENTANTE:

Fabiola Gallegos Rosey

INDICE

INTRODUCCIÓN	5
OBJETIVOS.....	6
HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	6
CAPÍTULO 1. EL MOLE Y SUS CARACTERÍSTICAS.....	7
1.1 El mole como símbolo representativo de México	7
1.2 Definición de mole.....	8
1.2.1 Clasificación:.....	9
1.3 Especificaciones.....	9
1.3.1 Físicas y Químicas	10
1.3.2 Microbiológicas	10
1.3.3 Materia extraña objetable	10
1.3.4 Sensoriales.....	11
CAPÍTULO 2. RECETAS DE MOLE ROJO	11
2.1 Receta 1.....	13
2.1.1 Ingredientes.....	13
2.1.2 Procedimiento de elaboración.....	13
2.2 Receta 2.....	14
2.2.1 Ingredientes.....	14
2.2.2 Procedimiento de elaboración.....	15
2.3 Receta 3.....	15
2.3.1 Ingredientes.....	15
2.3.2 Procedimiento de elaboración.....	16
2.4 Receta 4	17
2.4.1 Ingredientes.....	17
2.5 Receta 5	18
2.5.1 Ingredientes.....	18
2.5.2 Procedimiento de elaboración.....	19
2.6 Receta 6	19
2.6.1 Ingredientes.....	19

2.6.2 Procedimiento de elaboración.....	20
2.7 Receta 7	20
2.7.1 Ingredientes.....	20
2.7.2 Procedimiento de elaboración.....	21
2.8 Receta 8	21
2.8.1 Ingredientes.....	21
2.8.2 Procedimiento de elaboración.....	22
2.9 Receta 9	22
2.9.1 Ingredientes.....	22
2.9.2 Procedimiento de elaboración.....	23
2.10 Receta 10	24
2.10.1 Ingredientes	24
2.10.2 Procedimiento de elaboración	24
CAPÍTULO 3. CARACTERÍSTICAS DE LOS INGREDIENTES	30
3.1 Chiles secos	31
3.1.1 Definición	31
3.1.2 Chile ancho.....	31
3.1.3 Chile mulato.....	32
3.1.4 Chile pasilla	32
3.1.5 Clasificación y designación del producto	32
3.1.6 Características sensoriales.....	32
3.1.7 Características fisicoquímicas	33
3.2 Especies, Vegetales, Semillas y otros Ingredientes.....	34
3.2.1 Comino.....	34
3.2.2 Pimienta gorda.....	36
3.2.3 Clavo de olor	37
3.2.4 Canela	38
3.2.5 Ajonjolí.....	39
3.2.6 Ajo	40
3.2.7 Cebolla	43
3.2.8 Uva pasa	44

3.2.9 Nuez.....	45
3.2.10 Almendra	46
3.2.11 Cacahuete	47
3.2.12 Chocolate en tablilla.....	48
3.2.13 Bolillo	49
3.2.14 Tortilla de maíz	50
3.2.15 Aceite vegetal.....	51
3.2.16 Azúcar estándar.....	52
3.2.17 Sal yodada	53
CAPÍTULO 4. PROCESO DE ELABORACIÓN DE MOLE EN PASTA	62
4.1 Diagrama general del proceso de elaboración del mole en pasta.....	63
4.2 Descripción del proceso de elaboración del mole en pasta.....	64
4.2.1 Recepción y acondicionamiento	64
4.2.2 Producción	64
4.2.3 Almacenamiento.....	66
4.3 Descripción del producto mole en pasta.....	66
CAPÍTULO 5. EMULSIFICANTES	67
5.1 Definición de emulsión	68
5.2 Formación de una emulsión	69
5.3 Estabilidad de una emulsión.....	70
5.4 Mecanismos de estabilización por medio de emulsificantes	72
5.5 Emulsificantes empleados en la industria alimentaria	75
5.6 Clasificación de los emulsificantes alimentarios.....	75
5.7 Lecitina y sus derivados.....	76
5.8 Ésteres de ácidos grasos a partir del glicerol.....	78
5.8.1 Mono y diglicéridos	78
5.9 Ésteres de ácidos hidrocarboxílicos.....	80
5.10 Ésteres de ácidos grasos a partir del ácido láctico	82
5.11 Ésteres de ácidos grasos de poliglicerol	83
5.12 Ésteres de ácidos grasos de propilenglicol	84
5.13 Derivados etoxilados de monoglicéridos	86

5.14	Ésteres de ácidos grasos de sorbitán	86
5.15	Derivados misceláneos	89
5.15.1	Ésteres de sacarosa	89
5.16	Criterios para la selección del emulsificante	91
5.16.1	Balance Hidrofílico-Lipofílico (HLB)	92
5.16.2	Limitaciones del valor HLB	95
5.17	Emulsificantes utilizados en la elaboración de salsas.....	96
5.17.1	Ésteres de sacarosa	96
5.17.2	Lecitina	96
5.17.3	Mono y diglicéridos	98
CAPÍTULO 6. FACTORES INVOLUCRADOS EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MOLE EN PASTA.....		99
6.1	Estabilización por material particulado	100
6.2	Estabilización por viscosidad	100
6.3	Estabilización por uso de emulsificantes	101
6.4	Influencia del pH y microorganismos	102
6.5	Empaque	103
CONCLUSIONES		103
BIBLIOGRAFÍA		104
ANEXO.....		110
Tabla 2. Especificaciones Microbiológicas de Mole en sus tres diferentes variedades		110
Tabla 4. Especificaciones de calidad para los chiles secos de primera calidad		110
Imagen 1. Chile Ancho		112
Imagen 2. Chile Mulato		113
Imagen 3. Chile Pasilla.....		114

INTRODUCCIÓN

Para entender al pueblo mexicano es necesario conocer su cultura, sus tradiciones y por supuesto disfrutar de su amplísima y afamada cocina. Disfrutar de la gastronomía mexicana es adentrarse en el complejo tejido que conforma su identidad cultural que ha hecho de sus costumbres y de sus tradiciones una forma de vida única que nos caracteriza.

Dentro de esa inmensa gama de platillos que conforman la riqueza gastronómica de nuestro país están los moles, que sin duda son de los platillos más representativos y reconocidos mundialmente de nuestra cocina y que coronan a la Gastronomía de México como la segunda más popular en el mundo solamente debajo de la Cocina Italiana.

El mole es un producto que posee un pasado prehispánico, y cuyo nombre viene del náhuatl *mulli* que significa salsa.

Las salsas pueden ser definidas como un rango de productos alimenticios líquidos o semisólidos, los cuales pueden adicionarse a los alimentos, para alterar o mejorar la percepción sensorial de ese alimento, por la adición de un sabor más rico y/o mejorar la sensación en la boca (Man, C. & Jones, A. 1994).

Gran parte del atractivo tanto cultural como gastronómico del mole en pasta es la gran diversidad de sus ingredientes y la enorme complejidad de poder mantenerlos de manera estable y evitando que se presente una característica, pero a la vez, desagradable separación de sus fases.

El problema de estabilidad que presenta el mole en pasta, es debido al alto contenido graso que considera la receta original y que tiende a volverse muy inestable durante su manejo, almacenamiento y distribución.

OBJETIVOS

1. Revisar el fundamento y las propiedades que los agentes emulsificantes poseen para poder estabilizar sistemas alimentarios con fases inmiscibles entre sí, con objeto de llevar cabo la correcta selección de el(los) emulsificante(s) idóneos para esta aplicación.
2. Recomendar algunas alternativas para lograr estabilizar el mole en pasta, mediante el uso y aplicación de algunos emulsificantes que permitan obtener un producto con una apariencia homogénea y sobretodo que logren evitar que esta separación tan característica de la fase oleosa en el producto sea inminente.
3. Predecir desde el punto de vista cualitativo cuál podría ser el comportamiento y desempeño de los emulsificantes elegidos para esta aplicación en particular, de tal manera que retrasen al máximo la separación de la fase oleosa del resto de los demás sólidos e ingredientes.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

El uso de emulsificantes en el mole en pasta ayuda a prevenir o retardar la separación de la fase oleosa, del resto de los ingredientes, con lo cual aumenta la estabilidad y vida de anaquel del producto.

CAPÍTULO 1. EL MOLE Y SUS CARACTERÍSTICAS

1.1 El mole como símbolo representativo de México

El mole es uno de los platillos más representativos de nuestra mexicanidad, en especial para las grandes celebraciones. El origen del mole se remonta a los conventos poblanos de la colonia, en donde se fortaleció y perfeccionó el arte culinario mexicano. Es ahí en donde se agasajaba frecuentemente a las grandes personalidades civiles y religiosas del virreinato. El mole fue el resultado de un lento proceso culinario, iniciado desde la época prehispánica y perfeccionado así en la colonia, cuando la cocina mexicana se enriqueció con elementos asiáticos y europeos. Al existir una cocina prehispánica rica, con la llegada de los españoles llegó el mestizaje gastronómico.

En la República Mexicana, uno de los estados con una increíble riqueza cultural, arquitectónica y gastronómica es Puebla, que está reconocido como representativo del estilo barroco en el mundo, y de donde es originario el más barroco y famoso de todos sus platillos: el Mole Poblano.

Cuatro aspectos permiten determinar la trascendencia del mole en los hábitos de consumo (Ramírez, A. B, 2002):

1. El mole es un platillo clasificado como típico mexicano, por lo que su preparación y consumo se da en ocasiones especiales como en fiestas o eventos que tengan como finalidad un acontecimiento importante.
2. La forma de elaborarlo, generalmente, sólo la conocen personas con arraigo a las culturas y tradiciones de una comunidad, por lo que a menudo es conveniente disfrutarlo en establecimientos fijos

en donde se puede encontrar listo para degustarse o bien como un producto semi-preparado el cual puede adquirirse en establecimientos comerciales, siempre y cuando su contenido se aproxime al de la preparación cotidiana.

3. El mole forma parte de la cultura de los mexicanos, por lo que, su consumo se da, por el arraigo, no importando el lugar en el cual se encuentren dichas personas.
4. Por considerarse un platillo laborioso, es decir, que su elaboración requiere de procesos que demandan un esmerado cuidado y de tiempo, su consumo es un tanto espaciado, por lo que si se ofrece un producto preparado, las personas podrán comerlo de una manera más frecuente.

1.2 Definición de mole

Para la elaboración del mole no existe una norma oficial, sin embargo, existe una norma técnica a tomarse en cuenta. En este caso, el mole cuenta con la Norma Mexicana NMX-F-422-1982.

La cual define al mole como:

Producto alimenticio de color y aspecto variable según su composición, que contiene como ingredientes básicos, chiles, agua, (para tipo III), aceites y/o grasas comestibles, harinas, féculas, almidones, sal, especias, condimentos, otros ingredientes opcionales y aditivos autorizados por la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

Su denominación debe estar de acuerdo con la fórmula de composición y con el lugar geográfico de la región de origen cuando esto proceda.

Dentro de los ingredientes opcionales se encuentran: Semillas de chile, chocolate, cacao, cacahuate, pasas, almendras, avellanas, nueces,

azúcar, pan blanco, tortillas, tostadas, caldo o consomé, jitomate, plátano macho, entre otros.

Y dentro de los condimentos y especias se encuentran: Ajo, cebolla, nuez moscada, pimienta, clavo, comino, anís, semilla de ajonjolí, semilla de cilantro, canela, hierbas de olor y otros autorizados por la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

De acuerdo con su estado físico y presentación; el mole se clasifica en tres tipos con un sólo grado de calidad, designándose como mole y sus diferentes variedades.

1.2.1 Clasificación:

Tipo I: Mole en Polvo Granulado o Comprimido

Tipo II: Mole en Pasta

Tipo III: Mole Líquido

Para este caso, el mole se clasifica como tipo II: Mole en pasta.

Por ser el mole un producto alimenticio destinado para el consumo humano, debe contar con una serie de características que garanticen que el producto está en buenas condiciones. La NMX-F-422-1982 establece lo siguiente:

1.3 Especificaciones

Los moles y sus variedades en sus tres tipos y con único grado de calidad, deben cumplir con las especificaciones que se indican a continuación:

1.3.1 Físicas y Químicas

Los moles y sus variedades deben cumplir con las especificaciones físicas y químicas anotadas en la tabla 1.

Tabla 1. Especificaciones Fisicoquímicas de Mole en sus tres diferentes variedades

Especificaciones	Tipo I		Tipo II		Tipo III	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Humedad (%)	-	8	-	8	-	85
Cenizas (%)	-	11	-	11	-	3
Proteínas (%)	8	-	5	-	1.2	-
Fibra Cruda (%)	-	15	-	8	-	3.5
Extracto Etéreo (%)	10	-	-	4.5	2	-
pH	-	-	-	6.5	4.5	5.5

1.3.2 Microbiológicas

El producto objeto de esta Norma debe cumplir con las especificaciones microbiológicas que se indican en la tabla 2 (ver Anexo).

1.3.3 Materia extraña objetable

El producto objeto de esta Norma no debe exceder las tolerancias expresadas a continuación:

Promedio de 25 insectos/25 g, 100 fragmentos de insecto por 25 g de muestra, promedio de 10 pelos de roedor por 25 g de muestra.

NOTA: El promedio se refiere a la determinación en cinco muestras por cada lote.

1.3.4 Sensoriales

- Consistencia:

Tipo II: Pasta semisólida de suavidad homogénea.

- Color: De acuerdo a la variedad
- Aroma: Característico de la variedad que se trate y no debe presentar signo de rancidez u otro olor extraño.
- Sabor: Característico según la variedad de que se trate y no presentar ningún sabor extraño.

CAPÍTULO 2. RECETAS DE MOLE ROJO



El mole tiene un sabor suavemente dulce que aparece al fondo del paladar, después de haberse impuesto sobre otros muchos sabores muy

curiosos y únicos. Su elaboración no se refiere a seguir solamente una receta, sino a la integración de muy diversas recetas entre sí.

La variedad de moles que ofrece nuestro país se enriquece en cada uno de los estados de nuestra República, que cuentan con más de una variedad de este guiso.

Existen muchas recetas, incluso, podríamos decir que cada familia tiene una propia. Los detalles son tantos que cualquier cambio, ya sea en sus ingredientes o en las técnicas de preparación, determina variaciones en el sabor, color y aroma del platillo.

El común denominador de los moles es: chiles secos, frutas, verduras (jitomate incluido), especias, hierbas y semillas. La relación entre las proporciones de estos ingredientes definirá el carácter al mole, el cual puede llevar hasta 26 ingredientes: uno con mayor proporción de frutas dará tonos más dulces ligeramente ácidos y frescos, por el contrario otro con más granos y chiles otorgará mayor textura y fuerza expresiva, mientras que moles donde predominen hierbas y hortalizas darán una salsa con tonos herbales, como es el caso del mole verde.

Se buscaron recetas de mole rojo, pero cabe destacar que existe una amplia variedad de moles (negro, rojo, amarillo, verde, almendrado, poblano, coloradito, etc.).

Finalmente, se eligió el mole rojo debido a que es el tipo de mole ya envasado que existe en el mercado, lo cual es de gran utilidad ya que a partir de marcas comerciales se pueden conocer ciertas características como lo es el porcentaje de grasa en el producto.

Las siguientes son las recetas que se encontraron de mole rojo:

2.1 Receta 1 (DIFEM, 2007).

2.1.1 Ingredientes

100 g de chile pasilla limpio, desvenado y lavado
100 g de chile mulato limpio, desvenado y lavado
1 L de agua caliente
2 dientes de ajo enteros
½ cebolla mediana en trozos
4 cucharaditas de aceite vegetal
½ taza de ajonjolí tostado
½ taza de cacahuate natural pelado
¼ kg de tortillas cortadas en 4 partes y fritas
½ bolillo rebanado y frito
2 clavos de olor
2 pimientas gordas
½ tablilla de chocolate
1 rajita de canela
7 pasitas
6 almendras
1 taza de agua
Sal (la mínima necesaria)

2.1.2 Procedimiento de elaboración

1. Asar los chiles y remojar en agua caliente hasta que estén suaves, sacar y licuar con ajo y cebolla.
2. Calentar un poco de aceite y freír el ajonjolí y los cacahuates, sacar. Reservar.

3. Licuar con una taza de agua el ajonjolí, cacahuates, tortilla, pan, clavos de olor, pimienta, chocolate, canela, pasas y almendras, si es necesario, poner un poco más de agua hasta obtener una pasta tersa, pero espesa.
4. En una cazuela grande calentar un poco de aceite y sofreír las especias licuadas, posteriormente añadir el chile licuado, mover hasta integrar todo muy bien, cocinar hasta hervir, sazonar al gusto, cocinar cinco minutos más.

2.2 Receta 2 (Fuente electrónica 1, ver Bibliografía).

2.2.1 Ingredientes

2 chiles anchos
½ cebolla mediana
1 jitomate chico partido en cuatro partes
½ bolillo mediano
1 rajita de canela
3 pimientas
2 pimentones
4 clavos
4 almendras
6 cacahuates
½ plátano mediano
1 puñito de pasas
2 cucharadas de ajonjolí
¼ chocolate en barra
Aceite

2.2.2 Procedimiento de elaboración

Abrir los chiles, quitar las venas y semillas. Ponerlos a dorar en un poco de aceite caliente, escurrirlos y colocarlos en el caldo de pollo que se apartó. Enseguida freír en el mismo aceite el trozo de bolillo, escurrir y colocar junto con los chiles. Hacer este procedimiento pero con la canela, los clavos, la pimienta, el pimentón, el plátano, los cacahuates, las almendras, las pasas, el ajonjolí, la cebolla y el jitomate, todo por separado. En el caldo donde se tienen todas las especias y demás ingredientes colocar el trozo de chocolate. Cuando el chocolate esté suave, moler todo en la licuadora y guisar en una cacerola honda con un poco de aceite, se debe mover constantemente para evitar que se pegue. Revisar la espesura del mole, si está muy espeso se debe agregar un poco más de caldo, revisar cómo está de sal y si es necesario agregar al gusto. Dejar hervir por cinco minutos.

2.3 Receta 3 (Fuente electrónica 2, ver Bibliografía).

2.3.1 Ingredientes

8 chiles mulatos limpios y sin semillas (hidratados)
5 chiles anchos limpios y sin semillas (hidratados)
6 chiles cascabel limpios y sin semillas (hidratados)
1/2 taza de manteca de puerco
1 ½ L de caldo de pollo
2 tomates asados sin piel
3 dientes de ajo sin piel asados
4 clavos de olor
1 raja chica de canela
10 pimientas gordas

7 cucharadas de ajonjolí tostado
1/3 taza de semillas de calabaza
3 rebanadas de pan seco y tostado
45 gramos de tableta de chocolate en trozos pequeños
1 hoja de aguacate fresca o seca
Sal al gusto

2.3.2 Procedimiento de elaboración

Licuar los chiles en el agua donde se hidrataron previamente hasta formar un puré. En una cazuela de barro colocar la mitad de la manteca para freír los chiles a fuego medio durante 15 minutos, mover constantemente para evitar que se peguen, retirar del calor y reservar.

Licuar en dos tazas del caldo de pollo los tomates y el ajo, reservar. Moler hasta formar un polvo: los clavos, la canela, las pimientos gordas y las 7 cucharadas de ajonjolí. En otra cazuela se pone el resto de la manteca de cerdo para freír las semillas de calabaza y el pan, retirar el exceso de grasa y con una taza de caldo de pollo licuar hasta formar una pasta espesa y ligeramente tersa.

En una cazuela colocar el puré de los chiles, la mezcla de los tomates y las dos pastas del resto de los condimentos, cocinar durante 20 minutos aproximadamente, mover constantemente a fuego bajo, añadir el chocolate, el resto del caldo de pollo y la hoja de aguacate (para sazonar).

2.4 Receta 4 (Fuente electrónica 3, ver Bibliografía).

2.4.1 Ingredientes

400 g de chile ancho desvenado

200 g de chile pasilla desvenado

200 g de chile mulato desvenado

100 g de cacahuete

100 g de almendra

100g de nuez

50 g de uva pasa

50 g de ajonjolí

8 clavos ≈ 0.5271 g

12 pimientas bola ≈ 0.5679 g

$\frac{1}{4}$ taza de azúcar ≈ 160 g

1 barra de chocolate = 90 g

1 raja pequeña de canela ≈ 2.8465 g

1 bolillo ≈ 60 g

$\frac{1}{2}$ cebolla ≈ 105 g

2 ajos grandes ≈ 10 g

Sal al gusto

Aceite el necesario

$\frac{1}{2}$ L de caldo

2.4.2 Procedimiento de elaboración

En un sartén agregar aceite y freír ahí los chiles sólo unos instantes (no mucho o se amargan). Después la cebolla y el ajo. Poner a hervir lo anterior en un litro de agua junto con la nuez, ajonjolí, canela, pasas, almendra, cacahuete, pimienta, clavos y bolillo durante 10 minutos. Dejar enfriar y licuar.

Una vez licuado, freír con un poco de aceite, agregar azúcar, sal, chocolate y un poco de caldo, dejar hervir.

2.5 Receta 5 (Fuente electrónica 4, ver Bibliografía).

2.5.1 Ingredientes

1 kg de chile mulato (es un chile seco de color negruzco y de sabor un poco dulce).

125 g de almendras

125 g de nueces

125 g de avellanas peladas

125 g de piñones

125 g de cacahuates

125 g de pepitas de calabaza peladas

250 g de uvas pasas

250 g de ajonjolí o sésamo

50 g de canela molida

10 bolitas de pimienta negra

10 semillas de chile mulato

1 manojo de hierbas de olor: mejorana, tomillo y laurel

1 kg plátano macho

- 1 paquete de galletas María
- 1 paquete de galletas ricas (deliciosas)
- 2 panecillos con sal
- 1 pizca de semillas de girasol peladas
- 1 pizca de cada uno: Comino, anís, clavo, cilantro

2.5.2 Procedimiento de elaboración

Todos esos ingredientes se muelen en un molino de chiles hasta que quede una masa espesa de textura fina.

Esta masa se disuelve en caldo de pollo hasta que quede de consistencia parecida al chocolate derretido, espeso.

2.6 Receta 6 (Fuente electrónica 5, ver Bibliografía).

2.6.1 Ingredientes

- 6 chiles anchos secos
- 6 chiles guajillos
- 3-5 tomates grandes maduros y jugosos
- ¼ de cucharadita de clavo molido
- ¼ de cucharadita de pimienta de Jamaica molida
- 85 g de semillas de sésamo tostadas
- 1 plátano o banana grande y maduro, pelado y troceado
- 3 cucharadas de aceite vegetal
- 3 cucharadas de hierba santa, o una mezcla picada de menta, orégano y cilantro frescos
- 1 rama de canela

2.6.2 Procedimiento de elaboración

Saltear los chiles en una sartén de base gruesa sin engrasar hasta que cambien de color. Pasarlos a un cuenco y llenarlo con agua hirviendo. Tapar y dejar entre 20 y 30 minutos para que se ablanden. Dorar la base de los tomates en la sartén, y después chamuscar la parte superior. Dejarlos enfriar.

Cuando los chiles estén blandos, retirar el rabillo y las semillas y triturar con un poco de líquido.

Añadir los tomates, el clavo, la pimienta de Jamaica, 2/3 partes de las semillas de sésamo y el plátano, y preparar un puré.

Calentar el aceite en una cazuela, y cocer el puré durante 10 minutos.

2.7 Receta 7 (Fuente electrónica 6, ver Bibliografía).

2.7.1 Ingredientes

1 cebolla finamente picada

2 dientes de ajo finamente picados

8 cucharadas de aceite de maíz

¼ kg de chile mulato

¼ kg de chile pasilla

¼ kg de chile guajillo

300 g de piñones

50 g de avellanas

50 g de ajonjolí

50 g de nueces

100 g de pasitas

100 g de pepita de calabaza

1 raja de canela

2.7.2 Procedimiento de elaboración

Desvenar y despepitar (se apartan unas pepitas) los chiles, poner a remojar durante 15 minutos en agua muy caliente. Licuar con un poco de agua de remojo y colar.

En una cazuela poner a calentar 6 cucharadas de aceite y añadir la cebolla y los ajos, freír hasta que tomen un color tabaco oscuro y retirar del aceite con una cuchara perforada. En ese mismo aceite poner los chiles colados, sofreír hasta que espesen, añadir el caldo y dejar hervir unos minutos.

En las 3 cucharadas de aceite sobrantes freír todas las nueces, el ajonjolí, las pasitas, semillas de chile al gusto y la raja de canela, después licuar con un poco de caldo y añadir al guiso anterior. Dejar hervir todo a fuego lento durante unos 15 minutos.

2.8 Receta 8 (Fuente electrónica 7, ver Bibliografía).

2.8.1 Ingredientes

200 g de chile mulato
200 g de chile ancho
100 g de chile pasilla
100 g de almendras
100 g de pasas
10 granos chicos de pimienta
2 tomates verdes
6 clavos de olor
1 cebolla
5 dientes de ajo
4 tiras de canela

100 g de ajonjolí
100 g de semilla de los chiles
½ bolillo y 1 tortilla del día anterior
2 tablillas de chocolate
200 g de manteca
3 cucharadas de azúcar
Sal

2.8.2 Procedimiento de elaboración

Freír en manteca los chiles desvenados y los demás ingredientes, menos el ajonjolí, el azúcar y el chocolate. Una vez fritos, molerlos perfectamente.

Freír en bastante manteca caliente, y agregar el chocolate, cuando éste se haya derretido y el mole esté bien refrito, añadir el caldo necesario hasta obtener una salsa de la consistencia deseada.

Continuar cocinando a fuego lento, remover continuamente para evitar que se pegue.

2.9 Receta 9 (Fuente electrónica 8, ver Bibliografía).

2.9.1 Ingredientes

100 g de Chile mulato seco
100 g de Chile pasilla seco
100 g de Chile ancho seco
350 g de Manteca de cerdo
2 Dientes de ajo ≈ 10 g
2 Cebollas ≈ 420 g
4 Tortillas ≈ 100 g

1 Bolillo \approx 60 g
70 g de Pasas
70 g de Almendras
Pepitas de chile
70 g de ajonjolí
 $\frac{1}{2}$ cucharada de semillas de anís
3 Clavos de olor \approx 0.1978 g
6 Pimientas negras \approx 0.2840 g
70 g Chocolate amargo
2 jitomates picados en cubos \approx 180 g
3 Rajas de canela \approx 8.54 g
Sal
Azúcar \approx 160 g
Caldo de pollo

2.9.2 Procedimiento de elaboración

Despepitar los chiles.

Calentar $\frac{2}{3}$ de la manteca, pasar los chiles, retirar y colocarlos en una olla con agua caliente para suavizarlos.

Acitronar ajo, cebolla, tortillas, pan, pasas, clavo, canela, pimientas, chocolate y jitomate en la manteca donde se pasaron los chiles.

Agregar los chiles escurridos, freír, moler en la licuadora con el caldo de pollo y colar.

Calentar el resto de la manteca en una cazuela de barro, añadir la salsa y hervir por 15 minutos.

Sazonar con sal, rectificar consistencia y cocer 20 minutos más.

2.10 Receta 10

2.10.1 Ingredientes

240 g de chile mulato (ya descolado pesó 170 g)

240 g de chile pasilla (ya descolado pesó 170 g)

8 clavos

8 pimientas negras

5 g de comino

10 g de canela

1 ½ cebolla (160 g)

5 ajos (20 g)

110 g de almendra

70 g de avellana

90 g de nuez

250 g de cacahuete pelado

250 g de pasas

480 g de ajonjolí

1 plátano macho (190 g)

180 g de chocolate Abuelita®

8 tortillas (se pueden sustituir cuatro tortillas por un bolillo)

100 g de galleta de animalito

Aceite (se utilizaron 130 g para freír la cebolla, ajo, almendra, avellana, nuez, cacahuete, pasas, plátano macho y las tortillas)

½ cucharadita de sal

2.10.2 Procedimiento de elaboración

Limpiar y descolar los chiles mulato y pasilla.

Freír por separado los frutos secos, la cebolla con los ajos, el plátano macho y las tortillas.

Moler, primero sólo los chiles, después se muelen los chiles junto con los ingredientes anteriores además del chocolate, especias, galletas, sal. Pasar en total dos veces por el molino.

La cantidad de mole en polvo obtenida después de la molienda fue de 2.560 kg.

El contenido de sodio declarado en las etiquetas de las marcas comerciales se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3 Contenido de sodio (mg) en diferentes marcas comerciales de mole rojo en pasta

Marca del Mole	Contenido de sodio (mg) en 100 g de producto
"Doña María"	1433.4
"La Costeña"	941.2
"Soriana"	816.7
"Don Pancho"	680.0
"El Mero Mole"	816.7
"Doña Lupe"	1275.0
"Great Value"	816.7

Cuadro 1 Comparación en cuanto a los ingredientes de las diez recetas de mole rojo:

Ingrediente	Receta 1	Receta 2	Receta 3	Receta 4	Receta 5	Receta 6	Receta 7	Receta 8	Receta 9	Receta 10
Chile pasilla	X	-	-	X	-	-	X	X	X	X
Chile ancho	-	X	X	X	-	X	-	X	X	-
Chile mulato	X	-	X	X	X	-	X	X	X	X
Chile cascabel	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
Chile guajillo	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-
Ajo	X	-	X	X	-	-	X	X	X	X
Cebolla	X	X	-	X	-	-	X	X	X	X
Jitomate	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-
Tomate	-	-	X	-	-	X	-	X	-	-
Plátano macho	-	X	-	-	X	X	-	-	-	X
Aceite vegetal	X	X	-	X	-	X	X	-	-	X
Manteca de cerdo	-	-	X	-	-	-	-	X	X	-
Ajonjolí	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Semillas de calabaza	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-
Semillas de girasol	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
Semillas de chiles	-	-	-	-	X	-	-	X	X	-
Cacahuete	X	X	-	X	X	-	-	-	-	X
Almendra	X	X	-	X	X	-	-	X	X	X
Nuez	-	-	-	X	X	-	X	-	-	X

Avellana	-	-	-	-	X	-	X	-	-	X
Piñón	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-
Pasas	X	X	-	-	-	-	X	X	X	X
Uva pasa	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-
Tortilla	X	-	-	-	-	-	-	X	X	X
Bolillo	X	X	X	X	-	-	-	X	X	-
Galletas María®	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
Galletas Deliciosas®	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
Galletas Animalito	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
Clavo	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X
Pimienta Negra	X	X	X	X	X	X	-	-	X	X
Pimentón	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
Comino	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X
Canela	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Anís	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-
Cilantro	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
Hoja de aguacate	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
Hoja santa	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-
Hierbas de olor (mejorana, tomillo y laurel)	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
Chocolate	X	X	X	X	-	-	-	X	X	X
Azúcar	-	-	-	X	-	-	-	X	X	-
Sal	X	-	X	X	-	-	-	X	X	X
Agua	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-

X=Ingrediente presente en la receta
-= Ingrediente que no está presente en la receta

Como se observa en el cuadro anterior, a pesar de que se trata de mole rojo, existe una variación en los ingredientes empleados, presentando en la mayoría de las recetas: chile pasilla, chile mulato, chile ancho, ajo, cebolla, aceite vegetal, almendra, pasas, bolillo, clavo, pimienta negra, chocolate y sal. El uso de ajonjolí y canela es común en todas las recetas analizadas. En cuanto a los ingredientes restantes éstos varían de una receta a otra.

Cuadro 2 Comparación en cuanto a los ingredientes en 6 marcas comerciales de mole en pasta:

Ingrediente	Mole "Doña María"	Mole "La Costeña"	Mole "Soriana"	Mole "Don Pancho"	Mole "El mero mole"	Mole "Doña Lupe"	Mole Poblano "Great Value"
Chile pasilla	X	X	-	-	-	-	-
Chile ancho	X	X	-	-	-	X	-
Chile mulato	-	X	-	-	-	-	-
Chile mora	-	X	-	-	-	-	-
Chile puya	-	-	-	-	-	X	-
Chiles secos*	-	-	X	X	X	-	X
Aceite de soya	X	X	-	-	-	-	-
Aceite vegetal	-	-	X	X	X	X	X
Ajo	-	-	-	X	-	X	-
Cebolla	-	-	X	-	X	X	X

Plátano	-	-	X	-	X	-	X
Galleta	X	X	X	X	X	-	X
Tortilla	-	-	-	X	-	-	-
Pan tostado	-	-	-	-	-	X	-
Semilla de calabaza	-	X	-	X	-	-	-
Ajonjolí	X	X	X	X	X	X	X
Cacahuete	X	X	X	X	X	X	X
Pasas	-	-	-	X	-	-	-
Azúcar	X	X	X	X	X	X	X
Especias*	X	X	X	X	X	X	X
Jengibre	-	-	-	X	-	-	-
Hoja santa	-	-	-	X	-	-	-
Hoja de aguacate	-	-	-	X	-	-	-
Chocolate	-	-	X	-	X	X	X
Cocoa	X	X	-	X	-	-	-
Sal yodada	X	X	X	X	X	X	X
Colorante caramelo	X	-	-	X	-	X	-
Colorante azul 2, rojo 40, amarillo 5 y amarillo 6	-	-	-	X	-	-	-
Inosinato de sodio	X	-	-	-	-	-	-
Benzoato de sodio	-	-	X	-	X	X	X

Goma xantana	-	-	-	X	-	-	-
Goma arábica	-	-	-	X	-	-	-
Monoestearato de glicerilo	-	-	-	X	-	-	-
Monoestearato de sorbitán	-	-	-	X	-	-	-
Sabor artificial	-	-	-	-	-	X	-

X=Ingrediente declarado en la etiqueta

-= Ingrediente que no está presente en la etiqueta

*****=No se especifica qué tipo de chiles u especias contiene

Como se observa en el cuadro anterior los moles comerciales incluyen aditivos alimentarios (conservadores, potenciadores de sabor, emulsificantes, colorantes, saborizantes, gomas) en sus etiquetas, esto para aumentar la estabilidad y conservación del producto.

En cuanto a los ingredientes todas las marcas analizadas contienen aceite vegetal, ajonjolí, cacahuete, azúcar, especias (no se especifica cuáles) y sal yodada. Es decir, son formulaciones muy bien resguardadas por lo que no van a declarar la totalidad de sus componentes, en algunos casos ni siquiera se menciona el tipo de chiles empleados.

CAPÍTULO 3. CARACTERÍSTICAS DE LOS INGREDIENTES

Las materias primas deben ser manipuladas de acuerdo a las Buenas Prácticas de Manufactura y si es necesario, algunos ingredientes sensibles deben ser descontaminados antes de su uso. Debido a la larga vida de anaquel de los productos de este grupo (salsas), la calidad de las materias primas es crucial (Man, C. & Jones, A., 1994).

Considerando a las recetas más representativas (4, 9 y 10) para la elaboración de mole rojo, de acuerdo a lo investigado anteriormente, los ingredientes a utilizar son los que se describen a continuación:

3.1 Chiles secos

Chiles secos (deshidratados) enteros. Con base en la formulación, los chiles a emplear son chile pasilla, mulato y ancho.

3.1.1 Definición

De acuerdo con la NMX-FF-107/1-SCFI-2006, los chiles secos se definen como:

Fruto de la planta cultivada *Capsicum annuum* perteneciente a la familia de las Solanáceas que ha pasado por un proceso de deshidratado (proceso de pérdida de agua por medios naturales o artificiales). Dicho fruto presenta formas, tamaños, colores, sabores y pungencia característicos de acuerdo a los tipos descritos en la presente norma.

3.1.2 Chile ancho

Los frutos son de forma cónica, con tamaños que varían de longitud y ancho. La base de inserción del pedúnculo puede ser plana o con cajete; el cuerpo es aplanado, generalmente; el ápice es puntiagudo o chato y presenta de dos a cuatro lóculos. Su producción como chile seco se logra en su mayor parte al deshidratar artificialmente los frutos, aunque una parte importante de este tipo de chiles es comercializado en fresco.

3.1.3 Chile mulato

De distribución similar a la del chile ancho, tiene la misma variación de hábito de crecimiento y forma del fruto pero generalmente menos picante. La diferencia básica con el chile ancho es el color café oscuro en fruto sazón (es el fruto que ha completado su desarrollo y ha experimentado el nivel de maduración característico del tipo de chile que le hace apto para el proceso de deshidratado) y café negruzco una vez deshidratado.

3.1.4 Chile pasilla

Es un fruto largo de cuerpo ondulado que termina en un ápice puntiagudo o chato; presenta de dos a tres lóculos. Su producción se destina casi exclusivamente para deshidratarlo con una pequeña cantidad que se consume en fresco.

3.1.5 Clasificación y designación del producto

El chile seco entero, del género *Capsicum* de los tipos: ancho, mulato y pasilla se clasifican en cuatro grados de calidad, en orden descendente:

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

En este caso, los chiles a utilizar se clasifican como de primera calidad. Los cuales deben cumplir con las siguientes especificaciones:

3.1.6 Características sensoriales

En general deben:

- Presentar forma y color característicos.
- Presentar sabor (pungencia ó picor) característico de acuerdo al tipo.
- Presentar fuerte olor característico.
- Estar bien desarrollados, enteros, sanos, limpios, de consistencia firme y textura brillante.
- Provenir de frutos cosechados en el grado de madurez óptimo y con pedúnculo.
- Estar sin humedad exterior anormal.
- Estar libres de pudrición o descomposición.
- Estar libres de insectos, hongos y fragmentos de insectos así como de contaminantes de roedores.
- Estar libres de materia extraña.
- No deben presentar sabor tostado o quemado

En la tabla 4 se muestran las especificaciones sensoriales para los chiles secos (ver Anexo).

3.1.7 Características fisicoquímicas

En cuanto a humedad, los chiles secos deben cumplir con lo siguiente:

Tabla 5 Contenido de humedad en chiles secos

Contenido de humedad % (m/m) máximo	
Ancho	12,5
Mulato	12,5
Pasilla	13,5

En donde m/m= masa/masa
Fuente: NMX-FF-107/1-SCFI-2006

Las imágenes 1, 2 y 3 (ver Anexo) ayudan a establecer físicamente el grado de calidad para cada uno de los chiles secos a utilizar en el mole en pasta.

3.2 Especies, Vegetales, Semillas y otros Ingredientes

“Las especias dan un toque especial a la comida. Es el lujo que debe agregarse a los moles...” (Cuéllar, M. 2010).

En la elaboración de mole en pasta se utilizan varias especias que de acuerdo con la NMX-FF-072-1990 las define como: cualquiera de los diversos productos vegetales naturales aromáticos, sin materia extraña, utilizadas enteras o en polvo para condimentar, dar sabor, aroma y/o color a los alimentos y bebidas. En la elaboración del mole rojo se utilizan las siguientes especias que se mencionan a continuación:

3.2.1 Comino



La Norma Mexicana NMX-F-459-1984 define al comino como al producto obtenido a partir de los frutos de la planta umbelífera de la especie *Cominum cyminum* L., los cuales deben estar sanos y limpios para ser sometidos a procesos de industrialización (limpieza, secado, molido, etc.) para asegurar su calidad y para su posterior envío al mercado.

Esta misma norma clasifica al comino en dos tipos con un solo grado de calidad, designándose como comino:

Tipo I. Comino molido

Tipo II. Comino entero

Para el caso de la elaboración de mole en pasta, el comino a utilizar es de tipo II (comino entero), el cual debe cumplir con las siguientes especificaciones:

En cuanto a las características sensoriales el comino debe presentar lo siguiente:

Color: Verde olivo.

Aroma: Fuertemente aromático, característico.

Sabor: Acre amargo, característico.

Aspecto: De acuerdo al tipo de presentación (entero).

Uno de los principales compuestos químicos que le dan sabor y aroma al comino es el aldehído cumínico.

Con respecto a las especificaciones fisicoquímicas, el comino debe cumplir con lo establecido en la tabla 6.

Tabla 6 Especificaciones fisicoquímicas para el comino

Especificaciones	Mínimo	Máximo
Humedad en %		9.0
Cenizas en %		9.5
Aceites volátiles mg/100 g	2.5	

Fuente: Modificada de la NMX-F-459-1984

De acuerdo con la NMX-F-459-1984, no debe contener microorganismos patógenos, toxinas microbianas e inhibidores microbianos ni otras sustancias tóxicas que puedan afectar la salud del consumidor o

provocar deterioro del producto. Así como estar libre de: fragmentos de insectos, pelos y excretas de roedores, así como de cualquier otra materia extraña. La proporción total de materia extraña, incluida la originada por la misma planta (raíz, tallo, partículas comunes, etc.), no debe exceder del 4 % de producto terminado.

3.2.2 Pimienta gorda



De acuerdo con la Norma Mexicana NMX-FF-063-1987, se entiende como pimienta gorda a la baya cosechada en su estado sazón o madurez fisiológica (cuando presenta un color verde brillante y ha completado su desarrollo, previo al inicio del proceso de maduración, el cual se alcanza durante el proceso de secado) y posteriormente secada al sol, perteneciente a la familia de las Mirtáceas, del género *Pimenta* y especie *officinalis* o *dioica*.

Cabe mencionar que también se conoce a la pimienta gorda como Pimienta de Tabasco, Pimienta de Jamaica, Pimienta "Allspice", Clavo de Pimienta, Especia Inglesa, Especia Nueva, Quatreépice, Pimentón y Malagueta.

La pimienta gorda beneficiada que es el fruto en estado sazón que ha sido sometido a un tratamiento de secado adecuado (expuesto al sol) con el fin de que desarrolle su sabor y aroma. Se clasifica de acuerdo a sus especificaciones en un solo grado de calidad: Calidad México.

Las bayas de pimienta gorda deben cumplir con las siguientes especificaciones sensoriales:

- Haber sido cosechadas en su madurez fisiológica y sometidas a un tratamiento de secado adecuado para desarrollar su sabor y aroma.
- Estar bien desarrolladas, enteras, sanas, limpias y de superficie rugosa característica.
- Ser de olor y sabor aromático y penetrante.
- Estar libres de sabores u olores extraños, incluyendo rancidez o humedad.
- Estar libres de pedúnculo.
- Las bayas deben presentar un color café rojizo o café oscuro.

El tamaño ecuatorial mínimo debe ser de 0.4 cm con un contenido máximo de humedad de 12.10 %.

Es importante mencionar que los principales componentes químicos que brindan el aroma y sabor característico a las bayas de pimienta son el eugenol, metileugenol y cineol.

3.2.3 Clavo de olor



De acuerdo con la Norma Mexicana NMX-F-349-1983 se entiende por "Clavo de especia", al producto obtenido a partir de los botones florales del clavero, de la especie *Caryophyllus aromaticus* L., los cuales son sometidos a un proceso de secado para ser envasados en recipientes sanitarios herméticamente sellados para garantizar su calidad.

El producto se clasifica en dos tipos con un sólo grado de calidad, designándose como "Clavo de especia".

Tipo I Clavo de especia entero.

Tipo II Clavo de especia molido.

En este caso se trata de clavo tipo I, el cual debe cumplir con las siguientes características sensoriales:

Color: Castaño oscuro

Olor: Pungente, aromático y libre de olores extraños

Sabor: Pungente, fresco y libre de sabores extraños

Con un contenido máximo de humedad de 9% y mínimo 14 mg de aceites volátiles por cada 100 g de producto. Los principales compuestos químicos responsables del sabor y olor característico son el eugenol y vainillina.

3.2.4 Canela



Se trata de una planta perteneciente a la familia de las Lauráceas. Su nombre científico es *Cinnamomun zeylanicum* Nees. Conocida comúnmente en México como *canela*, que es un vocablo de origen francés *Canne* (que significa caña o tubo) que en diminutivo se pronuncia *cannelle*, y en su locución española derivó a canela (caña) ya que al obtener la corteza y secarse, forma pequeños tubos, cañas o cánulas de color café claro (Guzmán, P. 2010).

Existen otras especies con amplia distribución como la Canela china (*Cinnamomun casia*) de calidad inferior y sustituto de la primera.

La calidad de la corteza depende de la colocación en la rama. La parte media de la rama constituye canela de primera calidad; las del extremo superior son de segunda y la de la base constituyen la canela de tercera calidad (SIPMA, 2000).

Los compuestos químicos que dan el sabor y olor característicos son el aldehído cinámico y el aldehído benzoico que se encuentran en la corteza.

La calidad de la canela es de primera para el caso de la elaboración del mole rojo en pasta. La cual debe tener como máximo 12% de humedad.

3.2.5 Ajonjolí



De acuerdo con la Norma Mexicana NMX-FF-071-1994, el grano de ajonjolí se define como: la semilla obtenida de la especie *Sesamum indicus* L., de forma ovoide ligeramente achatada en el extremo superior; el color de la semilla de ajonjolí depende de la variedad y va del blanco cremoso al café oscuro y negro.

En el caso de la elaboración del mole rojo en pasta, el ajonjolí debe ser de color blanco cremoso, tener el olor tenue característico de la especie, libre de olores putrefactos o rancidez. Con un 8% de humedad.

El ajonjolí para la alimentación se clasifica en tres grados de calidad:

México 1

México 2

México 3

Siendo de calidad México 1 la empleada en el mole en pasta, el cual debe tener máximo 1% de impurezas y daños, además de un contenido máximo de 1% de ácidos grasos libres.

3.2.6 Ajo



De acuerdo con la Norma Mexicana NMX-FF-018-SCFI-2006 el ajo se define como:

Especie comestible de la planta del género y especie *Allium sativum* L. perteneciente a la familia de las Liliáceas, empacado para su distribución una vez que ha sido secado al grado en que el pseudotallo (tallo), la película exterior de la cabeza y la película que rodea cada diente están completamente secos.

El producto objeto de esta norma se clasifica en las categorías siguientes:

- 1 Categoría Extra
- 2 Categoría Primera
- 3 Categoría comercial
- 4 Categoría industrial
- 5 Categoría no clasificado o de campo

Para este caso, la categoría que le corresponde al ajo es de primera, lo cual quiere decir, cuando el producto presenta la forma, el desarrollo y coloración típicos de la variedad y tiene presencia de defectos menores (sólo es visual cuando un ajo tiene ligeras raspaduras, costras, rozaduras y manchas, siempre y cuando sean superficiales).

Deben ser uniformes en cuanto al grado de madurez, coloración y tamaño.

En cuanto a las especificaciones sensoriales, los ajos deben:

- a) Ser de la misma variedad teniendo características similares de apariencia no debiendo mezclar ajos de colores diferentes.

- b) Estar maduros, sanos y bien curados, presentando una estructura dura y firme y lo suficientemente secos en forma tal que no presenten una apariencia blanca y esponjosa.
- c) Estar compactos, los dientes deben estar unidos en toda la longitud del bulbo, no sueltos ni flojos.
- d) Estar libres de decoloraciones, por aquellas causadas por la exposición al sol, sin daño en los tejidos.
- e) Presentar sabor y olor típicos.
- f) Ser resistentes, que soporten el transporte, el manejo y la distancia a su destino en estado satisfactorio.
- g) Estar libres de quemaduras, sin tejidos blandos debido a la exposición al sol o daño por alta o baja temperatura.
- h) Estar sanos, libres de hongos, insectos y ácaros vivos.
- i) Estar bien desarrollados, los bulbos o dientes deben estar llenos y cubiertos con su membrana exterior, lo que significa que tienen pulpa desarrollada, firme y sin marchitamiento, sin apariencia de ajo tierno.
- j) Presentarse sin brotes (dientes con ausencia de yemas emergiendo).
- k) Presentarse sin raíz y con pseudotallos (tallos) proporcionados, libres de raíz y con los tallos cortados en proporción a su clasificación por tamaño, pudiendo presentar un largo de pseudotallo (tallo) entre 15 mm y 30 mm de longitud.
- l) Estar libres de cortaduras, los bulbos y dientes no deben presentar heridas o rajadas causadas por mal manejo mecánico.
- m) Estar libres de tierra y manchas, no deben estar sucios por tierra, lodo u otro material extraño y no presentar manchas por lluvia o humedad.

3.2.7 Cebolla



De acuerdo con la Norma Mexicana NMX-FF-021-SCFI-2003, la cebolla se define como:

Bulbo de la planta herbácea bianual, de la familia de las Alliaceas, del género *Allium* especie *cepa* L., cuando ha cumplido el primer ciclo de desarrollo y ha entrado en reposo.

Se clasifica en los grados de calidad siguientes: primera, segunda y tercera.

Para este caso, el grado de calidad de la cebolla es de primera. Las cebollas de esta categoría deben ser de calidad superior y presentar la forma, el desarrollo, coloración y brillo típicos o propios de la variedad. No deben tener defectos salvo aquellos superficiales muy leves (causados por picaduras y/o mordeduras), siempre y cuando no afecten el aspecto general del producto, a su calidad, a la conservación o a su presentación; no se admite ningún porcentaje de daño por pudrición.

Con respecto a las especificaciones sensoriales, la cebolla debe cumplir con lo siguiente:

- Estar enteras o divididas pero cubiertas por una capa que las envuelve completamente, bien desarrolladas y presentar un grado de madurez suficiente.
- Ser de consistencia firme.
- Ser de aspecto fresco
- Características similares de variedad.
- Prácticamente ser sanas.
- Sin daños o manchas causadas por heladas.
- Estar exentas de humedad exterior.
- Estar exentas de olor anormal o extraño.
- Presentar un desarrollo o condición que permita soportar el transporte, el manejo y la llegada al consumidor final en estado satisfactorio.
- Presentar un largo del pseudotallo entre 1 cm y 5 cm de longitud y estar preferentemente cerrado.

En la cebolla a utilizar el bulbo debe presentar en su cáscara un color blanco, que cubra como mínimo el 80% de su superficie al momento de su cosecha. El tamaño es grande con diámetro ecuatorial entre 7.1 cm a 9.0 cm.

3.2.8 Uva pasa



La uva pasa más apreciada es la obtenida a partir de variedades sin semilla, de acidez baja y ricas en azúcares. La pasa es uno de los alimentos más energéticos y completos, tiene un contenido en azúcar del 60 al 70%. Gracias a su gran valor nutritivo y a la posibilidad de su conservación en estado natural sin aditivos, las pasas pueden cumplir un papel muy importante en la alimentación humana (Fuente electrónica 9, ver Bibliografía).

En el proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-120-SCFI-2002 la uva pasa se define como el producto obtenido por la deshidratación de la planta del género y especie *Vitis vinífera L.*, para su consumo.

Considerando la Norma del CODEX STAN 67-1981 las uvas pasas:

- 1) Carecerán de pedúnculos.
- 2) Carecerán de pedicelos.
- 3) Podrán remojarse (sin blanquearse) en una solución de lejía alcalina y aceite como auxiliar del secado.
- 4) Sus pepitas podrán quitarse mecánicamente en los tipos que las tienen.
- 5) Su humedad se reducirá a un nivel que asegure la conservación del producto (máximo 19 % para el caso de las uvas pasas sin semilla).
- 6) Podrán recubrirse con uno o más de los ingredientes o azúcares (aceite de pepita de uva y otros aceites vegetales comestibles que permitan que las uvas pasas no se adhieran entre sí).

3.2.9 Nuez



De acuerdo con la Norma Mexicana NMX-FF-084-SCFI-2009 la nuez pecanera se define como: fruto de *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch, producto de la dehiscencia longitudinal de una cápsula de varios carpelos o ruezno, que presenta endocarpio seco y endurecido, con tonalidades de color café variable y pintas negras. Coloquialmente se le designa como "Pecana" o "Pacana".

Para la elaboración del mole en pasta, la nuez debe ser sin cáscara que conforme a la Norma Mexicana NMX-FF-093-SCFI-2011 es aquella a la que se le ha retirado el endocarpio leñoso manualmente o mecánicamente y que puede estar conformada por mitades o por trozos.

El producto debe presentar un contenido de humedad no mayor al 4% así como un color y un tamaño uniforme.

3.2.10 Almendra



El almendro es un árbol frutal de hoja caduca perteneciente a la familia Rosaceae, subfamilia Prunoideae, género *Prunus* y especie *dulcis*. Se caracteriza porque la parte comestible del fruto es la semilla (almendra), la que posee un agradable sabor y gran contenido energético. Requiere clima mediterráneo y suelo de calidad moderada.

La almendra utilizada en la elaboración del mole es entera con cáscara con un contenido de humedad inferior a 7 %.

3.2.11 Cacahuete



La planta de cacahuete (*Arachis hypogaea*) tiene una vida anual, con tallos rastreros y vellosos de entre 25 a 50 cm de altura. Los frutos del cacahuete están envueltos en una cáscara o vaina coriácea que generalmente tiene dos semillas cubiertas de una película delgada, poseen un sabor muy agradable y tienen un alto valor nutritivo (Fuente electrónica 10, ver Bibliografía).

Prácticamente, en México se cultivan dos variedades: Virginia para la producción de aceite, forraje y consumo humano (alta producción), y Español que es fácil de descascarar, se emplea para tostarse o cocerse (COFUPRO, 2002).

En el caso de la elaboración del mole, se utiliza el cacahuete variedad Virginia sin cáscara que tiene las semillas más grandes, se cultiva principalmente en el sudeste de Virginia, el noreste de Carolina del Norte y en la zona Oeste de Texas y representa alrededor del 15% de la producción estadounidense de cacahuete (Fuente electrónica 11, ver Bibliografía).

De acuerdo con la Norma del CODEX STAN 200-1995 los granos de cacahuate deben tener como máximo 9 % de humedad.

3.2.12 Chocolate en tablilla



La Norma Oficial Mexicana NOM-186-SSA1/SCFI-2002 define al chocolate para mesa como al producto homogéneo elaborado a partir de la pasta de cacao, azúcar sin refinar con un tamaño de partícula mayor de 70 micras con la adición de ingredientes opcionales.

El chocolate para mesa, se presenta en el comercio en forma de tablillas individuales o en paquetes, y su color según el tipo será desde un café marcadamente oscuro, hasta otro de color café claro.

De acuerdo con la Norma Mexicana NMX-F-061-1964, el chocolate para mesa se considera de un solo tipo con tres grados de calidad.

A-1 Chocolate amargo.

A-2 Chocolate semi-amargo.

A-3 Chocolate dulce.

En el caso del mole en pasta, el chocolate utilizado es el A-3 (chocolate dulce). El cual debe contener como mínimo 30 % de pasta de cacao, 15

% mínimo de grasa total proveniente del cacao, pudiendo contener también sacarosa y otras sustancias nutritivas, tales como: huevo, además de sustancias aromáticas naturales o sintéticas no perjudiciales, como la vainilla, canela, etc. Con un contenido máximo de humedad de 2 %.

3.2.13 Bolillo



De acuerdo con la Norma Mexicana NMX-F-406-1982, se define al pan blanco bolillo como aquel producto alimenticio elaborado por la cocción por horneado de la masa fermentada, elaborada con harina de trigo, agua potable, sal yodada, levadura y otros ingredientes opcionales y aditivos permitidos para alimentos.

El pan blanco bolillo se clasifica en un sólo tipo y grado de calidad. El cual debe cumplir con las siguientes características sensoriales:

- Aspecto externo: Debe presentar la forma característica (aproximadamente elíptica), con una sajada longitudinal al centro en la parte superior.
- Color exterior: La superficie exterior y la corteza deben presentar un color amarillo rojizo, el cual deberá ser lo más uniforme por el horneado.

- Tipo de corteza: Debe presentar una capa regularmente gruesa y dorada y no debe ser correosa.
- Color de la miga: Debe ser blanco, con un matiz uniforme, sin manchas ni coloraciones.
- Aroma: Debe ser característico, agradable.
- Sabor: Agradable, característico y ligeramente salado, no debe ser ácido.
- Textura:
 - a) La corteza debe presentar una textura firme en forma de costra dorada.
 - b) La miga debe ser suave y esponjosa, característica que adquiere por la formación de gas durante la fermentación, no debe ser seca.

Además de tener como mínimo 16% y como máximo 18% de humedad, en la elaboración del mole se recomienda que el bolillo sea de dos días antes y que se encuentre duro y más seco.

El bolillo no deberá contener otros microorganismos patógenos ni toxinas microbianas que afecten la calidad sanitaria del producto. Además los ingredientes utilizados en la elaboración deben estar exentos de fragmentos, larvas y huevecillos de insectos, pelos y excretas de roedor y partículas metálicas u otros materiales extraños.

3.2.14 Tortilla de maíz



De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-187-SSA1/SCFI-2002, la tortilla se define como: el producto elaborado con masa que puede ser mezclada con ingredientes opcionales, sometido a cocción.

Las tortillas no deben tener más de 50 fragmentos de insectos, no más de un pelo de roedor y estar exentos de insectos enteros y excretas, así como de cualquier otra materia extraña que represente un riesgo a la salud, en 50g de producto. Así como <30 coliformes totales (UFC/g) y un contenido máximo de aflatoxinas de 12 µg/kg de producto.

3.2.15 Aceite vegetal



De acuerdo con la Norma Mexicana NMX-F-223-SCFI-2011 define al aceite vegetal comestible como: aquel que ha sido desodorizado que puede contener uno o más aceites comestibles que se hayan obtenido por extracción por solventes, expresión mecánica o por cualquier otro procedimiento, y en cuya composición predominan triacilgliceroles y que provengan de cualquiera de las siguientes plantas oleaginosas o de sus variedades biotecnológicas aprobadas para alimentación humana: ajonjolí, algodón, cacahuate, canola, cártamo, girasol, maíz, olivo, palma, soya o de cualquier otra oleaginosa aprobada para consumo

humano por la Secretaría de Salud. Los aceites crudos provenientes de estas oleaginosas deberán de refinarse por refinación química o física, pudiendo hacerse la mezcla para obtener el aceite vegetal comestible antes o después de la desodorización.

Para este caso, en la elaboración del mole en pasta se utiliza aceite vegetal de maíz. El cual sólo tiene un tipo y un solo grado de calidad, designándose como "Aceite vegetal comestible".

El cual debe cumplir con las siguientes características sensoriales:

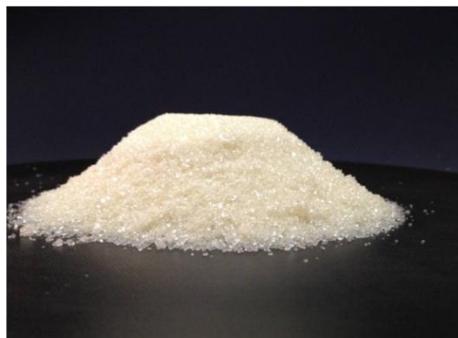
Aroma: Característico, ligero, no desagradable, exento de olores extraños o rancios.

Sabor: Característico, ligero, no desagradable, exento de sabores extraños o rancios.

Apariencia: Líquido transparente y libre de cuerpos extraños a 293 K (20°C).

Además de tener como máximo 2 meq de peróxidos por kg de muestra y como máximo 0.05 % de humedad.

3.2.16 Azúcar estándar



La Norma Mexicana NMX-F-084-2003 define el azúcar estándar como el producto sólido derivado de la caña de azúcar, constituido esencialmente por cristales sueltos de sacarosa, en una concentración mínima de 99.40 % de polarización.

Este tipo de azúcar se obtiene mediante proceso similar al utilizado para producir azúcar crudo (mascabado), aplicando variantes en las etapas de clarificación y centrifugación, con el fin de conseguir la calidad del producto deseada.

El azúcar estándar debe cumplir con las siguientes características sensoriales:

Aspecto: Granulado uniforme

Sabor: Dulce

Color Marfil: Variando el tono del claro al oscuro

Olor: Característico del producto

El contenido máximo de humedad debe ser de 0.06% y no debe contener impurezas (contaminantes físicos de cualquier tipo).

3.2.17 Sal yodada



La NOM-040-SSA1-1993 define a la sal yodada como aquel producto constituido básicamente por el cloruro de sodio adicionado de 30 ± 10 mg/kg de ion yodo, pudiendo utilizar para tal fin yodato o yoduro de potasio o de sodio.

La sal yodada debe ser de color blanco, sin olor y con sabor salado, con un contenido máximo de humedad de 0.3 % además de no contener materia extraña.

En el siguiente cuadro se muestran las características de moles comerciales:

Cuadro 3. Comparación entre diferentes marcas de Mole en Pasta

Marca del Mole	Presentación (vaso de vidrio)	Precio por Kg	Contenido energético en 100 g de producto	Contenido de grasa total (%)	De la cual: Contenido de grasa saturada (%)	Ingredientes declarados en la etiqueta
Mole "Doña María"	235 g	\$ 92.55	2017.06 kJ (482.09 kcal)	34.13	5.12	Aceite de soya, galleta (harina de trigo, salvado de trigo, agua y bicarbonato de sodio), chiles (chile pasilla y chile ancho), ajonjolí, azúcar, cacahuate, sal yodada, colorante caramelo (contiene sulfitos) cacao, especias e inosinato de sodio.
Mole "La Costeña"	235 g	\$ 127.66	1941.18 kJ (463.95 kcal)	29.41	5.88	Aceite de soya, azúcar, galleta, ajonjolí, chile mulato, chile pasilla, cacao, chile ancho, cacahuate, pepita de calabaza, sal, chile mora y especias.

Mole "Soriana"	240 g	\$ 79.33	2266.67 kJ (541.75 kcal)	34.33	4.77	Azúcar, cacahuete, ajonjolí, chiles secos, aceite vegetal, plátano, galleta, cebolla, especias, sal yodada, chocolate y 0.1 % de benzoato de sodio como conservador.
Mole Rojo "Don Pancho"	240 g	\$ 112.50	2433.33 kJ (581.5 kcal)	36.67	3.33	Azúcar, ajonjolí, aceite vegetal, mezcla de chiles, galleta (harina de trigo, azúcar, aceite vegetal parcialmente hidrogenado, jarabe de maíz con alto contenido de fructosa, sal yodada, bicarbonato de sodio, bicarbonato de amonio, saborizante artificial), tortilla, pasas, cacahuete, semilla de calabaza, especias, sal yodada, caramelo clase IV, azul 2, goma xantana, goma arábica, monoestearato de glicerilo, monoestearato de sorbitán, cocoa, ajo, jengibre, hoja santa, hoja de aguacate, rojo 40, amarillo 5 y amarillo 6.

"El Mero Mole" (mole poblano)	240 g		20301.43 kJ (550.06 kcal)	34.33	4.77	Azúcar, cacahuate, ajonjolí, chiles secos, aceite vegetal, plátano, galleta, cebolla, especias, sal yodada, chocolate y 0.1 % de benzoato de sodio como conservador.
Mole "Doña Lupe"	250 g	\$56.00	2029.24 kJ (485 kcal)	45.00	10.00	Chile ancho, azúcar, aceite vegetal comestible, pan tostado, ajonjolí, cacahuate, chile puya, chocolate, color caramelo, sal, especias, cebolla, ajo, benzoato de sodio como conservador y sabor artificial.
Mole estilo Poblano "Great Value"	235 g	\$80.42	2217.13 kJ (529.91 kcal)	32.94	4.51	Azúcar, cacahuate, chiles, ajonjolí, aceite vegetal no hidrogenado, plátano, cebolla, galleta (harina de trigo, azúcar, grasa vegetal emulsificada, sal yodada y saborizantes artificiales), especias, sal yodada, chocolate y 0.1 % de benzoato de sodio como conservador.

El siguiente cuadro muestra la grasa superficial que se observa en algunos de los moles que hay en el mercado:

Cuadro 4 Comparación entre diferentes marcas comerciales de mole rojo en pasta mostrando aceite en la superficie.

MOLE	Presentación vista de frente	Presentación vista detrás mostrando aceite en la superficie
Mole "Doña María"		
Mole "La Costeña"		

**Mole
"Soriana"**



**Mole Rojo
"Don Pancho"**



**"El Mero Mole"
Mole (mole poblano)**



Mole "Doña Lupe"



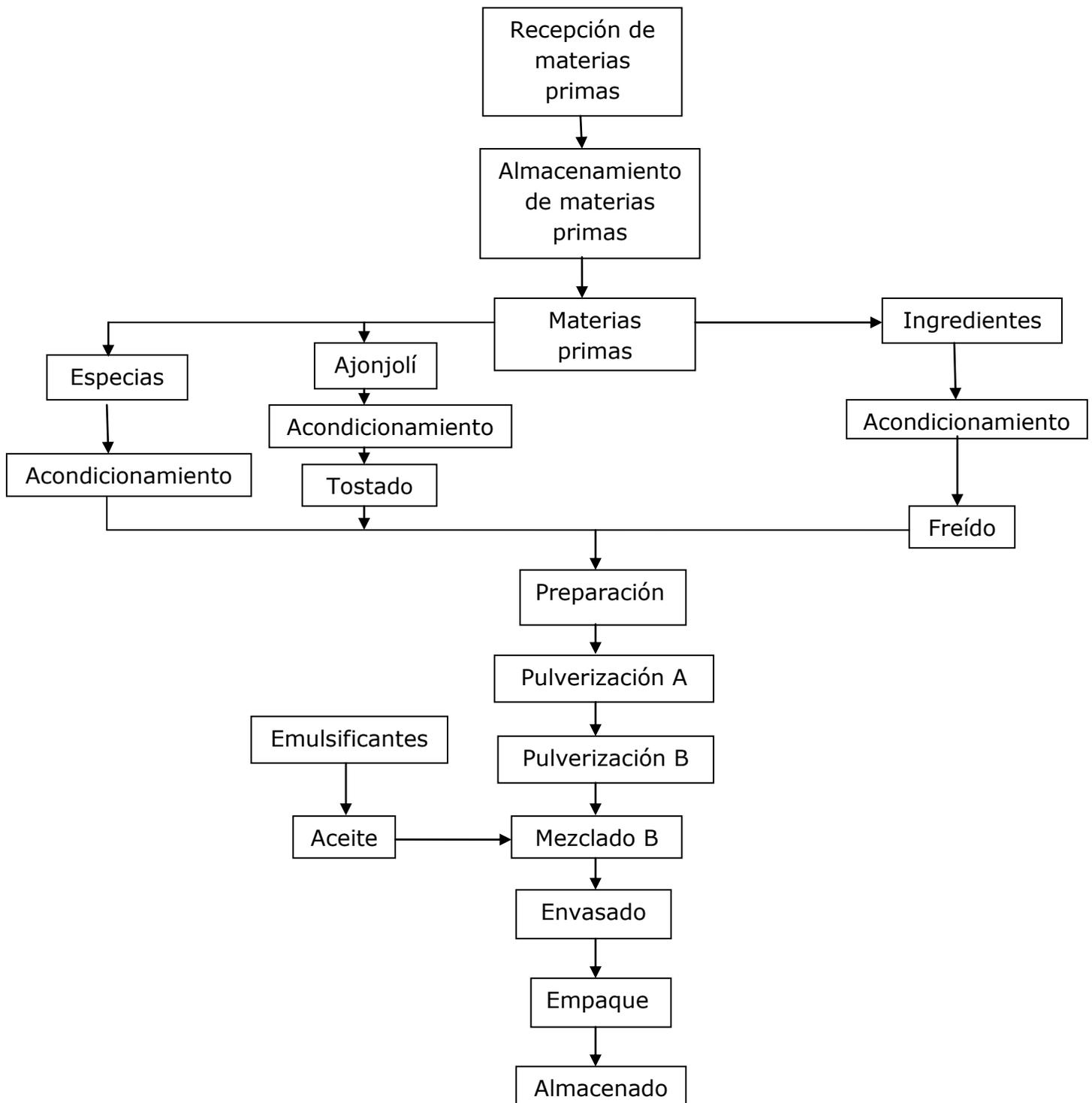
MOLE	Presentación vista de frente	Presentación vista detrás mostrando aceite en la superficie
Mole estilo Poblano "Great Value"		

Del cuadro comparativo anterior, se observa que las marcas comerciales especialmente el Mole La Costeña® y Doña María® presentan un mayor contenido de aceite en la superficie, seguido de Mole Soriana® en comparación con el resto de las marcas que no muestran aceite separado de los demás ingredientes, y esto, a pesar de que el mole La Costeña® tiene el menor contenido de grasa (29.41 %) si se compara con un 45% de grasa para el mole Doña Lupe® que es el mole con el contenido graso mayor y con una ligera separación de las fases. Lo cual sugiere que es necesaria la estabilización en este tipo de producto para evitar la separación de la fase oleosa que se percibe como desagradable.

CAPÍTULO 4. PROCESO DE ELABORACIÓN DE MOLE EN PASTA

El mole tiene entre 20 y 28 ingredientes, dependiendo del tipo y la calidad final que se busque. Los principales chiles son: el mulato, ancho, pasilla, guajillo, morita y cascabel. Por su parte los demás ingredientes son ajonjolí, canela, clavo, pimienta negra, cacahuate, ajo, chocolate, almendra, nuez, avellana, plátano macho, azúcar, semilla de cilantro, comino, galleta, tortilla, cebolla y sal yodada entre otros. Las proporciones de los ingredientes en la preparación determinará el sabor característico que cada productor desea resaltar en su mole. Se entiende entonces, que las recetas sean celosamente cuidadas y sólo se compartan a los sucesores emparentados.

4.1 Diagrama general del proceso de elaboración del mole en pasta



4.2 Descripción del proceso de elaboración del mole en pasta

Para la realización del mole se realiza lo siguiente (modificado de Miñón, M., 2009):

4.2.1 Recepción y acondicionamiento

- Recepción de la materia prima y material de empaque, cumpla con lo que establece la empresa.
- Limpieza de la materia prima, en especial el chile, al cual habrá que quitarle el polvo, la semilla y la vena, lo que se conoce como *descolar el chile*. El análisis de materias primas es una tarea totalmente manual en la cual intervendrá el operario directamente para la limpieza de los materiales.
- A los chiles de primera se les quita la cola y la semilla, y a los chiles de segunda y tercera sólo se les quita la cola.
- Se trituran los chiles acondicionados anteriormente y se almacenan en sacos de 30 kg.
- A los chiles triturados y semilla de chile son llevados a un proceso de sanitización con óxido de etileno, en una empresa certificada.
- Los chiles mulato, pasilla y ancho se acondicionan y son freídos.
- Las especias se acondicionan y el ajonjolí se tuesta a 90 °C.
- La almendra, nuez, pasa, la tortilla y el bolillo se fríen a 280 °C.
- Los productos en polvo y deshidratados son comprados con proveedores seguros, los cuales por lote de producto comprado envían un certificado de análisis.
- Todas las materias primas son almacenadas hasta su uso.

4.2.2 Producción

- El almacén de materia prima surte al área de producción mediante una orden de producción elaborada semanalmente.

- Se tienen tres líneas de producción.
- El área de freído cuenta con tres tolvas de surtido.
- Las líneas de producción cuentan con lo siguiente: la línea 1 tiene dos pulverizadores, la línea 2 tiene tres pulverizadores, la línea 3 tiene dos pulverizadores y 1 desgranulador.
- En el área de freído se prepara la orden para cada línea de producción, incorporando todos los ingredientes en una tolva, la cual por gravedad caen los ingredientes en una mezcladora.
- Los ingredientes son mezclados y bajan por una rampa de acero inoxidable a la tolva del primer pulverizador donde es alimentado por un operario.
- Con ayuda de líneas transportadoras pasa al siguiente (segundo o tercer) pulverizador (en esta etapa se alcanza una temperatura de 80 a 90 °C).
- De igual forma con las líneas transportadoras se lleva el alimento a la segunda mezcladora, en donde: el mole presentación polvo disminuye su temperatura a 30 °C y para el mole en pasta se añade aceite (los emulsificantes a utilizar deben ser disueltos previamente en el aceite antes de agregarlos) para obtener esta presentación.
- El llenado es manual para las dos presentaciones.
- Para el mole en pasta se envasa en botes de plástico (los envases son sanitizados previamente en el área de almacén de material de empaque) o en frascos de vidrio.
- El mole se debe verificar por muestreo, para revisar color, sabor, homogeneidad de la consistencia del mismo. Así mismo se utilizarán los servicios del Laboratorio Químico el cual realizará las pruebas tanto fisicoquímicas como microbiológicas de acuerdo a lo que establece la NMX-F-422-1982.

- El embalaje permitirá poner el producto en condiciones óptimas para transportarlo, al guardarlo en cajas para transportarlo al área de almacén de productos terminados.

4.2.3 Almacenamiento

- El producto se almacena, por fecha de fabricación, de tal manera que se lleve a cabo primeras entradas primeras salidas (PEPS).

*Empleando una temperatura de 280°C; el tiempo de freído para la tortilla y plátano es de 1 y 3 minutos respectivamente. Mientras que para chile pasilla, chile mulato, chile ancho, la nuez y finalmente para la almendra es de 2 minutos.

*El tiempo de tostado (90-95°C) para el ajonjolí es de 2 a 3 minutos, cuidando que éste no se quemé.

4.3 Descripción del producto mole en pasta

NOMBRE DEL PRODUCTO/CATEGORÍA DEL PRODUCTO	MOLE EN PASTA Mole Rojo
PROCESO	Acondicionamiento, freído, molienda, mezclado, envasado
CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DEL PRODUCTO FINAL	Humedad= 1.8 % Densidad= 1.0-1.2 g/mL pH = 3
MERCADO	Al público en general en diferentes presentaciones
USO DEL CONSUMIDOR	Guisado, preparado o sazonado

INSTRUCCIONES ESPECIALES EN ETIQUETA	Consérvase en un lugar fresco y seco
TIPO DE EMPAQUE (EMPAQUE PRIMARIO)	Cubeta de plástico, vaso de vidrio y envase plástico
TIPO DE EMPAQUE (EMPAQUE SECUNDARIO)	Caja de cartón para presentación de envase de vidrio de 240 g y caja de cartón para presentación de 1 kg en envase plástico.
VIDA ÚTIL	12 meses a partir de su elaboración
ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN	En un lugar seco y fresco

Fuente: (Modificado de Miñón, M., 2009).

CAPÍTULO 5. EMULSIFICANTES

El desarrollo de emulsificantes sintéticos ha sido necesario en los productos alimenticios elaborados industrialmente para alargar la vida de anaquel al hacerlos más estables para su distribución a través de los canales del mercado masivo.

El conocimiento detallado de las propiedades fisicoquímicas de las emulsiones se obtiene cuando se usan puros tanto el aceite, agua y los emulsificantes. En cambio, para las emulsiones alimentarias se trata de sistemas complejos.

Los aceites y grasas comerciales son mezclas ricas en triacilglicerol que también contienen pequeñas cantidades de materiales con propiedades de superficie activa, el contenido de sal y el pH en las emulsiones alimentarias varían ampliamente para tener efectos significativos sobre su estabilidad. Los emulsificantes naturales y comerciales frecuentemente son mezclas que varían en composición

entre diferentes fabricantes. Las condiciones del proceso pueden afectar la estabilidad de la emulsión, por ejemplo, las altas temperaturas y si hay o no agitación (Hasenhuettl, G.&Hartel, R., 2008).

La orientación de algunos emulsificantes típicos en la interfase aceite en agua se muestra en la figura 1.

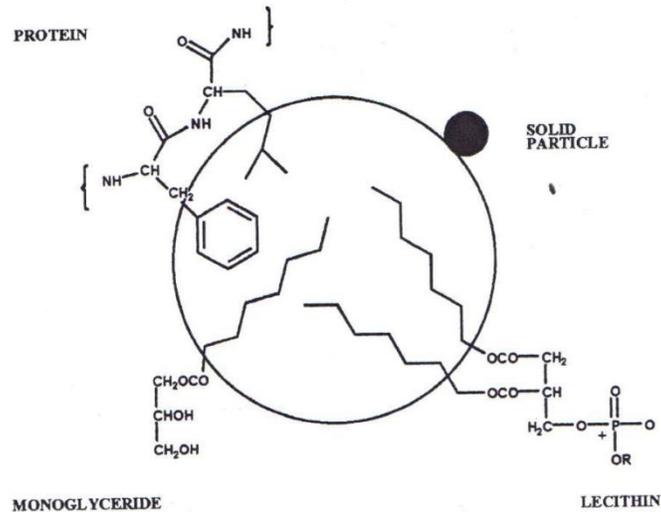


Figura 1 Representación esquemática de una gota de aceite emulsificada (Hasenhuettl, G. & Hartel, R., 2008).

5.1 Definición de emulsión

Una emulsión es un sistema heterogéneo que consiste en al menos un líquido inmiscible íntimamente disperso en otro en forma de gotas, cuyo diámetro, en general, es mayor a 0.1 μm . Estos sistemas poseen una estabilidad mínima, la cual puede ser acentuada por la adición de agentes tenso activos, sólidos finamente divididos, etc. (Branen, A., Davidson, P., Salminen, S. & Thorngate J., 2002).

Las emulsiones convencionales usualmente son clasificadas de acuerdo a la disposición de los dos líquidos inmiscibles ya sea como sistemas oil-

in-water (O/W) o water-in-oil (W/O). Las gotas en emulsiones convencionales usualmente tienen diámetros en el rango de 100 nm a 100 μm , y están cubiertas por una sola capa de componentes de superficie activa ("emulsificantes") que las estabilizan contra la agregación (McClements, D., 2012).

Los emulsificantes son añadidos para incrementar la estabilidad y lograr una vida de anaquel aceptable. La función de un emulsificante es unir las fases tanto acuosa como oleosa de una emulsión en una preparación homogénea y estable. La característica principal de un emulsificante es que la molécula consta de dos partes (agentes anfifílicos). La primera parte tiene una afinidad hidrofílica (interacción con la fase acuosa), mientras que la segunda muestra una afinidad lipofílica (interacción con la fase lipídica). La estructura anfifílica confiere a estas moléculas propiedades físicas únicas que les permiten estabilizar igualmente las interfases aire/agua, formar complejos con el almidón y las proteínas, y controlar la cristalización de las materias grasas. Los emulsificantes generalmente son clasificados como: aniónicos, catiónicos, anfotéricos y no iónicos (Branen, A. et al. 2002).

5.2 Formación de una emulsión

El primer paso en la formación de una emulsión estable es la dispersión de una fase líquida en otra fase líquida. Un factor crítico en el proceso de emulsificación es la formación de una capa monomolecular por el emulsificante en la interfase lípido/agua. Durante la formación de la emulsión se incrementa el área superficial (hasta mil veces) lo cual depende el tamaño y número de gotas formadas. Para formar y dispersar estas gotas se requiere suministrar una cierta cantidad de energía o trabajo. Puesto que los emulsificantes reducen la tensión superficial, la adición de emulsificantes reduce la cantidad de trabajo

que debe ser añadida para formar la emulsión. El método más común para la formación de emulsiones es la aplicación de energía mecánica con una vigorosa agitación.

Primero se disuelve el emulsificante en la fase orgánica o acuosa dependiendo de la solubilidad del emulsificante y del tipo de emulsificación deseada. Después la agitación suficiente causa la deformación de la superficie y la formación de grandes gotas durante la adición de una fase a otra. El siguiente paso es la ruptura de las gotas. Para formar una emulsión estable y prevenir la coalescencia, la cantidad suficiente de emulsificante debe estar disponible para adsorberse en la interfase acuosa/orgánica estabilizando el sistema. El tamaño de las gotas, el cual está directamente relacionado con el procedimiento de formación de la emulsión, también depende de la cantidad y tipo de emulsificante añadido y la temperatura de emulsificación.

5.3 Estabilidad de una emulsión

En general, el término estabilidad significa preservar la apariencia, textura y sabor de un producto a través de la vida de anaquel. Desde la perspectiva científica, una emulsión involucra la prevención de la coalescencia, floculación y/o cremado de las gotas (McClements, D., 2005).

Típicamente, la estabilización se divide en dos procesos: transitorio (al tiempo en que se forma la emulsión) y a largo plazo (a través de la vida de anaquel). Los emulsificantes de moléculas pequeñas imparten mejor estabilidad transitoria (debido a su habilidad para migrar a lo largo de la superficie de la gota), mientras que los emulsificantes con largas moléculas funcionan mejor en la estabilidad a largo plazo (Friberg, S., Larsson, K. & Sjöblom J., 2004).

La desestabilización de una emulsión puede deberse a uno o a varios de los siguientes mecanismos: floculación, coalescencia, sedimentación o cremado, maduración de Ostwald e inversión de fases (Branen, A. et al. 2002).

- a. Floculación. La adherencia de las gotas para formar agregados o clusters y la acumulación de estos agregados se refiere a la floculación. Esto ocurre cuando las fuerzas de atracción entre las gotas exceden a las fuerzas repulsivas, sin romper la integridad estructural de la película interfacial alrededor de las gotas. Las fuerzas de atracción principalmente son las fuerzas de Van der Waals y las electrostáticas. Un vez que han floculado, las gotas sedimentan más rápido hacia el fondo (o suben muy rápido a la superficie, en la crema) que las gotas con el tamaño original.
- b. Coalescencia. Se refiere a los agregados o floculados de la fase dispersa cuando se combinan para formar una sola gota de mayor tamaño. Cuando ocurre la coalescencia, la integridad de la película interfacial se pierde y las gotas entran en contacto que resulta en una reducción en el número de gotas, el suceso final es la formación de una sola "gota", la sedimentación se vuelve más rápida y la emulsión se separa en dos capas.
- c. Cambios en la concentración de las gotas. La concentración de las gotas puede incrementarse ya sea en la parte superior o en el fondo dependiendo de la densidad relativa de las dos fases. La sedimentación y el cremado son ejemplos de este tipo de fenómeno.
- d. Maduración de Ostwald. Si las dos fases que forman la emulsión no son totalmente inmiscibles entre sí y hay diferencia en el tamaño de las gotas dentro de la emulsión, las gotas más grandes se formarán a expensas de las gotas más pequeñas, este proceso

se conoce como la maduración de Ostwald. La fuerza impulsora para la maduración de Ostwald es la diferencia en el potencial químico entre las gotas de diferentes tamaños, el equilibrio sólo existirá cuando todas las gotas sean del mismo tamaño, lo cual resulta en una sola "gota" o la separación de las fases.

- e. Inversión de fases. La viscosidad de la emulsión incrementará gradualmente en una fase determinada hasta que se logra un volumen crítico, si se añade más de la misma fase y se excede el volumen crítico, la emulsión se invertirá, es decir, la fase dispersa se convertirá en la fase continua.

La velocidad de desestabilización puede disminuir por tener un tamaño pequeño de las gotas en la emulsión, incrementando la viscosidad de la fase continua que ralentiza el movimiento de las gotas de aceite y otra materia particular, lo cual mejora la vida de anaquel del producto (McClements, D., 2005), disminuyendo la diferencia en densidad entre las dos fases y/o al utilizar emulsificantes y espesantes (Mezdour, S., Desplanques, S. & Relkin, P., 2011).

5.4 Mecanismos de estabilización por medio de emulsificantes

Existen varios factores involucrados en la estabilización de la emulsión al añadir emulsificantes y estabilizantes.

El primero es la reducción de la tensión interfacial por la adición de emulsificantes. El siguiente es la repulsión entre las gotas debido a cargas eléctricas similares en la superficie de las gotas (Branen, A. et al. 2002). Las características eléctricas de las gotas de la emulsión pueden ser controladas por la apropiada selección del tipo de emulsificante y de la composición del sistema. En principio, las gotas pueden tener una

carga neutra por la utilización de emulsificantes no iónicos. En la práctica, las gotas estabilizadas con emulsificantes no iónicos pueden tener una carga significativa debido a la presencia de impurezas iónicas de superficie activa como los ácidos grasos libres (McClements, D., 2012). La elasticidad de las gotas es esencial para retardar la coalescencia durante el almacenamiento y, por lo tanto, contribuye a la estabilidad durante la vida de anaquel de la emulsión (Mezdour, S., Desplanques, S., & Relkin, P., 2011). Un tercer factor es la formación de mesofases o fases líquido-cristalinas las cuales proveerán la configuración más estable para una serie de condiciones específicas. Otro factor es la adición de macromoléculas o material particulado lo cual puede incrementar la viscosidad y la estabilidad.

La estabilidad de una emulsión también depende de las condiciones bajo las cuales se forma, no sólo influyen los componentes de la emulsión sino que también la concentración del emulsificante, la temperatura de la emulsión y el estado físico (cristalino o fluido) del emulsificante. El orden en la adición de los componentes es un factor importante, añadir lecitina a la fase lipídica previo a la adición de la fase acuosa puede alterar sustancialmente el tamaño de las gotas, la formación del cristal líquido y la estabilidad de la emulsión. Otro factor importante es la naturaleza de la fase continua y dispersa, ambas afectan la estabilidad de la emulsión. Para dos tipos de emulsiones, aquellas preparadas con emulsificantes insaturados y aceite insaturado y aquellas preparadas con emulsificantes saturados y aceite saturado, las más estables son aquellas preparadas con emulsificantes y aceite de saturación intermedia o mezclada.

- a. Tensión interfacial. La reducción de la tensión interfacial a través de la adición de emulsificantes es un factor clave en la formación de la emulsión. Esto permite la formación de la emulsión con

considerablemente menos energía de entrada que la que se requeriría sin la presencia de un emulsificante. Una vez formada la película interfacial ésta actúa como una barrera efectiva contra la coalescencia de las gotas porque adquiere propiedades viscoelásticas. Una fuerte interacción entre la porción hidrofílica del emulsificante y la fase acuosa lleva a una mayor reducción de la tensión superficial del agua, esto afecta al tipo de emulsión formada, una interacción débil entre el agua y la porción hidrofílica del emulsificante favorecerá una emulsión W/O mientras que una interacción fuerte favorecerá una emulsión O/W.

- b. Carga eléctrica. Los emulsificantes iónicos proveen un mecanismo adicional para la estabilización de la emulsión en comparación con los emulsificantes no iónicos, a través de interacciones ion-ion e ion-disolvente. Además la introducción de grupos cargados en la superficie de las gotas en la emulsión aumenta las fuerzas repulsivas entre las gotas. Los emulsificantes iónicos formarán una doble capa cargada eléctricamente en la solución acuosa alrededor de cada gota de aceite. La teoría DLVO explica la estabilidad de las emulsiones debido a la separación de cargas, de acuerdo a esta teoría, si las interacciones netas repulsivas entre las gotas debido a una combinación de la repulsión electrostática y las fuerzas de atracción debido a las interacciones de van der Waals son mayores a la energía cinética de las gotas, la emulsión será estable.
- c. Estabilización del cristal líquido.
- d. Estabilización por macromoléculas y sólidos finamente divididos. La estabilización por partículas se piensa que está presente en varios aderezos. Por ejemplo en aquellos que tienen especias finamente molidas como la mostaza que ha sido atribuida por mejorar la estabilidad de la emulsión (Friberg, S., Larsson, K. & Sjöblom J., 2004).

5.5 Emulsificantes empleados en la industria alimentaria

La función principal de los emulsificantes en los alimentos es la estabilización y formación de emulsiones por la reducción de la tensión superficial en la interfase aceite-agua, los ejemplos más comunes son la mayonesa y la margarina. Una función adicional es la alteración de las propiedades funcionales de otros componentes en el alimento, por ejemplo, en productos de panadería se usan para suavizar la miga y como acondicionadores de masa. Una tercera función es la modificación de la cristalización de la grasa como puede ser en ciertos productos de confitería al reducir el "bloom" de la grasa.

5.6 Clasificación de los emulsificantes alimentarios

Los emulsificantes alimentarios se pueden clasificar como se muestra en la tabla 7 de acuerdo a su origen, si es sintético o natural, por su potencial de ionización, iónico o no iónico, balance hidrofílico/lipofílico (HLB) y la presencia de grupos funcionales.

Tabla 7 Clasificación de los emulsificantes alimentarios

Lecitina y sus derivados
Ésteres de ácidos grasos a partir de glicerol
Ésteres de ácidos hidroxicarboxílicos
Ésteres de ácidos grasos a partir del ácido láctico
Ésteres de ácidos grasos de poliglicerol
Ésteres de ácidos grasos de propilenglicol
Derivados etoxilados de monoglicéridos
Ésteres de ácidos grasos de sorbitán
Derivados misceláneos

Fuente:(Branen, A. et al. 2002).

Con excepción de los fosfolípidos, todos los emulsificantes son ésteres parciales de ácidos grasos, de polioles, y/o de otros ácidos orgánicos.

Las materias primas empleadas son grasas animales (tocino, sebo) o aceites vegetales. Estos ésteres se preparan por reacciones químicas con el empleo de catalizadores.

5.7 Lecitina y sus derivados

La principal fuente de obtención es la soya. El aceite de soya contiene de 1 a 3 % de fosfolípidos en el aceite crudo. Otras fuentes menos significativas son el maíz, semillas de girasol, semillas de algodón, semilla de colza y a partir del huevo.

La lecitina se obtiene por una extracción acuosa del aceite de soya, la separación de las fases se produce tras la hidratación de los fosfolípidos para después ser separadas las dos fases por centrifugación. El extracto crudo después de remover el agua, contiene aproximadamente 35% de triglicéridos y pequeñas cantidades de materiales no fosfolipídicos. El término "lecitina" ha sido usado para describir tanto a la fosfatidilcolina como a la mezcla de fosfolípidos.

Más del 90% de los fosfolípidos en la lecitina de soya son fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina y fosfatidilinositol (Figura 2).

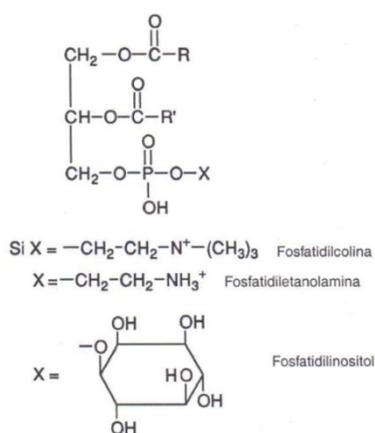


Figura 2 Estructura de los principales componentes de la lecitina (Multon, J., 2000).

Las preparaciones comerciales de lecitina se pueden tratar químicamente para modificar sus propiedades funcionales, se trata ya sea con peróxido de hidrógeno o peróxido de benzoilo que produce un producto ligeramente coloreado. La modificación química de la lecitina por la reacción de peróxido de hidrógeno más ácido láctico o ácido acético y agua produce un compuesto hidroxilado. La hidroxilación ocurre en los dobles enlaces lo que incrementa el carácter hidrofílico lo cual mejora las propiedades emulsificantes en los sistemas aceite en agua (O/W) en comparación con la lecitina no modificada.

La lecitina también puede ser modificada enzimáticamente para obtener una amplia variedad de emulsificantes con diferentes valores de HLB o propiedades de superficie. Las enzimas fosfolipasas pueden usarse para romper selectivamente enlaces éster. En la yema de huevo o en la soya, la fosfolipasa A2 rompe el enlace éster en la posición sn-2 para producir lisolecitina. La fosfolipasa A2 se puede añadir al aceite de soya crudo para hacer a la lecitina más hidratable y más fácil de separar. La fosfolipasa D rompe el enlace éster entre el fosfato y el grupo de la cabeza del emulsificante. Los grupos de las cabezas de las lecitinas pueden ser intercambiados (transfosfatidilación) por reacción de la fosfolipasa D y un hidroxilo contenido en la molécula, este método no requiere solventes orgánicos (Hasenhuettl, G. & Hartel, R. 2008).

Los triglicéridos son solubles en acetona, mientras que los fosfolípidos no lo son. Por lo tanto, cuanto mayor sea el porcentaje de material insoluble en acetona, mayor será el contenido de fosfolípidos en la lecitina cruda. Debido a esto, uno de los criterios para la evaluación de la lecitina es el porcentaje de material insoluble en acetona. La lecitina también puede ser evaluada por el índice de acidez (indica los ácidos grasos libres), materia insoluble en hexano (indica el material fibroso),

índice de peróxido e impurezas metálicas. Los fosfolípidos individualmente se pueden cuantificar por HPLC.

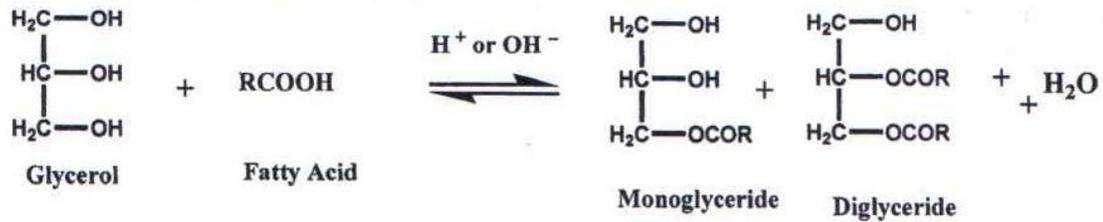
5.8 Ésteres de ácidos grasos a partir del glicerol

5.8.1 Mono y diglicéridos

Los mono y diglicéridos son los emulsificantes más comunes que se utilizan en la industria alimentaria. Los monoacilgliceroles, los cuales contienen dos grupos hidroxilo libres, presentan una mayor actividad de superficie que los diacilgliceroles.

Las principales preparaciones comerciales de mono- y diacilgliceroles son 1) Esterificación directa del glicerol con un ácido graso, y 2) Glicerólisis de grasas y aceites naturales o hidrogenados. Las materias grasas deben ser hidrogenadas previamente a fin de saturar los ácidos grasos poliinsaturados que, en las condiciones de la reacción, podrían formar isómeros de dobles enlaces conjugados, más sensibles a la oxidación que los isómeros de dobles enlaces α etilénicos. Como se muestra en la figura 3 con ambos procesos se obtiene aproximadamente el mismo equilibrio de distribución de mono y diacilgliceroles. El procedimiento de glicerólisis es más económico porque las grasas son más baratas que los ácidos grasos y se requiere menor cantidad de glicerol, esta reacción catalítica se lleva a cabo a alta temperatura (200-205 °C) y al vacío.

DIRECT ESTERIFICATION:



INTERESTERIFICATION:

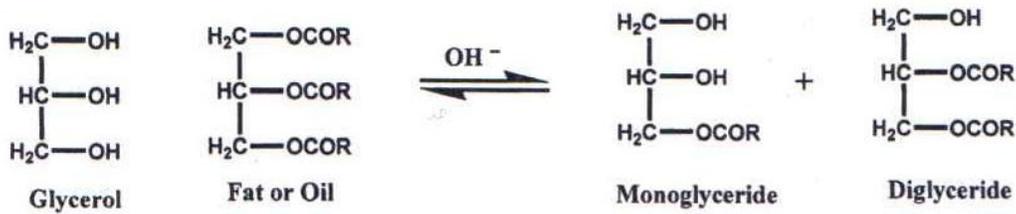


Figura 3 Síntesis de monoacilglicerol a través de la esterificación directa y la interesterificación (Hasenhuettl, G. & Hartel, R., 2008).

Se obtiene una mezcla que contiene 40-60% de monoésteres, 30-40% de diésteres y 10-20% de triésteres. La composición en ácidos grasos del monoéster obtenido depende del cuerpo graso elegido, como quiera que se proceda a partir de materias grasas hidrogenadas, se trata fundamentalmente de los ácidos palmítico y esteárico.

El método de purificación está basado en la destilación del monoglicérido a una temperatura de 200 °C, al vacío con 0.1 mmHg de presión. Los monoglicéridos, más volátiles que los di y triglicéridos, se evaporan y se recuperan por condensación en un sistema intermedio de refrigeración situado en el centro de la columna.

La destilación puede ser evitada utilizando una síntesis semienzimática. En el procedimiento patentado por Novo Industria, el ácido graso es esterificado por una lipasa (de *Mucor miehi*) directamente sobre el hidroxilo del glicerol, cuyos otros dos han sido bloqueados por un acetal. El acetal es liberado a continuación por una hidrólisis alcalina dirigida y

son obtenidos los monoglicéridos puros (Figura 4). El agua producida en el curso de la esterificación, hace disminuir el rendimiento de la reacción, es eliminada por evaporación al vacío.

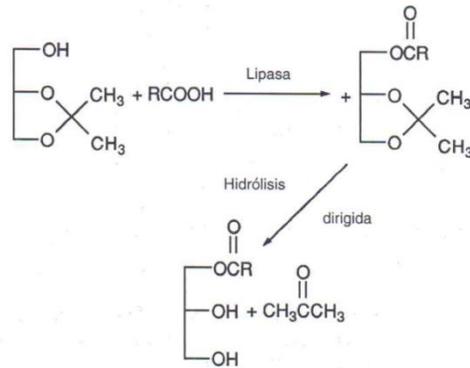


Figura 4 Síntesis enzimática de monoglicéridos puros por la lipasa de *Mucor miehi* (Multon, J. 2000).

Varias pruebas se usan para caracterizar las fuentes comerciales de mono y diglicéridos como índice de hidroxilo, índice de yodo y el índice de saponificación.

5.9 Ésteres de ácidos hidrocarboxílicos

Para producir un emulsificante con un carácter hidrofílico mayor a los monoglicéridos, los ácidos orgánicos de cadena corta son esterificados a los monoglicéridos (Figura 5).

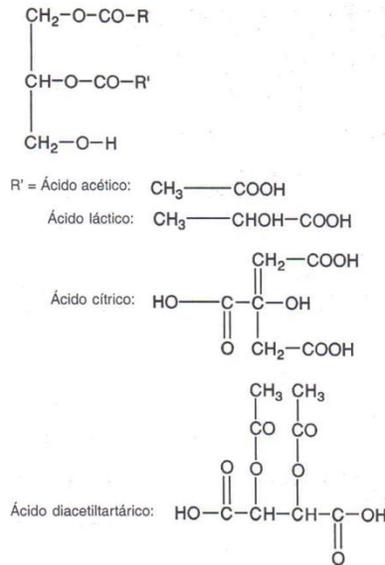


Figura 5 Estructura química de los monoglicéridos esterificados por los ácidos (Multon, J. 2000).

Como los monoglicéridos, estos compuestos son solubles en las sustancias grasas e insolubles en el agua. Algunos de los ácidos orgánicos utilizados son el acético, cítrico, fumárico, láctico, succínico y tartárico. Los monoglicéridos succinilados son sintetizados a partir de anhídrido succínico y monoglicéridos destilados.

Para sintetizar otros ésteres ácidos, como los ésteres de ácido cítrico de mono y diglicéridos, el glicerol se esterifica con una mezcla de ácido cítrico y ácidos grasos. También puede prepararse por la esterificación directa del ácido cítrico con el gliceril mono oleato. Las funciones en alimentos incluyen emulsificación, agentes antisalpicantes en margarinas, mejoramiento de las características de los productos de panadería, reemplazo de grasa en alimentos altos en grasa, permiten solubilizar los agentes oxidantes en las grasas y así aumentan su eficacia antioxidante.

Los DATEM (diacetiltartratos) son sintetizados a partir del anhídrido ácido del diacetil tartárico con monoglicéridos. Las propiedades emulsificantes de los DATEM dependen del tipo de ácidos grasos y el

porcentaje de ácido tartárico esterificado, se emplean en los procesos de panificación, se añaden como acondicionadores de masa y como agente de control de la textura del producto terminado.

Los ésteres de ácido láctico de mono y diglicéridos consisten en la mezcla de ésteres de ácido láctico y ésteres de ácidos grasos de glicerina.

5.10 Ésteres de ácidos grasos a partir del ácido láctico

Un emulsificante con un grupo funcional ácido carboxílico puede ser no iónico o si reacciona con hidróxido de sodio o calcio, se convierte en una molécula aniónica. El ácido láctico es una molécula bifuncional, la cual puede autocondensarse para formar un oligómero o reaccionar con un ácido graso para formar estearoilactilato ácido. La reacción con hidróxido de sodio o calcio forma estearoil lactilato de sodio o calcio. La figura 6 muestra el homólogo dimérico, conocido como estearoil-2-lactilato de sodio.

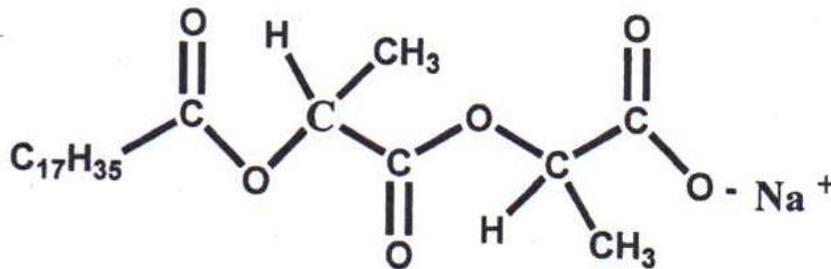


Figura 6 Estructura del estearoil lactilato de sodio (Hasenhuettl, G. &Hartel, R., 2008).

Estos agentes tensoactivos se emplean, principalmente, en panificación para mejorar las características reológicas de la masa, la textura de la miga, el volumen del pan y prolongar la duración de conservación.

5.11 Ésteres de ácidos grasos de poliglicerol

Los ésteres de poliglicerol de ácidos grasos también son usados en productos alimenticios principalmente en productos horneados (Branen, A. et al. 2002).

En el primer paso de la síntesis, mostrado en la figura 7 el glicerol se calienta a altas temperaturas (250 °C) en la presencia de un catalizador ácido o alcalino bajo una atmósfera inerte. Los grupos hidroxilo se condensan para eliminar agua y formar enlaces éter. La condensación puede ser intermolecular para producir oligómeros lineales, o intramoleculares para producir compuestos cíclicos. Las reacciones a una temperatura más baja y a un pH menor favorecen los isómeros cíclicos. Cuando el hidróxido de sodio es usado como catalizador, el pH disminuye conforme el progreso de la reacción. Reacciones secundarias ocurren a altas temperaturas para producir colores oscuros, sabores y olores desagradables. El progreso de la reacción puede ser monitoreada por el índice de refracción o el índice de hidroxilo. Además, la mezcla de reacción incrementa la viscosidad así como el grado de polimerización. Los poligliceroles para la industria alimentaria tienen un grado promedio de polimerización de diglicerol a decaglicerol.

Tanto la esterificación directa con los ácidos grasos como la interesterificación con grasas y aceites pueden ser usadas para producir ésteres de poliglicerol.

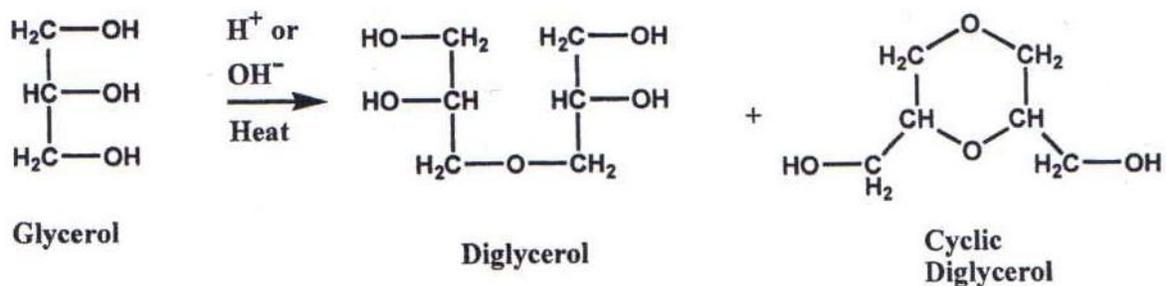


Figura 7 Polimerización del glicerol (Hasenhuettl, G. & Hartel, R., 2008).

Estos emulsificantes consisten en una mezcla parcial de ésteres sintetizados de la reacción de glicerol polimerizado con grasas comestibles. La fuente de ácidos grasos así como el grado de polimerización pueden variar, lo cual provee un amplio rango de emulsificantes, desde hidrofílicos a muy lipofílicos (Branen, A. et al. 2002).

5.12 Ésteres de ácidos grasos de propilenglicol

El propilenglicol es de una estructura similar al glicerol. En la cadena de tres carbonos sólo una posición no tiene el grupo hidroxilo. Este cambio estructural provoca un cambio en las propiedades físicas. Se trata por ello de moléculas menos hidrófilas que la de monoglicéridos de ácidos grasos. El punto de ebullición del propilenglicol es menor (p. eb. 290 °C) y la solubilidad en aceite es mayor que la del glicerol (p. eb. 188.2 °C). El impacto de estas diferencias es que la temperatura requerida para la reacción es más baja.

Los procesos sintéticos para producir ésteres de propilenglicol son similares a los usados para los monoacilgliceroles. La figura 8 muestra las reacciones de esterificación directa y de interesterificación. Sin

embargo, en contraste con los monoacilglicerolos, el proceso de interesterificación produce una mezcla más compleja que la esterificación directa. Los mono, di y triacilglicerolos son productos de la reacción del proceso final. La interesterificación es más económica.

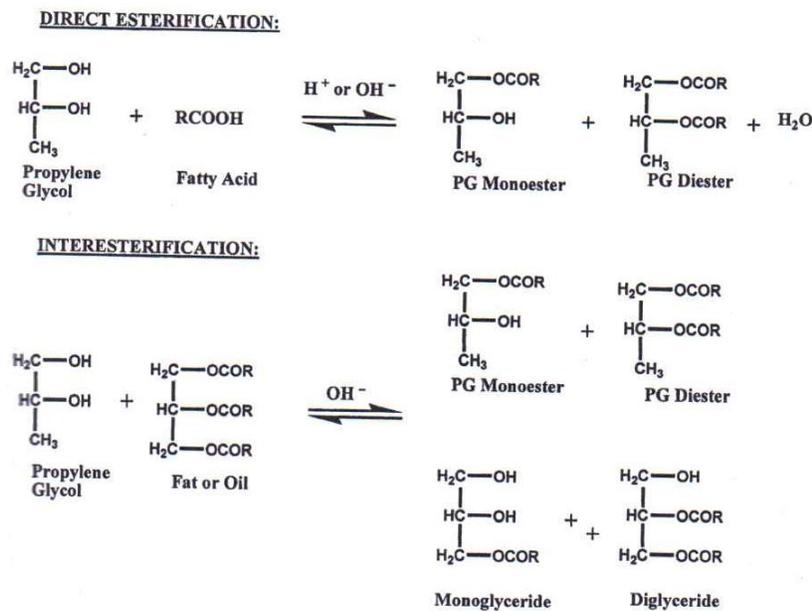


Figura 8 Preparación de monoésteres de propilenglicol por esterificación directa e interesterificación (Hasenhuettl, G. & Hartel, R., 2008).

La esterificación directa se lleva a cabo por la reacción de ácidos grasos con propilenglicol en la presencia de un catalizador ácido o alcalino. Como en la síntesis de los monoacilglicerolos, el progreso de la reacción puede monitorearse por la disminución del índice de acidez. Al final de la reacción el catalizador se neutraliza y el exceso de propilenglicol se remueve por destilación fraccionada a presión reducida.

La interesterificación se lleva a cabo al calentar propilenglicol, grasa y el catalizador alcalino. La reacción puede ser seca porque el agua inhibe el inicio de la reacción. Como en los monoacilglicerolos el término de la reacción se detecta por la observación de la homogeneidad.

5.13 Derivados etoxilados de monoglicéridos

Los mono y diglicéridos etoxilados se producen por la reacción de varios mol de óxido de etileno y mono y diglicéridos bajo presión. La etoxilación de monoglicéridos da un producto mucho más hidrofílico en comparación con los monoglicéridos.

El óxido de etileno (oxirano) es una molécula con tres miembros y oxígeno contenido en un anillo. Ya que la deformación del anillo es alta, la molécula puede rápidamente bajo una reacción exotérmica presentar una apertura de anillo SN-2.

La apertura del anillo nucleofílico puede condensarse después con una segunda molécula de óxido de etileno para iniciar la reacción en cadena de polimerización. Los emulsificantes han sido sintetizados por el uso de ácidos grasos o alcoholes de ácidos grasos como iniciadores nucleofílicos. Lo que resulta en una cadena de polioxietileno con una gran cabeza polar, la cual puede quelar cationes de tamaño pequeño. En la industria alimentaria, los ésteres de sorbitán y los monoacilglicerol han sido etoxilados para producir emulsificantes con un HLB mayor (Hasenhuettl, G. & Hartel, R., 2008).

5.14 Ésteres de ácidos grasos de sorbitán

El ácido esteárico comercial puede estar en un rango de 45-90% de C-18:0 dependiendo de la fuente. Las reacciones de ciclación/deshidratación producen una mezcla de sorbitol, sorbitán e isosorbide.

Cuando una mezcla de reacción de ácido esteárico, sorbitol y un catalizador es calentada bajo una atmósfera inerte causa una esterificación simultánea y reacciones de ciclación como se muestra en la figura 9. La proporción de ácido esteárico y sorbitol se selecciona para producir ya sea mono o triestearato. El agua es removida continuamente por destilación. El hidróxido de sodio y el estearato de zinc han sido usados como catalizadores.

Como en la preparación de los monoacilgliceroles, una disminución del índice de acidez puede usarse para monitorear el progreso de la reacción.



Figura 9 Ciclación y esterificación del sorbitol (Hasenhuettl, G. & Hartel, R. 2008).

El sorbitán así formado se esterifica con el ácido esteárico, el ácido oleico o el ácido láurico. Estos ésteres son más conocidos por el nombre comercial de SPAN.

Estos ésteres de sorbitán pueden reaccionar con muchas moléculas de óxido de etileno (vía polimerización) para obtener derivados polioxietilenados comercializados con el nombre de TWEEN y cuyas propiedades hidrófilas son muy interesantes (figura 10). Estos emulsificantes hidrofílicos no iónicos son muy buenos agentes anti

envejecimiento por lo que son usados en una amplia variedad de productos horneados.

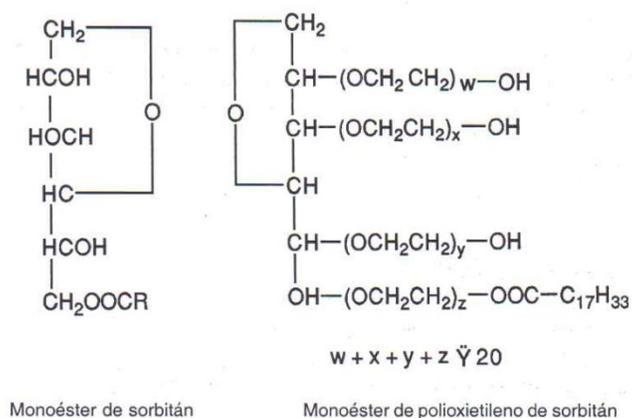


Figura 10 Estructura química de los derivados del sorbitán (Multon, J., 2000).

Estos emulsificantes son mejor conocidos como polisorbatos, por ejemplo, polisorbato 20, 60 y 80 que utilizan laurato, estearato y oleato respectivamente, en la porción del ácido graso de la molécula. El polisorbato 60 es un monoestearato, mientras que el polisorbato 65 es un triestearato. La correspondencia entre la estructura química de estos ésteres y su designación comercial se indica en la tabla 8.

Tabla 8 Designación ordinaria de los derivados de sorbitán

Designación científica	Designación comercial
Monoestearato de sorbitán	Sorbitán 60, SPAN 60
Monooleato de sorbitán	SPAN 80
Derivados polioxietilenados	
de monoestearato de sorbitán	Polisorbato 60, TWEEN 60
de monooleato de sorbitán	TWEEN 80

Fuente: (Multon, J. 2000)

5.15 Derivados misceláneos

Los ácidos grasos se pueden esterificar directamente con otros compuestos además del glicerol, por ejemplo, polialcoholes como el sorbitol, manitol y maltitol y azúcares como la sacarosa, glucosa, fructosa, lactosa y maltosa.

5.15.1 Ésteres de sacarosa

La sacarosa esterificada con ácidos grasos ha sido ampliamente investigada como sustitutos sintéticos de grasas. Una reacción típica se muestra en la figura 11. La distribución de los mono, di y triésteres y, por lo tanto, el HLB puede ser controlado por la proporción de ácidos grasos y sacarosa en la mezcla de reacción (Hasenhuettl, G. & Hartel, R., 2008) además son compuestos no iónicos sin olor ni sabor (Giraudó, M., Ugarte M., Sánchez Tuero H., y Markowski I., 2012). El grado de saturación y la longitud de la cadena del ácido graso también influyen en las propiedades del producto.

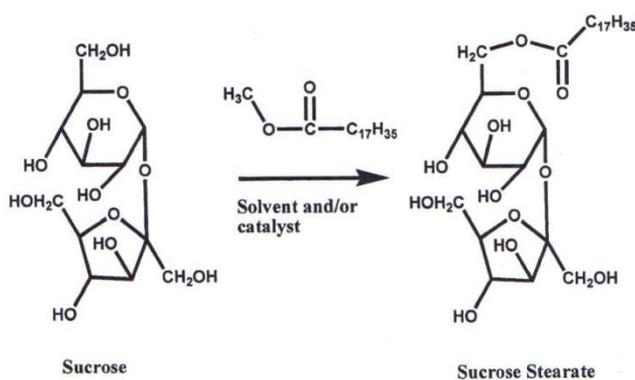


Figura 11 Preparación de ésteres de sacarosa (Hasenhuettl, G. & Hartel, R., 2008).

Los ésteres de sacarosa de los ácidos grasos son preparados por interesterificación. Sin embargo, la sacarosa sufre reacciones de caramelización por arriba de 140°C. Por lo cual se puede llevar a cabo una interesterificación con ésteres metil de ácidos grasos en un solvente como dimetilformamida (DMF) o dimetilsulfóxido (DMSO). La principal desventaja de este método es la dificultad de remover completamente el solvente tóxico por su elevado punto de ebullición.

Los ésteres de ácidos grasos de sacarosa pueden ser sintetizados usando una gran variedad de solventes o por esterificación directa con ácido oleico o esteárico. Los monoésteres de sacarosa tienen un valor de HLB mayor a 16, mientras que los triésteres tienen un HLB con valores menores a 1. Los monoésteres son particularmente útiles en la estabilización de emulsiones O/W (oil-in-water) mientras que los diésteres son mejores para las emulsiones W/O (water-in-oil).

La estabilidad de las emulsiones O/W y W/O se puede afectar por la adición de monoestearato de etilen o propilenglicol. Los ésteres más comunes que pueden ser usados como emulsificantes son el monoestearato o monopalmitato de etilen y propilenglicol.

El palmitato de lactitol (el producto de la hidrogenación de la lactosa) es sintetizado directamente por esterificación a una temperatura de aproximadamente de 160 °C. Los ésteres contienen uno o dos grupos de ácidos grasos que son efectivos emulsificantes. Los ésteres de lactitol contienen por lo menos 4 mol de ácidos grasos por mol de lactitol que pueden ser usados como un sustituto bajo en calorías.

5.16 Criterios para la selección del emulsificante

La eficacia de un emulsificante en la formulación de un producto alimentario viene determinada por el estado físico en que se encuentra el emulsionante. Este depende principalmente de: la estructura química del emulsionante, la temperatura y el contenido de agua. Estos factores condicionan la organización de las cadenas lipídicas, la relación entre sí y en consecuencia la textura final del producto (Cubero et al., 2002 citado por Morales, M., 2013).

La selección de un emulsificante se basa en las características del producto final, la metodología en la preparación del emulsificante, la cantidad de emulsificante añadido, las características físicas y químicas de cada fase, y la presencia de otros componentes funcionales en la emulsión.

Es importante que los emulsificantes formen una membrana interfacial que prevenga la agregación de las gotas (floculación y/o coalescencia) bajo las condiciones ambientales que el producto experimenta durante la fabricación, transporte, almacenamiento y consumo (McClements, D., 2005).

Varios parámetros deben ser considerados durante la selección de un emulsificante, estos parámetros incluyen (Branen, A. et al. 2002):

- 1) Que sea aprobado por la autoridad gubernamental en materia de salud
- 2) Proporcionen las características funcionales deseadas
- 3) La aplicación en el producto final
- 4) Condiciones del proceso de elaboración
- 5) Efecto sinérgico con otros ingredientes
- 6) Preparación previa

7) Costo

5.16.1 Balance Hidrofílico-Lipofílico (HLB)

El valor HLB publicado por Griffin es ampliamente usado para la selección de emulsificantes alimentarios. El índice HLB, llamado balance hidrofílico-lipofílico se basa en el porcentaje de grupos hidrofílicos a lipofílicos dentro de la molécula de emulsificante. Griffin asignó valores en el rango de 1 a 20, valores de HLB bajos indican un emulsificante más lipofílico, mientras que valores mayores indican un emulsificante más hidrofílico. Los emulsificantes con valores en el rango de 3-6 son mejores para emulsiones W/O, mientras que los emulsificantes con valores de HLB de 8-18 son mejores para emulsiones O/W (Branen, A. et al. 2002) es predominantemente hidrofílico, se disuelve preferentemente en agua y forma micelas en agua (McClements, D., 2005). Dependiendo de la aplicación y los tipos de aceite para ser emulsificado existe un HLB óptimo.

La siguiente tabla muestra valores de HLB para diferentes emulsificantes usados en la industria alimentaria.

Tabla 9. Valores aproximados de HLB de algunos emulsificantes comúnmente usados en alimentos.

Emulsificante	Valor HLB
Lauril sulfato de sodio	40
Estearoillactilato de sodio	22
Oleato de potasio	20

Monoéster de sacarosa	20
Oleato de sodio	18
Polioxietileno de monopalmitato de sorbitán	15.6
Polioxietileno de monooleato de sorbitán	15.0
Monolaureato de sacarosa	15.0
Polioxietileno de monoestearato de sorbitán	14.9
Monooleato de decaglicerol	14.0
Monoestearato de decaglicerol	14.0
Monoglicérido etoxilado	13.0
Dioleato de decaglicerol	12.0
Polioxietileno triestearato de sorbitán	11.0
Polioxietileno trioleato de sorbitán	10.5
Dioleato de hexaglicerol	9.0
Monolaureato de sorbitán	8.6
DATEM	8.0
Lecitina de soya	8.0
Hexaoleato de decaglicerol	7.0
Monoestearato de triglicerol	7.0
Monopalmitato de sorbitán	6.7
Monolaureato de glicerol	5.2

Estearoillactilato de calcio	5.1
Triéster de sacarosa	5.0
Monoesterato de sorbitán	4.7
Monolaureato de propilenglicol	4.5
Monooleato de sorbitán	4.3
Monoestearato de glicerol	3.8
Monooleato de glicerol	3.4
Monoesterato de propilenglicol	3.4
Triestearato de sorbitán	2.1
Trioleato de sorbitán	1.8
Dioleato de glicerol	1.8
ACETEM	1.5
Ácido oleico	1.0

Fuente: (McClements, D., 2005).

Una ecuación desarrollada por Griffin (1954) puede ser usada para determinar el valor HLB para varios tipos de emulsificantes no iónicos, particularmente para alcoholes etoxilados y ésteres de ácidos grasos polihídricos.

$$HLB = 20 \left(\frac{S}{A} \right)$$

Donde

A=número ácido

S= índice de saponificación del éster

Para los emulsificantes tipo polisorbato el valor HLB puede ser determinado con la ecuación:

$$HLB = \left(\frac{E+P}{5}\right)$$

Donde

E= porcentaje en peso de oxietileno

P= porcentaje en peso de alcohol polihídrico

5.16.2 Limitaciones del valor HLB

Sin embargo, un único valor numérico de HLB para un emulsificante supone una información muy incompleta, pues su eficacia para estabilizar una emulsión no queda completamente definida, al no tenerse en cuenta factores importantes, tales como la concentración del emulsificante ya que la concentración a añadir es función del tamaño de las gotas. Si las gotas son más pequeñas el área superficial es mayor y por lo tanto la cantidad requerida de emulsificantes es mayor para cubrir la monocapa de cada gota (Branen, A. et al. 2002); la relación entre los volúmenes de las fases acuosa y oleosa, la composición química de estas fases, así como los efectos de la temperatura sobre el tipo de emulsión y la estabilidad de la misma. (Riego, B. y Gómez C., 1988; McClements, D., 2005).

Además de lo mencionado anteriormente, existen otros factores que reducen la utilidad del valor HLB en el sistema de selección. Uno de ellos es que el sistema HLB no funciona bien para emulsificantes iónicos ya que las cargas varían con el pH. Otro factor es que las preparaciones comerciales usualmente contienen dos o más emulsificantes, estos emulsificantes pueden tener un efecto sinérgico que puede dificultar la

aplicación del sistema HLB. Otra limitación es debida al hecho de que el sistema HLB está basado en la estructura molecular del emulsificante y no considera el sistema combinado de las fases aceite agua y el emulsificante. A pesar de estas limitaciones el sistema HLB es ampliamente usado para la funcionalidad de los emulsificantes (Branen, A. et al. 2002).

Los emulsificantes para ser utilizados en la industria alimentaria vienen en diferentes formas incluyendo líquidos, pastas, sólidos, polvos y perlas (McClements, D., 2005) de tal manera que los emulsificantes estén en la forma óptima para su completa funcionalidad.

5.17 Emulsificantes utilizados en la elaboración de salsas

5.17.1 Ésteres de sacarosa

Los ésteres de sacarosa se pueden aplicar en salsas y aderezos asegurando el tamaño pequeño de las gotas de aceite. Esto no sólo mejorará la estabilidad y la vida de anaquel sino que también la apariencia y textura del producto (Whitehurst, R., 2004).

5.17.2 Lecitina

La yema de huevo es el componente funcional del huevo entero por su función como emulsificante en aderezos y salsas. La yema de huevo tiene la actividad de emulsificar debido a un complejo de proteínas con la lecitina (lipoproteínas) (Friberg, S., Larsson, K. & Sjöblom J., 2004).

La lecitina como emulsificante se encuentra involucrada en la elaboración de innumerables productos alimentarios. Básicamente su empleo se limita al olor y sabor característico que se puede detectar en el producto si no se utiliza adecuadamente. Las compañías productoras

de lecitina poseen varios productos con un grado específico para cada aplicación, ya que ha resultado conveniente su combinación con otros emulsificantes sintéticos, porque debido a su efecto sinérgico favorece un requerimiento menor de emulsificante (Cortés, V., 1998).

En muchos sistemas alimentarios, la lecitina no actúa como emulsificante aislado, sino en combinación con otros emulsificantes debido a que presenta un efecto sinérgico. En las mezclas comerciales la lecitina se combina con otros aditivos previamente seleccionados. Generalmente se utilizan en conjunto con mono y diglicéridos, polisorbatos, y estabilizantes con el fin de obtener ventajas funcionales de elaboración, estabilidad y/o características sensoriales del producto (James, G., 1996 citado por Cortés, V., 1998).

En sistemas de dispersión donde las partículas sólidas se suspenden en una fase continua (como en el caso del mole en pasta), la lecitina tiene el efecto de formar una capa protectora en la superficie de la fase dispersa estabilizando el sistema evitando la aglomeración de partículas (Cortés, V., 1998).

La lecitina es uno de los emulsificantes más económicos ya que como aditivo representa del 0.1 a 3 % de los costos en la formulación de un producto. Existen diferentes grados comerciales de lecitina por lo que una adecuada selección garantiza buenos resultados. Para lo cual hay que considerar estado físico de adición, color, porción fosfolipídica predominante, que finalmente están en función de las características del sistema al cual se va a adicionar. Así que la funcionalidad de la lecitina está estrictamente determinada por el contenido y porción fosfolipídica (la fracción colina es soluble en etanol y la fracción etanolamina es insoluble en este disolvente). De manera que si se modifica física,

química o enzimáticamente es con el fin de mejorar sus propiedades emulsificantes aceite en agua o agua en aceite (Cortés, V., 1998).

En un experimento realizado por Daimer, K. & Kulozik U. (2009); se observó que las propiedades de emulsificación de la yema de huevo después de un tratamiento con fosfolipasa A2 (PLA2) donde los fosfolípidos (PLs) son convertidos a liso-fosfolípidos resultó en lisofosfolípidos más hidrofílicos y con actividad emulsificante mejorada en emulsiones o/w, además la funcionalidad de la yema de huevo tratada con PLA2 en las emulsiones es menos dependiente de las condiciones ambientales.

Los resultados claramente demostraron que la yema de huevo tratada con PLA2 puede mejorar las propiedades de la emulsión a bajo pH (por ejemplo en un aderezo o en una salsa) y que este efecto puede ser asignado a la mayor solubilidad de la yema de huevo modificada.

Los efectos sinérgicos de la lecitina con otros emulsificantes permiten que en su mayoría se utilice en combinación con mono y diglicéridos favoreciendo la calidad del producto y disminuyendo los costos (Cortés, V., 1998).

5.17.3 Mono y diglicéridos

Propiamente se ha dicho que la capacidad emulsificante de estos productos depende de la cantidad de monoésteres presentes. Los diésteres poseen una escasa capacidad emulsionante y los triésteres, prácticamente ninguna. De aquí que se procure obtener productos con alto contenido de monoésteres (Cortés, V., 1998).

Estos compuestos tienen un HLB que varía de 2.2-3.8 por lo que se consideran comúnmente como emulsificantes lipófilos favoreciendo las emulsiones agua/aceite como la margarina. Sin embargo, debido a la fuerte polaridad que presentan los grupos -OH, hace que también se sitúe fácilmente en la interfase de las emulsiones tipo aceite/agua (Cortés, V., 1998).

El uso de mono y diglicéridos en la industria de los alimentos es muy amplio y frecuentemente se utilizan a lo largo de un sistema en conjunto con otros emulsificantes. Los monoglicéridos destilados en concentración de 0.3% sólo o en conjunto con lecitina se adsorben en la interfase aceite/agua y evitan la coalescencia entre las gotas de aceite.

Un punto importante a mencionar es que en la mayoría de los alimentos, se emplean en concentración máxima de 0.5 %. Con respecto a su aspecto físico se presentan comercialmente en tres formas: hojuelas cerosas, líquido viscoso o de consistencia plástica de color blanco-amarillento.

CAPÍTULO 6. FACTORES INVOLUCRADOS EN LA ESTABILIZACIÓN DEL MOLE EN PASTA

En el mole en pasta la fracción soluble puede contener sales, azúcares, colorantes, saborizantes, antioxidantes, agentes quelantes y biopolímeros mientras que la fracción insoluble puede contener hierbas, especias, gránulos de almidón, etc.

Uno de los problemas que se presenta en el mole en pasta es la separación del aceite lo cual se observa cuando se forma una capa aceitosa en la superficie del producto por la grasa no emulsionada que

se percibe como indeseable por lo que es importante el uso de emulsificantes para evitar o retardar este problema.

6.1 Estabilización por material particulado

La estabilización en el mole en pasta se da por la presencia de finas partículas como lo son las especias finamente molidas, las cuales no sólo brindan sabor sino que ayudan a estabilizar la emulsión.

En general, todos los ingredientes incluidos en esta fórmula ayudan a estabilizar la emulsión, y también es muy importante mencionar que tanto el tamaño de partícula, así como el orden de adición de los chiles, junto con el ajonjolí, el cacahuete, la almendra, la nuez, las pasas, la tortilla, el bolillo y el chocolate, determinan una buena integración de la mezcla, que aunado a una correcta incorporación del aceite, ayudarán a obtener una consistencia y viscosidad adecuada para este producto.

6.2 Estabilización por viscosidad

La viscosidad del mole se debe en gran parte a la presencia de la tortilla y de pan tostado o frito, los cuales contribuyen a que la pasta se espese (Barros, C., 2004). Esto ayuda a estabilizar este producto, debido a que las gotas de aceite se mueven más lentamente y por lo tanto se provoca que exista un retardo en la coalescencia de éstas.

Es importante mencionar que la alta concentración de aceite o grasa en el mole en pasta (hasta un poco más del 30%), también influye en la viscosidad de este producto pues prácticamente todos los ingredientes molidos, están en contacto con el aceite. Es de suma importancia conocer la proporción de la parte oleosa (%), para poder elegir qué tipo

de emulsificantes de acuerdo con su valor HLB (pues dependiendo de este valor algunos emulsificantes estabilizan mejor emulsiones O/W o W/O) pueden presentar mejores resultados.

6.3 Estabilización por uso de emulsificantes

Dado que los emulsificantes actúan en la unión de ambas fases (acuosa y oleosa), adsorbiéndose y logrando de esta manera una reducción en la tensión interfacial, el uso de éstos en el mole en pasta, facilita la formación de la emulsión y su estabilización.

De acuerdo con lo investigado anteriormente los emulsificantes más adecuados para aplicar en el mole en pasta son lecitina de soya modificada (con un HLB entre 12-16) con objeto de que no deje ningún resabio en el producto final además de que no se vea alterada su función por factores como el pH bajo. Al igual que se puede recomendar el uso de mono y diglicéridos en conjunto con la lecitina que como se revisó anteriormente es común que se empleen estos dos tipos de emulsificantes ya que se observa un efecto sinérgico.

La mezcla de mono y diglicéridos debe contener cerca de 65-70% de monoglicéridos pues tienen una mayor capacidad emulsificante que los diglicéridos, siendo los más utilizados; el monoestearato de propilenglicol (HLB 3.4), el monooleato de glicerol (HLB 3.4) y el monoestearato de glicerol (HLB 3.8). Cabe señalar que el valor HLB es muy importante, pues según el tipo de alimento que se desee estabilizar, entonces deberá seleccionarse el emulsificante idóneo o bien la mezcla de éstos, para garantizar una buena estabilidad en el producto.

Se recomienda que los emulsificantes a emplear se adicionen en forma líquida o como pasta, la cual se va calentando suavemente junto con la

fase oleosa (aceite) y una vez disueltos, entonces se proceda a integrar ambas fases (oleosa y acuosa) con agitación suficiente para lograr integrarlas y que los emulsificantes comiencen a actuar.

Para poder conocer o predecir la vida de anaquel del mole en pasta, es necesario considerar que la estabilidad de la emulsión, está en función directa de ciertas variables, tales como, el tamaño de partícula de algunos ingredientes, el proceso de elaboración del mismo y finalmente de la presencia de uno o más emulsificantes que permitan obtener una estabilidad entre la fase oleosa y los sólidos no grasos que contempla la fórmula de este producto. Para ello, es necesario realizar pruebas de vida de anaquel en donde se pueda ir monitoreando cómo se comporta el producto y analizar si existe una separación de fases como consecuencia de una mala estabilización de la emulsión.

6.4 Influencia del pH y microorganismos

Los patógenos transmitidos por alimentos no pueden crecer en condiciones ácidas presentes en estos productos (aderezos y mayonesas comerciales) que es un $\text{pH} < 4.4$ por lo que se consideran seguros con respecto a la estabilidad microbiana (McClements, D., 2005). Considerando lo anterior el mole en pasta presenta un pH igual a 3 lo cual contribuye a la prevención del crecimiento microbiano. Además, la distribución en el tamaño de las gotas puede tener un gran efecto sobre el crecimiento bacteriano. Cuando el diámetro es más grande, la multiplicidad de la bacteria es más fácil en comparación con gotas más pequeñas, el crecimiento se reduce debido a la falta de nutrimentos dentro de las gotas (Charcosset, C., 2009).

6.5 Empaque

El empaque tradicional usado en salsas es el vaso de vidrio el cual provee prácticamente una perfecta barrera contra los gases y el vapor de agua (Man, C. & Jones, A., 1994) con lo cual se garantiza la estabilidad durante la vida de anaquel del mole en pasta si se empaqueta en este tipo de material.

CONCLUSIONES

1. Se revisaron los fundamentos y las propiedades que una gran parte de los agentes emulsificantes poseen con objeto de lograr estabilizar diversos tipos de emulsiones alimentarias, y con lo cual se pudo llevar a cabo, la selección de los emulsificantes idóneos para el mole en pasta.

2. Con base en su naturaleza, propiedades y características funcionales, los emulsificantes seleccionados fueron la lecitina de soya modificada, en conjunto con los mono y diglicéridos, que permiten obtener un producto con una buena integración de todos sus ingredientes y una apariencia homogénea, que evitan la posible separación de la fase oleosa, del resto de los ingredientes.

3. La acción de los emulsificantes elegidos para estabilizar el mole en pasta consiste en formar una capa protectora alrededor de las gotas o micelas de aceite que se forman durante el mezclado con agitación vigorosa entre los ingredientes sólidos y la fase oleosa del producto, con el fin de evitar la aglomeración de éstas y que el aceite pueda migrar y separarse como efecto de su baja densidad, del resto de esta pasta.

BIBLIOGRAFÍA

Barros, C. (2004). *Los moles. Aportaciones prehispánicas*. Patrimonio Cultural y Turismo Cuadernos 12. México.

Branen, A., Davidson, P., Salminen, S. & Thorngate J. (2002). *Food Additives* (2nded.) New York: McGraw Hill.

Charcosset, C. (2009). Preparation of emulsions and particles by membrane emulsification for the food processing industry. *Journal of Food Engineering*, 92, 241-249.

COFUPRO (2002). *Programa Estratégico de Necesidades de Investigación y Transferencia de Tecnología Cadena Productiva de Cacahuete*. México. Corporación Chapingo S.A. de C.V.

Cortés, V. (1998). *Emulsificantes y su aplicación en la industria de alimentos*. Tesis de Licenciatura en Química de Alimentos, FQ UNAM, México D.F.

Cruz, S.I. (2010) "*De los sabores de la tierra al aroma del mole. La resignificación de lo rural en un pueblo no agrícola: el caso de San Pedro Actopan, D.F.*" Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales.

Daimer, K. & Kulozik U. (2009). Oil-in-water emulsion properties of egg yolk: Effect of enzymatic modification by phospholipase A2. *Food Hydrocolloids*, 23, 1366-1373.

DIFEM (2007) Sistema para el Desarrollo Integral de la Familia del Estado de México. *Los sabores del Estado de México*. Biblioteca Mexiquense del Bicentenario. Programa Editorial Compromiso.

Friberg, S., Larsson, K. & Sjöblom J. (2004). *Food Emulsions* (4thed) New York: Marcel Dekker, Inc.

Fundación para la Innovación Agraria (2007). *Cadena de la Almendra y su Relación con la Innovación. Región de Valparaíso. Región Metropolitana. Región de O'higgins* Chile. Instituto de Estudios Avanzados.

Giraudó, M., Ugarte M., Sánchez Tuero H., y Markowski I. (2012). *Los emulsionantes presentes en productos infantiles. Emulsifiers in Children's Foods*. Universidad Nacional de Lanús. Carrera de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Actualización en Nutrición Vol13 - Nº 1 – Revisiones.

Hasenhuettl, G. & Hartel, R. (2008). *Food emulsifiers and their applications* (2nded.) New York: Springer.

Man, C. & Jones, A. (1994). *Shelf Life Evaluation of Foods*. UK: Chapman & Hall.

McClements, D. (2005). *Food Emulsions* (2nded.) New York: CRC Press.

McClements, D. (2012). Advances in fabrication of emulsions with enhanced functionality using structural design principles. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 17, 235-245.

Mezdour, S., Desplanques, S., & Relkin, P. (2011). Effects of residual phospholipids on surface properties of a soft-refined sunflower oil: Application to stabilization of sauce-types' emulsions. *Food Hydrocolloids*, 25, 613-619.

Miñón, M. A. (2009). *Implantación de un sistema de gestión de la inocuidad de los alimentos, en una empresa procesadora de mole*. Tesis de Licenciatura en Química de Alimentos, FQ UNAM, México D.F.

Morales, M., 2013. *Evaluación de la adición de emulsificantes y componentes fisiológicamente activos en la elaboración de buñuelo*. Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.

Moreno, A., Flores, J., Cuéllar, M., Fernández, M., Hernández, N. y Guzmán, P. (2010). *XUWA la canela. La introducción de canela en esquemas de diversificación productiva*. México: Universidad Veracruzana Dirección General Editorial.

Multon, J. (2000). *Aditivos y auxiliares de fabricación en las industrias agroalimentarias* (2^o Ed). Zaragoza España: Acribia S.A.

Norma del Codex para el Maní. CODEX STAN 200-1995.

Norma del Codex para las Uvas Pasas. CODEX STAN 67-1981.

Norma Oficial Mexicana NOM-040-SSA1-1993. Bienes y Servicios. Sal Yodada y Sal Yodada Fluorurada. Especificaciones Sanitarias.

Norma Oficial Mexicana NOM-186-SSA1/SCFI-2002, Productos y Servicios. Cacao, productos y derivados. I Cacao. II Chocolate. III Derivados. Especificaciones sanitarias. Denominación comercial.

Norma Oficial Mexicana NOM-187-SSA1/SCFI-2002, Productos y Servicios. Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones Sanitarias. Información Comercial. Métodos de Prueba.

Norma Mexicana NMX-F-061-1964. Alimentos. Chocolate para Mesa. Foods. Chocolate for Table. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.

Norma Mexicana NMX-F-084-2003 Industria Azucarera. Especificaciones. Azúcar (Sacarosa). Calidad Estándar. Norma Mexicana. Dirección General de Normas.

Norma Mexicana NMX-F-223-SCFI-2011. Alimentos – Aceite Vegetal Comestible – Especificaciones (cancela a la NMX-F-223-SCFI-2005).

Norma Mexicana NMX-F-349-1983. Alimentos. Especies y Condimentos. Clavo de Especia. Foods- Spices and Condiments- SpiceClove. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.

Norma Mexicana NMX-F-406-1982. Alimentos para Humanos. Pan Blanco Bolillo y Telera. Foods for Humans. White Bread Round Loafs. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.

Norma Mexicana NMX-F-422-1982. Productos Alimenticios para uso humano. Alimentos Regionales. Mole y sus variedades. Food Products for Human Use. Regional Foods. Chili Sauce and its Varieties. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.

Norma Mexicana NMX-F-459-1984. Alimentos para Humanos. Especies y Condimentos. Comino. Foods for Humans. Spices and Condiments. Cumin. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.

Norma Mexicana NMX-FF-018-SCFI-2006. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - especie - ajo (*Allium sativum* L.) – Especificaciones (Cancela a la NMX-FF-018-SCFI 1999).

Norma Mexicana NMX-FF-021-SCFI-2003. Productos Alimenticios no Industrializados para Consumo Humano – Bulbos - Cebolla (*Allium cepa* L.) –Especificaciones (Cancela a la NMX-FF-021-1986).

Norma Mexicana NMX-FF-063-1987. Especies y Condimentos. Pimienta Gorda o tipo Jamaica. (Pimienta *Officinalis* o Pimienta *Dioica* Merrill) Entera en Estado Seco. Especificaciones. Spices and Condiments-Allspice or Jamaica Type. (Pimienta *Officinalis* o Pimienta *Dioica* Merrill) Whole and Dry Specifications. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.

Norma Mexicana NMX-FF-071-1994. Productos no Industrializados para Uso Humano. Oleaginosas Ajonjolí (*sesamum indicus* L.). Especificaciones y Métodos de Prueba. Non Industrialized Food Products for Human Use. Oil Seeds Sesame (*Sesamum indicus* L.). Specifications and Test Method. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.

Norma Mexicana NMX-FF-072-1990. Alimentos. Especies y Condimentos. Terminología. Foods. Spices and Condiments. Terminology. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.

Norma Mexicana NMX-FF-084-SCFI-2009. Productos Alimenticios no Industrializados para Consumo Humano – Fruto Fresco – Nuez Pecanera *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch –Especificaciones y Métodos de Prueba (Cancela a la NMX-FF-084-SCFI-1996).

Norma Mexicana NMX-FF-093-SCFI-2011. Productos Alimenticios no Industrializados para Consumo Humano – Nuez Pecanera [*Carya illinoensis*, (Wangenh) K. Koch] Sin Cáscara – Especificaciones y Métodos de Prueba (Cancela a la NMX-FF-093-1996-SCFI).

Norma Mexicana 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.

Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-120-SCFI-2002. Información Comercial-Etiquetado de Productos Agrícolas-Uva de Mesa y Uva Pasa.

Ramírez, A. (2002) *Estudio de factibilidad para la instalación de una empresa productora de mole oaxaqueño con fines de exportación al estado de California, U.S.A.* Tesis de Licenciatura en Ciencias Empresariales, Universidad Tecnológica de Oaxaca, México.

Riego, B. y Gómez, C. (1988). *Química-Física Interfacial de emulsificantes alimentarios. Parte I. Solubilidad e interacción con medios acuosos.* Instituto de la Grasa y sus Derivados (C.S.I.C.). Sevilla. (39) Fasc. 1. 44-51

Riestra, M. (2004). *El mole poblano y los productos alimenticios mexicanos.* Patrimonio Cultural y Turismo Cuadernos 12. México.

Servicio de Información de Precios y Mercados Agropecuarios: SIPMA. (2010). Agricultura y Desarrollo. *Extracción y comercialización de la canela* (No. 62 Noviembre/Diciembre). Nicaragua: INPASA.

Whitehurst, R. (2004). *Emulsifiers in food technology.* UK: Blackwell Publishing Ltd.

FUENTES ELECTRÓNICAS

1. <http://asociacionculturalmexicanocatalana.blogspot.mx/2013/05/e-l-propietario-del-restaurant-esto-es.html> Consultada el 07/01/2014 a las 1:10 h
2. <http://deliciosatradicion.blogspot.mx/2010/09/molerojopuebla.html> Consultada el 07/01/2014 a las 1:16 h
3. <http://mexicanfoodyantojitosmexicanos.blogspot.mx/2012/02/mole-rojo.html> Consultada el 07/01/2014 a las 1:52 h
4. <http://www.gabitogrupos.com/elpaisencantadodealiciaibiza/template.php?nm=1288376815> Consultada el 07/01/2014 a las 2:03 h
5. <http://cocinadelmundo.com/receta-Mole-rojo-de-cerdo-y-chile> Consultada el 07/01/2014 a las 2:11 h
6. <http://www.mexicodesconocido.com.mx/conejo-en-mole-rojo-con-pinones.html> Consultada el 07/01/2014 a las 2:28 h

7. <http://cocina-mexico.com/carnes/MoleGuajolote.html> Consultada el 07/01/2014a las 2:35 h
8. <http://utopiasyrealidadesuniversalesmx.blogspot.mx/2012/02/receta-para-preparar-mole-rojo-mexico.html> Consultada el 07/01/2014 a las 2:47 h
9. <http://w4.siap.sagarpa.gob.mx/AppEstado/Monografias/Frutales/UvaP.html> Consultada el 08/02/2014 a las 1:43 h
10. [http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADa%20Cacahuate Junio-2011.pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADa%20Cacahuate%20Junio-2011.pdf) Consultada el 09/02/2014 a las 11:40 h.
11. <http://www.cacahuatesusa.com/Main-Menu/Category1/Variedades/virginia.html> Consultada el 10/02/2014 a las 12:40 h

ANEXO

Tabla 2. Especificaciones Microbiológicas de Mole en sus tres diferentes variedades

Especificaciones	Tipo I (en polvo)		Tipo II (en pasta)		Tipo III (líquido)	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Cuenta estándar	-	3x10 ⁶ UFC/g	-	3x10 ⁶ UFC/g		
Hongos	-	3000 UFC/g	-	3000 UFC/g		
Levaduras	-	1000 UFC/g	-	1000 UFC/g		
Coliformes totales	-	11000 UFC/g	-	11000 UFC/g		
<i>Escherichia coli</i> (en 0.1 g)	Neg.		Neg.			
<i>Salmonella</i> en 25 g	Neg.		Neg.			
Termofílicos anaerobios			Neg.			
Esporas de termofílicos anaerobios			Neg.			100 UFC/g
<i>Staphylococcus aureus</i> en 1 g	Neg.		Neg.			

Fuente: NMX-F-422-1982

Tabla 4. Especificaciones de calidad para los chiles secos de primera calidad

Tipo	Tamaño		Peso ^c (g)	Pungencia (° Scoville)	Especificaciones Sensoriales
	Longitud (cm)	Ancho ^b (cm)			
Ancho	7-10	5-7	20- 22	1 000 a 1 500	Enteros, sanos, medianos y grandes, color rojo intenso u oscuro uniforme, no presenta decoloración, rugosos, sin manchas, quemaduras, raspaduras

					ni deformaciones.
Mulato	7-10	5-7	14-17	1 000 a 1500	Enteros, sanos, medianos y grandes, color negro uniforme intenso, no presenta decoloración, rugosos, sin manchas, quemaduras, raspaduras ni deformaciones.
Pasilla	14-20	2,5-3	7,0-7,5	1 000 a 1 500	Enteros, sanos, grandes y medianos, color negro uniforme, no presenta decoloración, rugosos, sin manchas, quemaduras, raspaduras ni deformaciones.

Fuente: Modificado de NMX-FF-107/1-SCFI-2006

NOTAS TABLA 4:

- a) La longitud del fruto debe ser medida de la base al ápice del fruto sin considerar pedúnculo.
- b) El ancho se debe medir en la parte de mayor amplitud del fruto.
- c) El peso del fruto si incluye el pedúnculo.

Imagen 1. Chile Ancho

CHILE ANCHO

			
EXTRA	PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA

Fuente: NMX-FF-107/1-SCFI-2006

Imagen 2. Chile Mulato

**CHILE
MULATO**

			
EXTRA	PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA

Fuente: NMX-FF-107/1-SCFI-2006

Imagen 3. Chile Pasilla

**CHILE
PASILLA**

			
EXTRA	PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA

Fuente: NMX-FF-107/1-SCFI-2006