

00528
17 A



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VIDA DE ANAQUEL DE
PRODUCTOS DE CONFITERIA DE CHOCOLATE.

TRABAJO MONOGRAFICO DE
ACTUALIZACION
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
QUIMICA DE ALIMENTOS
PRESENTAN:
NOEMI DEL CARMEN CARDENAS PATIÑO
PAULINA IRENE SEGOVIA TREJO



EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUIMICA

MEXICO, D. F.

2003.



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.

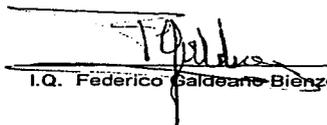
Presidente:
Vocal:
Secretario:
1er. Suplente:
2do. Suplente:

Prof. Federico Galdeano Bienzobas
Prof. María de Lourdes Gomez Ríos
Prof. Miguel Angel Hidalgo Torres
Prof. Carlos Manuel Shelly Alvarez-Tostado
Prof. Jorge Aburto Anell

LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

Biblioteca y Hemeroteca de la Facultad de Química

ASESOR DEL TEMA:


I.Q. Federico Galdeano Bienzobas

SUSTENTANTES:


Noemí del Carmen Cárdenas Patiño


Paulina Irene Segovia Trejo

c

EN MEMORIA DE VAFIS Y LA NEGRA.
(q.e.p.d.)

Por aquellos que amamos,
por los sueños que soñamos,
por el valor, por la sabiduría,
por la consecución de nuestros sueños,
y por aquellos que nos ayudan a cruzar el puente,
superando nuestros miedos, de la esperanza al amor.

Por los seres queridos que perdimos y
por aquellos que lloramos,
por los tiempos felices
que tanto esfuerzo costaron.

Paulina y Noemí.

AGRADECIMIENTOS.
Noemí Cárdenas Patiño.

Este trabajo está dedicado a todos han aquellos que han formado mi vida y que gracias a todos ellos he podido llegar a este paso y ser quien soy, ya que sé que sin alguno de ustedes algo habría faltado en mi.

A Dios. Sé que para cada quien tienes un destino, un inicio y un final pero te agradezco hasta el infinito que me dejes vivir este momento con el que he soñado desde que soy una niña. Además gracias por darme la capacidad de superar tanto y tanto.

A Vafis. Como me hubiera gustado que compartieramos estos momentos juntas, aunque ahora comprendo que serás el ángel que me protegerá hasta el día en que te alcance. Gracias por los ejemplos de fortaleza y sabiduría que me diste pues mucho de lo que he hecho ha sido inspirado en tu recuerdo.

A mis Papás. Las cosas que pueda decir se quedan cortas para expresarles de todas formas mis sentimientos de amor, gratitud y felicidad, pero sé que esto es muy importante para ustedes y para mí. Gracias por el apoyo incontable que he recibido de ustedes en mi vida y en mis años de estudio; ni como pagarles los consejos como: Échale ganas!, Estudia mucho!, Prepárate!. Los quiero mucho.

A Cynthia. Ni como agradecerle tantas risas, carcajadas, apoyo, complicidad, confianza, en fin; mejor hermana no pude haber tenido. Gracias por aguantar que muchas veces estaba cansada o preocupada y por eso no haberte dedicado más tiempo pero mira!! Todo esfuerzo tiene un premio. Te Quiero Muchote.

A mi Abuelito Felipe. Me da mucho gusto que estés conmigo en este paso tan importante.

A Oscar. Estoy muy feliz porque después de tanto soñar con esto Tú haz estado conmigo en las buenas y en las malas. Ya sabes!!.

A mi Tío Felipe. Espero que te pongas muy feliz cuando veas el resultado de tanto estar al pendiente de mi y mi carrera a pesar de la distancia.

A todos ustedes que significan mucho para mí y que son parte de mi vida porque me conocen desde hace mucho tiempo y no podía dejar de compartir mi alegría con ustedes:

Mis Padrinos Anita y César, y por supuesto mis primos **Lauris, César y Javier.** Los adoro, gracias por tanto cariño.

Mi Abuelita Lupita Acevedo, eres ejemplo de vida y fortaleza.

f

Mi Tío Luis, Tía Licha, Tía Margarita. Que bueno es contar con familia que se preocupa por mí.

Mis Primos Lichita, Claudia, María Luisa, Norma, Víctor, Margarita, Xochitl, Abraham, Pepe (recupérate pronto!!). Aunque la edad nos separó recuerdo con mucho cariño los momentos en que nos hemos divertido.

Mi familia en Gómez Palacio, Durango y Estados Unidos. Aunque las visitas sean pocas los recuerdos se han quedado en el corazón.

Mi Tía Blanca, Jesús, Astrid y María Claret en Aguascalientes. Nos faltó mucho por convivir pero hay más tiempo que vida, no?.

María Luisa Chong. Haz estado al pendiente de mí desde antes de hacer mi examen de admisión y ahora me da mucho gusto que me veas llegar hasta acá, aunque se que aún faltan cosas por hacer. Qué consejos!!. Gracias eres una mujer maravillosa.

Familia De Anda Aguilar. No tengo como agradecerles tantas atenciones, ayuda y estar al pendiente de mí.

Miguel Bocanegra, Ana Laura y Familia. Gracias por su apoyo como familia y como amigos.

A la **Señora Alicia Torres** que nos conoce a Cynthia y a mí desde que somos niñas y ha visto año con año nuestro crecimiento y superación.

Y por supuesto a mis amigos de la carrera, como olvidar tantas risas, presiones y superación.

Gaby López. No sabes como te quiero y agradezco que siempre nos ayudaras incondicionalmente aún cuando tu también estabas hasta el cuello de tareas, exámenes, prácticas y otras 1000 cosas. Gracias por escucharnos siempre que te necesitamos!.

Ale Luna. Ñonita!!, Te quiero muchísimo, nunca te olvides de lo que te queremos y de lo agradecidas que estamos por la infinita ayuda que recibimos de ti, además del ejemplo de machetearle a pesar de todo.

Toño Elechiguerra. Siempre fue muy bueno trabajar y compartir contigo los laboratorios y materias en que estuvimos juntos.

Noriko, Fidel, Poncho, Darío. Que buen relajajo!!, por eso los llevaré en mi memoria aunque pase el tiempo.

A todos los **Profesores de la Facultad de Química** que dejaron tanto conocimiento en nosotras. En especial a Lucía Cornejo, Miguel Ángel Hidalgo, Lulú Gomez.

C

Al **I.Q. Federico Galdeano** por ser una guía invaluable en este trabajo, por sus consejos y por ser quien nos dio tranquilidad en algunos momentos difíciles que tuvimos. **GRACIAS!!**.

A nuestra Facultad de Química.

A nuestra Universidad Nacional Autónoma de México. Por abrirnos las puertas del conocimiento, la libertad y un mundo nuevo para nosotras.

Noemi C.P. Enero, 2003.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres: Hilda y Andrés, por su gran amor, esfuerzo y ejemplo. ¡Los amo, esto es para ustedes!

A mis hermanas: Silvia e Hilda, por su amor y amistad, están siempre en mi corazón. ¡Las quiero mucho!

A mis abuelitos: Ofe y Juan, por su apoyo siempre, sin ustedes no lo hubiera logrado. ¡Los quiero!

A Noemí: gracias amiga por tu amistad y apoyo siempre que lo necesité; gracias por tu complicidad en este sueño y por ser mi mejor amiga.

A Sergio: por tu amor, apoyo y amistad. Gracias por estar conmigo. ¡Te amo Cosa!

A mi tía Cheyo: ¡Te quiero mami!

A la Familia Castillo Santoyo: por su incondicional apoyo y cariño. Gracias por ayudarme a construir este sueño.

A mi tío Moy: por todo tu apoyo, cariño, pero sobretodo por tu amistad. Gracias por ser parte de mi vida. ¡Te quiero!

Al Ing. Federico Galdeano por su tiempo, su guía, sus consejos y su ánimo.

A las Familias Almazán Trejo , Trejo Garduño y Prado Gallardo por su apoyo y cariño.

A Pin y Mau: por su apoyo. ¡Gracias amigos!

A mi tío Carlos y a mi prima Ana por estar siempre conmigo.

A mis amigas Alejandra Luna y Gabriela López por su amistad y apoyo.

A mis amigas de toda la vida: Gely, Ale, Paty, Maribel y Paola por su gran amistad durante todos estos años.

I

A mis amigos: Rocío Herrera, Berenice de la Barrera, Alejandra Luna, Itzel Pérez, Gabriela Albarrán, Antonio Elechiguerra y Fernando Lira por su amistad y sonrisas.

A Lucy Comejo por ser excelente persona. ¡Gracias amiguita!

A Agustín Reyo por su ayuda en cada momento.

A Lety y Marce: por su invaluable ayuda.

A Miguel Ángel Hidalgo y Lourdes Gómez por su tiempo y atención.

A la Facultad de Química

Y principalmente a Dios por permitirme llegar a este punto y llenarme de bendiciones.

J

INDICE

Capítulo I. Introducción	1
Capítulo II. Objetivos	2
Capítulo III. Antecedentes	3
3.1 Historia	3
3.2 Fisiología de la planta de cacao	5
3.2.1 Factores climáticos	9
3.2.2 Requerimientos del suelo	11
3.3 Variedades botánicas	11
3.4 Cultivo	13
3.5 Prácticas culturales	15
3.5.1 Preparación del suelo	15
3.5.2 Eliminación de malas hierbas	15
3.5.3 Poda	16
3.5.4 Propagación	17
3.5.5 Recolección	19
3.5.6 Marcos de plantación	20
3.5.7 Riego	21
3.5.8 Fertilización	21
3.6 Plagas	22
3.6.1 Insectos	22
3.6.2 Ácaros	26
3.6.3 Enfermedades	26
3.7 Calidad del grano	30
3.8 Sectores de utilización	31
3.9 Mercado	32
3.9.1 Producción	32
3.9.2 Consumo	33
3.9.3 Comercio	36
3.9.4 Flujos de importación	37
3.9.5 Exportaciones de confitería en México	37
3.10 Cadena del producto	38
3.11 Empresas	40
3.12 Producción internacional de cacao	41
3.13 Precios	43
3.14 Políticas económicas	45
Capítulo IV. Beneficio y productos del cacao	47
4.1 Prueba de corte	47
4.2 Fermentación	48
4.3 Limpieza	53
4.4 Trituración y ventilación	54
4.5 Alcalinización	54
4.6 Tostado	54
4.7 Esterilización	55

Capítulo V. Proceso y composición del chocolate	57
5.1 Composición del chocolate	57
5.1.1 Licor de cacao	58
5.1.2 Grasas	59
5.1.3 Azúcar	61
5.1.4 Emulsificantes	62
5.1.5 Alternativas de la manteca de cacao	63
5.2 Aseguramiento de calidad del material crudo	69
5.2.1 Granos de cacao	69
5.2.2 Azúcar	70
5.2.3 Manteca de cacao	70
5.2.4 Leche en polvo	71
5.3 Fabricación del chocolate	72
5.3.1 Mezclado	72
5.3.2 Refinado	73
5.3.3 Conchado	73
5.3.4 Atemperado	75
5.4 Usos del chocolate	76
5.4.1 Moldeado	76
5.4.2 Revestimiento	77
5.5 Aseguramiento de la calidad durante el proceso	77
Capítulo VI. Productos de chocolate	79
6.1 Presentaciones comunes de chocolate y formulación	79
6.1.1 Chocolate sólido oscuro	81
6.1.2 Chocolate con leche	81
6.2 Clasificación oficial de los productos de chocolate	83
6.3 Tipos de confitería de chocolate	85
6.3.1 Bloques moldeados	85
6.3.2 Bloques rellenos	86
6.3.3 Líneas directas	86
6.3.4 Surtidos	87
6.3.5 Líneas derechas	87
6.3.6 Chocolate blanco	88
Capítulo VII. Manteca de cacao	89
7.1 Introducción	89
7.2 Propiedades físicas y químicas de la manteca de cacao	90
7.3 Polimorfismo de manteca de cacao	92
7.4 Cristalización de manteca de cacao	98
7.4.1 Formación de cristales y solidificación	98
7.5 Florecimiento de las grasas	109
7.5.1 Mecanismos del florecimiento	112
7.6 Migración de las grasas	114
7.7 Tropicalización del chocolate	117
7.8 Sabor del chocolate oscuro	118

7.9 Sabor del chocolate blanco	122
7.10 Nuevas alternativas para el control del florecimiento	123
Capítulo VIII. Vida de anaquel de productos de confitería de chocolate	127
8.1 Introducción	127
8.2 Causas del deterioro de la calidad	128
8.2.1 Factores del producto	128
8.2.2 Factores ambientales	136
8.3 La influencia de otros ingredientes en la vida de anaquel de productos de confitería de chocolate	145
8.4 Control de la vida de anaquel por el empaque	145
8.5 Determinación de la vida de anaquel	149
8.6 Vida de anaquel de nuevos productos	151
8.6.1 Procedimientos	151
8.6.2 Tipos de pruebas	152
8.6.3 Determinación de la calificación de atributos	153
8.6.4 Calificación de todo el producto	154
8.7 Materiales de empaque	155
8.7.1 Prueba de mancha	155
8.7.2 Prueba de Robinson	155
8.7.3 Cromatografía gas-líquido	156
8.7.4 Índice de aroma	156
8.7.5 General	156
8.8 Producto terminado y almacenamiento	157
8.9 Almacenamiento ideal	158
Capítulo IX. Conclusiones y recomendaciones	160
Capítulo X. Bibliografía	161

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.

De la producción mundial de chocolate, solamente del 15-20% se consume en forma de barras o tabletas; el resto se utiliza como ingrediente de otros productos alimenticios como galletas, helados o centros azucarados de confitería. La confitería es el término colectivo aplicable a productos comestibles que tienen como ingrediente común el azúcar. Estos productos implican el uso de diversas materias primas que incluyen productos de cacao, leche, grasas o galletas, presentando al consumidor productos con sabores y texturas contrastantes tales como la cualidad de "estallido", masticabilidad o alguna mejora del aspecto por la adición de varios aditivos.

En los países más industrializados, más del 90% de la confitería es consumida con regularidad y en los países anglosajones, aproximadamente, el 50% es consumido por mujeres y un 15-25% por niños.

La vida de anaquel de un producto, puede definirse como el tiempo entre la producción y empaque del producto y el punto en el cual este comienza a ser inaceptable bajo condiciones ambientales definidas, todo este proceso incluye el manejo de alimentos y por lo tanto a agricultores, proveedores, manufactureras, almacenadoras, vendedores y consumidores.

El chocolate es un alimento perecedero por naturaleza, ya que ocurren importantes cambios durante el proceso y almacenamiento que pueden influenciar negativamente en los atributos de calidad de los productos de confitería de chocolate, es por esto que la presente revisión tiene como propósito remarcar los efectos negativos que el chocolate y otros ingredientes, así como diversas condiciones de proceso y almacenamiento que pudieran influir en la vida de anaquel de los productos de confitería de chocolate.

CAPITULO II. OBJETIVOS.

Objetivo General.

Realizar una investigación bibliográfica que permita la identificación de los factores decisivos sobre la vida de anaquel de los productos de confitería de chocolate, que ayuden a concluir sobre la importancia de estos factores sobre las características de calidad de dichos productos.

Objetivos específicos.

Realizar una investigación bibliográfica que identifique la importancia del cacao y sus productos durante el proceso de elaboración de productos de confitería de chocolate, así como enfatizar sobre los factores que ejercen mayor influencia en su deterioro.

Proponer recomendaciones que permitan la generación y mantenimiento de productos de confitería de chocolate durante el mayor tiempo posible sin que se vean afectados los atributos de calidad de estos productos.

CAPITULO III. ANTECEDENTES.

3.1 HISTORIA.

El árbol de cacao fue cultivado por los Aztecas mucho antes de la llegada de los españoles. Las semillas de cacao eran apreciadas, tanto por su utilización como moneda, así como para la preparación de un brebaje conocido como "chocolatl". La historia dice que el emperador Azteca Moctezuma bebía 50 vasijas o jarras diariamente de esta bebida, que se consideraba con propiedades afrodisíacas, creencia que todavía en 1712 era sostenida cuando The Spectator aconsejaba a sus lectores que tuvieran cuidado de combinar "romances, chocolate, novelas y estimulantes análogos..."

El chocolate se preparaba tostando las habas de cacao en vasijas de barro antes de molerlas entre piedras; se añadía la mezcla a agua fría, frecuentemente con otros ingredientes tales como especias y miel y se agitaba hasta consistencia espumosa.

Las primeras semillas de cacao fueron llevadas a Europa por Colón, como una curiosidad, pero se explotaron después comercialmente por Cortés como una bebida nueva. Los españoles preferían la bebida edulcorada y de esta forma se expandió su popularidad a Europa central y del norte. En 1664 fue mencionada en Inglaterra en el Diary de Pepys, pero estaba todavía restringida a los económicamente poderosos. La primera noticia de la adición de leche en esta bebida de chocolate fue registrada en el Reino Unido en 1727 por Nicholas Sanders.

La mezcla de las habas molidas de cacao con azúcar no produce por si el chocolate sólido tan familiar para el consumidor moderno, en cambio produce una sustancia muy dura que no sería agradable al paladar. Para permitir que se funda fácilmente es necesario agregar grasa; esta se puede obtener comprimiendo las habas de cacao para separar el contenido graso, conocido con el nombre de manteca de cacao. La posibilidad de extraer esta grasa fue desarrollada en 1828 por Van Houten de Holanda, y tenía la doble ventaja de utilizar la grasa exprimida para hacer barras de chocolate sólido, mientras que el polvo restante, pobre en grasa, podía incorporarse a una bebida, aunque esta era de menos valor energético que la mezcla original rica en grasa.

La forma sólida del chocolate es atribuida normalmente a Daniel Peters de Vevey, Ginebra en 1876. En Suiza, las máquinas podían funcionar económicamente durante largos periodos movidas por fuerza hidráulica, lo que permitía eliminar del chocolate el agua extra de la leche, sin agravar extraordinariamente el costo.

Los chocolates con contenidos de humedad por encima del 2% son normalmente inaceptables, ya que tienen malas cualidades de conservación, así como textura inadecuada.

Actualmente se han desarrollado muchos sabores diferentes en el chocolate, tanto en el puro (chocolate oscuro), como en el llamado con leche.

A veces se ha seguido una política definida para desarrollar un sabor "de la casa", dentro de una compañía, por ejemplo en Cadbury's Dairy Milk o en Hershey Bar.

En otras ocasiones se ajusta el sabor para complementar el centro dulce que ha de ser cubierto con chocolate. Un centro muy dulce como el fondant, se puede complementar con chocolate relativamente más amargo y viceversa (11).

3.2 FISIOLÓGÍA DE LA PLANTA DE CACAO

Familia: Esterculiáceas.

Especie: *Theobroma cacao* L.

Origen: Trópicos húmedos de América, noroeste de América del Sur, zona amazónica.

Planta: Árbol de tamaño mediano (5-8 m) aunque puede alcanzar alturas de hasta 20 m cuando crece libremente bajo sombra intensa. Su corona es densa, redondeada y con un diámetro de 7 a 9 m. Tronco recto que se puede desarrollar en formas muy variadas, según las condiciones ambientales.

Sistema radicular: Raíz principal pivotante y tiene muchas secundarias, la mayoría de las cuales se encuentran en los primeros 30 cm de suelo.

Hojas: Simples, enteras y de color verde bastante variable (color café claro, morado o rojizo, verde pálido) y de pecíolo corto.

Flores: Son pequeñas y se producen, al igual que los frutos, en racimos pequeños sobre el tejido maduro mayor de un año del tronco y de las ramas, alrededor en los sitios donde antes hubo hojas. Las flores son pequeñas, se abren durante las tardes y pueden ser fecundadas durante todo el día siguiente. El cáliz es de color rosa con segmentos puntiagudos; la corola es de color blancuzco, amarillo o rosa. Los pétalos son largos. La polinización es entomófila destacando una mosquita del género *Forcipomya*.

Fruto: De tamaño, color y formas variables, pero generalmente tienen forma de baya, de 30 cm de largo y 10 cm de diámetro, siendo lisos o acostillados, de forma elíptica y de color rojo, amarillo, morado o café. La pared del fruto es gruesa, dura o suave y de consistencia como de cuero. Los frutos se dividen interiormente en cinco celdas. La pulpa es blanca, rosada o café, de sabor ácido a dulce y aromática. El contenido de semillas por baya es de 20 a 40 y son planas o redondeadas, de color blanco, café o morado, de sabor dulce o amargo (107).

El haba de cacao, ingrediente esencial de chocolate, es la semilla del pequeño árbol *Theobroma cacao*, la segunda palabra es la que los agricultores aplican comúnmente al árbol; sin embargo, se llama en inglés cocoa. El árbol se cultivaba ya en su continente nativo América del Sur, donde todavía forma parte de la flora natural. Se cultiva actualmente en todas las regiones de la selva tropical húmeda, principalmente dentro de los 17 grados de latitud del ecuador.

El árbol de cacao es pequeño, crece hasta unos 6 metros de altura, a la sombra de los grandes árboles de las zonas más húmedas de la selva tropical. Las hojas son perennes, parecidas a las hojas de laurel y llegan a tener 20 centímetros de longitud. Tiene 2 clases de ramas, los chupones, que crecen verticalmente hacia arriba hasta 1.5 metros y tiene hojas dispuestas en espiral; y las ramas en abanico, hasta 5 de las cuales sale horizontalmente como los rayos de una rueda, desde la parte superior de cada chupón donde se detiene el crecimiento vertical. Esta disposición se llama horqueta. Las hojas de las ramas de abanico están dispuestas en dos filas, una a cada lado de la rama.

Este crecimiento dimorfo, establece una clara distinción entre las ramas de abanico y el crecimiento vertical del tallo principal, particularmente en el árbol joven. El tallo principal, alcanza generalmente alturas poco mayores de 1.5 metros hasta la primera horqueta como consecuencia de una yema que aparece justamente debajo de las ramas de abanico; este crece verticalmente como otro chupón.

Las ramas relativamente horizontales del abanico crecen y se ramifican para formar la copa del árbol, que en una plantación de cacao se une con la de sus vecinos para producir una densa cámara.

La espesa sombra continua de una plantación bien cultivada de árboles de cacao, impide en gran manera el crecimiento de yerbas en su suelo. Las flores de cacao son pequeñas, poco más de media pulgada de ancho, con pétalos que varían desde blanco a rosa en las distintas variedades.

El diminuto ovario fertilizado crece durante un periodo de casi seis meses hasta una enorme mazorca oval de cacao de aspecto céreo que puede medir hasta 20 centímetros de longitud. Las flores continúan naciendo con frecuencia en racimos, sobre el mismo lugar del tallo, originalmente el sitio de un pecíolo. Este, gradualmente se va engrosando y se llama "lecho de flor".

Los frutos maduros tienen una cubierta cerea recubriendo la pared de tejido denso. Dentro del fruto, se encuentran unas 30 o 40 semillas incluidas en pulpa mucilaginoso y dulce. Cada semilla o haba, se compone de dos hojas germinales o cotiledones, enroscadas e incoadas y un pequeño germen de planta embrionaria, todo encerrado por una cubierta o testa.

Los cotiledones sirven a la vez como órganos de almacenamiento, que contienen el alimento para el desarrollo de la germinación y también como las dos primeras hojas de la planta, una vez germinada la semilla.

Gran parte del alimento almacenado en los cotiledones, está compuesto por manteca de cacao, la cual llega a constituir la mitad del peso de la semilla seca.

La manteca de cacao es una grasa poco corriente por ser muy dura a temperaturas inferiores a 32° C, y que se ablanda en un margen de temperaturas relativamente pequeño y es muy líquida a la temperatura corporal. Son estas las propiedades que confieren al chocolate la calidad de ser muy duro y frágil a temperaturas frías y fundirse completamente en la boca (11).



Árbol del cacao

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Fruto del cacao

3.2.1 FACTORES CLIMÁTICOS.

Los factores climáticos críticos para el desarrollo del cacao son la temperatura y la lluvia. A estos se le unen el viento y la luz o radiación solar. El cacao es una planta que se desarrolla bajo sombra. La humedad relativa también es importante ya que puede contribuir a la propagación de algunas enfermedades del fruto. Estas exigencias climáticas han hecho que el cultivo de cacao se concentre en las tierras bajas tropicales.

3.2.1.1 Temperatura.

El cacao no soporta temperaturas bajas, siendo su límite medio anual de temperatura los 21 °C ya que es difícil cultivar cacao satisfactoriamente con una temperatura más baja.

Las temperaturas muy altas pueden provocar alteraciones fisiológicas en el árbol, por lo que es un cultivo que debe estar bajo sombra para que los rayos solares no incidan directamente y se incremente la temperatura.

La temperatura determina la formación de flores. Cuando ésta es menor de 21 °C la floración es menor que a 25 °C, donde la floración es normal y abundante. Esto provoca que en determinadas zonas la producción de mazorcas sea estacional y durante algunas semanas no haya cosecha, cuando las temperaturas sean inferiores a 22 °C.

3.2.1.2 Agua.

El cacao es una planta sensible a la escasez de agua pero también al encharcamiento por lo que se precisarán de suelos provistos de un buen drenaje. Un anegamiento o estancamiento puede provocar la asfisia de las raíces y su muerte en muy poco tiempo.

Las necesidades de agua oscilan entre 1500 y 2500 mm en las zonas bajas más cálidas y entre 1200 y 1500 mm en las zonas más frescas o los valles altos.

3.2.1.3 Viento.

Vientos continuos pueden provocar un desecamiento, muerte y caída de las hojas. Por ello en las zonas costeras es preciso el empleo de cortavientos para que el cacao no sufra daños. Los cortavientos suelen estar formados por distintas especies arbóreas (frutales o madereras) que se disponen alrededor de los árboles de cacao.

3.2.1.4 Sombra.

El cacao es un cultivo típicamente umbrófilo. El objetivo del sombreado al inicio de la plantación es reducir la cantidad de radiación que llega al cultivo para reducir la actividad de la planta y proteger al cultivo de los vientos que la puedan perjudicar.

Cuando el cultivo se halla establecido se podrá reducir el porcentaje de sombreado hasta un 25 o 30 %. La luminosidad deberá estar comprendida más o menos al 50 % durante los primeros 4 años de vida de las plantas, para que estas alcancen un buen desarrollo y limiten el crecimiento de las malas hierbas.

Para el sombreado del cultivo se emplean las llamadas especies para sombra, que generalmente son otros árboles frutales intercalados en el cultivo con marcos de plantación regulares. Las especies más empleadas son las musáceas (plátano, topochos y cambures) para sombras temporales y de leguminosas como el poró o bucare (*Eritrina sp.*) y las guabas (*Ingas*) para sombras permanentes.

En nuevas plantaciones de cacao se están empezando a emplear otras especies de sombrero que otorgan un mayor beneficio económico como son especies maderables (laurel, cedro, cenízaro y terminalia) y/o frutales (cítricos, aguacate, zapote, árbol del pan, palmera datilera, etc.).

3.2.2 REQUERIMIENTOS DEL SUELO.

El cacao requiere suelos muy ricos en materia orgánica, profundos, franco arcillosos, con buen drenaje y topografía regular. El factor limitante del suelo en el desarrollo del cacao es la delgada capa húmica.

Esta capa se degrada muy rápidamente cuando la superficie del suelo queda expuesta al sol, al viento y a la lluvia directa. Por ello es común el empleo de plantas leguminosas auxiliares que proporcionen la sombra necesaria y sean una fuente constante de sustancias nitrogenadas para el cultivo.

Las plantaciones están localizadas en suelos que varían desde arcillas pesadas muy erosionadas hasta arenas volcánicas recién formadas y limos, con pH que oscilan entre 4,0 y 7,0. Se puede decir que el cacao es una planta que prospera en una amplia diversidad de tipos de suelo (107).

3.3 VARIEDADES BOTÁNICAS.

Existen dos tipos diferentes de cacao: El Forastero, que tiene los cotiledones de color púrpura, y el Criollo que tiene cotiledones blancos el color procede de las antocianinas, grupo de sustancias químicas que confieren la mayor parte de los colores azules y rojos a las flores. Estos pigmentos de los cotiledones están confinados en células especiales pigmentarias, que constituyen el 10 % de las células de almacenamiento. En la actualidad es mucho mayor la cosecha del cacao Forastero que del Criollo.

Existe un tercer tipo de cacao que surge de la hibridación del cacao Forastero y Criollo y se conoce como Trinitario.

El color de los cotifedones es importante porque las antocianinas están relacionadas con el sabor característico a cacao; las antocianinas de color púrpura están asociadas con los sabores más fuertes, astringentes y robustos. El chocolate obtenido con cacao Criollo tiene parecido con el chocolate con leche, ligeramente pardo y cierto sabor agradable a frutos secos, con una ligera nota a lo que ahora se considera el sabor típico del chocolate.

Las mejoras en los procesamientos y el desarrollo de nuevos productos permitieron que se neutralizaran las características menos deseables del Forastero y se aprovechara el sabor mas fuerte del chocolate, por lo que se estimulo la tendencia a reemplazar el Criollo por el Forastero de mayor rendimiento.

El Trinitario incluye habas pálidas en sus mazorcas, produce mayor proporción de habas de color púrpura, y como derivado de los dos tipos principales, por lo tanto incluye los cacaos con mayor sabor, los cuales en la actualidad, se consideran de los cacaos mas superiores de la mejor calidad, sin embargo entre los cultivadores se prefiere al Forastero por su rendimiento y por ser el más robusto (11).

3.4 CULTIVO.

A pesar de que los frutos maduran a lo largo del año, normalmente se llevan a cabo dos cosechas en un año: la cosecha principal y la cosecha intermedia. La cosecha intermedia es en general menor que la cosecha principal, sin embargo, el tamaño relativo varía según a cada país.

Tabla 3.1 Época de cosecha de cacao en los principales países productores.

<i>País</i>	<i>Cosecha principal</i>	<i>Cosecha intermedia</i>
Brasil	Octubre-Marzo	Junio-Septiembre
Camerún	Septiembre-Marzo	Mayo-Agosto
Côte d'Ivoire	Octubre-Marzo	Mayo-Agosto
Ecuador	Marzo-Junio	Octubre-Febrero
Ghana	Septiembre-Marzo	Mayo-Agosto
Indonesia	Septiembre-Diciembre	Marzo-Julio
Malasia	Septiembre-Febrero	Marzo-Mayo
Nigeria	Septiembre-Marzo	Mayo-Agosto

Fuente: [www. Unctad.org/infocomm/espagnol/cacaco/cadena.htm](http://www.Unctad.org/infocomm/espagnol/cacaco/cadena.htm)

Se requieren de 5 a 6 meses entre la fertilización y la cosecha de los frutos. La temporada de cosecha dura alrededor de 5 meses. La cosecha del cacao consiste en cortar los frutos maduros de los árboles, abrirlos (normalmente con un machete) y extraer las semillas de los frutos. Estas semillas se ponen a fermentar entre 2 y 8 días antes de secarlas al sol. Los granos se ponen luego en sacos y se embarcan.

El cacao se produce típicamente en minifundios o bajo sistemas de agricultura de subsistencia. Sin embargo, en Malasia y Brasil pueden encontrarse plantaciones y fincas.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

El cacao se debe sembrar en filas, espaciadas entre sí de 3 metros, lo cual da una densidad de alrededor 950 a 1330 árboles/hectárea, dependiendo de la fertilidad de la tierra y del clima.

Antes de sembrar el cacao es necesario sembrar árboles de sombra temporal y permanente de 6 a 9 meses. La siembra del cacao debe realizarse en la primera mitad de la temporada de lluvia para tener suficiente tiempo para que el árbol se establezca antes de la siguiente temporada seca.

A pesar de que el cacao madura 24 meses después de la siembra inicial, los árboles llegan a ser productivos únicamente después de cinco años. Los rendimientos son máximos entre el octavo y décimo año, pero se pueden obtener buenos rendimientos durante varias décadas.

En condiciones normales, los árboles tradicionales rinden entre 300 y 500 kg/ha por año. Los árboles híbridos presentan rendimientos mayores, por encima de los 1000 kg/ha. La producción del cacao cultivado en condiciones rústicas, con sombra y sin fertilizantes, puede llegar a 500 kg/ha de semilla seca. Con prácticas agronómicas y material de plantación adecuados y en condiciones sombreadas, el cacao puede producir 1 500 kg/ha. En condiciones no sombreadas, con árboles en alta densidad y con prácticas agronómicas y material de plantación buenos, se pueden obtener rendimientos de hasta 4 000 kg/ha.

Las condiciones climáticas y las enfermedades son los principales factores que afectan la producción. Se estima que hasta un 30% de la producción mundial se pierde debido a las enfermedades. Entre las enfermedades más comunes que afectan al cacao están la podredumbre negra de las nueces del cacao y la escoba de bruja (108).

3.5 PRÁCTICAS CULTURALES.

3.5.1 Preparación del suelo.

El suelo es el medio fundamental en el desarrollo de cacaotales. Se debe proteger contra los rayos directos del sol ya que éstos degradan rápidamente la capa de humus que puedan contener. Por ello se recomienda un adecuado sombreo y el mantenimiento de la hojarasca, no practicar labores profundas y cortar las malas hierbas lo más bajo posible. La hojarasca y el sombreo ayudan a mantener la humedad necesaria durante los meses de sequía.

El cacao es una planta muy sensible a terrenos encharcados por lo que se recomienda el empleo de drenajes adecuados que impidan el anegamiento.

Se recomienda la construcción de canales que recolecten y conduzcan el exceso de agua de lluvia para evitar que ésta elimine la hojarasca y el horizonte húmico del suelo.

3.5.2 Eliminación de malas hierbas.

La eliminación de malas hierbas en cacao se realiza fundamentalmente mediante escarda química. Las plantas que salen del vivero son muy susceptibles al daño de los herbicidas por lo que deben aplicarse con precaución. Los productos más empleados son el diuron, el dalapon y el gesapax.

Cuando se realicen aplicaciones de herbicidas es importante que no entren en contacto con la planta de cacao. Por ello es común el empleo de protectores cilíndricos de plástico que protejan a las plantas.

No existen ensayos que especifiquen el efecto de estos herbicidas sobre los árboles de sombra de los cacaotales, por lo que se recomienda extremar las precauciones y no rociar cerca de los mismos.

3.5.3 Poda.

Es una técnica que consiste en eliminar todos los chupones y ramas innecesarias, así como las partes enfermas y muertas del árbol. La poda ejerce un efecto directo sobre el crecimiento y producción del cacaoero ya que se limita la altura de los árboles y se disminuye la incidencia de plagas y enfermedades.

Existen varios tipos de poda:

3.5.3.1 Poda de formación.

Se efectúa durante el primer año de edad del árbol, y consiste en dejar un solo tallo y observar la formación de la horqueta o verticilo, el cual debe formarse aproximadamente entre los 10 y 16 meses de edad de la planta, con el objeto de dejar cuatro o más ramas principales o primarias para que formen el armazón y la futura copa del árbol. Estas ramas principales serán la futura madera donde se formará la mayoría de las mazorcas, lo mismo que en el tronco principal.

Cuanto más tierno sea el material podado, mejores resultados se obtienen. En el segundo y tercer año se eligen las ramas secundarias y así sucesivamente, hasta formar la copa del árbol. Se eliminarán las ramas entrecruzadas muy juntas, y las que tienden a dirigirse hacia adentro.

3.5.3.2 Poda de mantenimiento.

Desde los dos o tres años de edad los árboles deben ser sometidos a una poda ligera por medio de la cual se mantenga el árbol en buena forma y se eliminen los chupones y las ramas muertas o mal colocadas. El objetivo de esta poda es conservar el desarrollo y crecimiento adecuado y balanceado de la planta del cacao.

3.5.3.3 Poda fitosanitaria.

Se deben eliminar todas las ramas defectuosas, secas, enfermas, desgarradas, torcidas, cruzadas y las débiles que se presenten muy juntas. Debe comprender también la recolección de frutos dañados o enfermos.

3.5.3.4 Poda de rehabilitación.

Se realiza en aquellos cacaotales antiguos que son improductivos y consiste en regenerar estos árboles mal formados o viejos con podas parciales, conservando las mejores ramas, o podando el tronco para estimular el crecimiento de chupones, eligiendo el más vigoroso y mejor situado, próximo al suelo, sobre el que se construirá un nuevo árbol. También es posible hacer injertos en los chupones y luego dejar crecer solamente los injertos.

3.5.3.5 Poda de sombra.

Se realiza en las especies de sombra para evitar que éstas ramifiquen a baja altura e impidan el desarrollo de las plantas de cacao. Se podan una o dos veces al año para favorecer el manejo del cultivo. Se cortan las ramas bajas y sobrantes de las plantas de sombra permanente. El adecuado control de la sombra es muy importante para la obtención de buenos rendimientos del cacao, por lo que se recomiendan porcentajes de sombreado próximos al 30 %.

3.5.4 PROPAGACIÓN.

3.5.4.1 Propagación Vegetativa.

El injerto del cacao debe realizarse en patrones vigorosos y sanos obtenidos de semilla, desarrollados en recipientes o en el campo.

Los árboles más viejos se pueden injertar, siempre que los injertos se hagan en varetas jóvenes ya presentes o en brotes que se producen después de que las plantas han sido podadas hasta una altura de 30 a 50 cm.

a) Injerto por aproximación. Es demasiado laborioso y costoso en la práctica comercial. También se emplea el injerto de astilla o enchapado y el Forkert modificado.

b) Injerto con yemas. Es una de las técnicas más empleadas. Las yemas se deben tomar de aquellos brotes que se encuentren en árboles sanos y vigorosos. Las varetas de yemas deben ser aproximadamente de la misma edad que los patrones, pero las yemas deben ser firmes, rechonchas y listas para entrar en desarrollo activo. El injerto en yema no debe hacerse en época de lluvias ya que se puede favorecer el desarrollo de enfermedades fúngicas.

c) Empleo de estacas. En la multiplicación de árboles por estacas o injerto de yemas se obtiene una mayor uniformidad de la plantación, árboles más fuertes y que se pueden podar para darles una mejor estructura, debido a que las ramas tienen más espacio en el cual desarrollar. Se obtienen mejores rendimientos por superficie, concentrando la producción en las zonas más próximas al suelo y por tanto reduciendo los costos de recolección. Los inconvenientes de este tipo de propagación son los elevados costos de obtención y de cuidado de los árboles.

3.5.4.2 Propagación por semilla.

Es la forma más antigua y común para el establecimiento de plantaciones de cacao pero se obtiene una gran variabilidad de árboles, por lo que no se recomienda su utilización salvo cuando se empleen semillas de elevada calidad. En los últimos años se han recomendado las siembras con semilla certificada, debido al buen comportamiento de los árboles provenientes de semilla de polinización controlada, usando clones seleccionados. Estos híbridos han mostrado una gran precocidad en la fructificación y un desarrollo vigoroso de las plantas.

La semilla híbrida se produce polinizando en forma controlada manipulando las flores de los clones seleccionados durante la fecundación.

3.5.5 RECOLECCIÓN.

La recolección es una de las fases más importantes, se debe hacer la identificación de las mazorcas maduras. Este estado se conoce por los cambios de coloración externa, que varía dependiendo del tipo o variedad. Este cambio de color puede ser muy ligero y se corre con el riesgo de no cosechar a tiempo mazorcas que han alcanzado su plena madurez. Ante este importante detalle, muchos recolectores cosechan las mazorcas que se encuentran en las partes bajas del árbol, basados en el sonido que emiten estas cuando son golpeadas con los dedos.

El punto óptimo de recolección se produce cuando las variedades de fruto rojo han tomado un color anaranjado-bermellón y los de fruta amarilla un color amarillo-verdoso.

La recolección puede ser semanal o algo más repartida según la disponibilidad de mano de obra. La recogida de los frutos se realiza manualmente mediante un cuchillo curvado unido a un palo que permite al operario recolectar los frutos de las ramas superiores.

En la recolección del cacao es común aplicar un desinfectante en el extremo del pedicelo del fruto tras su recolección para evitar la transmisión mecánica de enfermedades a través de las herramientas de trabajo que puedan estar contaminadas.

Los frutos defectuosos, enfermos o agusanados se destruyen directamente en el campo y se entierran. Los mazorcas sanas se abren en el campo para extraer las semillas y trasladarlas al centro de procesado.

3.5.6 MARCOS DE PLANTACIÓN.

Las variedades de cacao dulce se plantan de 3,5 a 4,5 m de distancia. Las variedades de cacao amargo y los híbridos, al ser más vigorosos, generalmente se plantan a una distancia de 5 a 6 m. La tendencia actual de las nuevas plantaciones es colocar todas las variedades a intervalos de 3,5 hasta 3,75 m.

Los marcos seguidos normalmente son cuadrangulares de 3,6 x 3,6 m, aunque existen sistemas rectangulares, triangulares y hexagonales o en contorno. Se recomienda colocar las plantas a la mitad de las separaciones normales para luego realizar un aclareo gradual de la plantación en función de la producción buscada y de las mareas que puedan aparecer. Las mareas se pueden sustituir por injertos de parentesco selecto.

3.5.7 RIEGO.

Al tratarse de zonas tropicales y con elevada pluviometría el aporte de agua procedente de la lluvia es suficiente para satisfacer las demandas hídricas del cultivo.

Como se ha explicado anteriormente, en zonas donde exista exceso de agua es preciso una evacuación adecuada de la misma para evitar el anegamiento del cultivo. En zonas de menor pluviometría se utilizarán los porcentajes de sombreo adecuados para evitar una pérdida excesiva de humedad en el suelo.

3.5.8 FERTILIZACIÓN.

En el trasplante se debe poner abono orgánico o fertilizante en el fondo. A los 3 meses de la siembra es conveniente abonar con un kilogramo de abono orgánico o bioabono; 100 gramos de un alrededor de cada plantita, en un diámetro de 80 cm aproximadamente.

Durante el primer y segundo año las necesidades por planta son de 60 gramos de nitrógeno, 30 g de P_2O_5 , 24 g de K_2O y 82 g de SO_4 .

Del tercer año en adelante, el abonado se debe hacer basándose en un análisis del suelo.

En general se aconseja aplicar los fertilizantes en tres o cuatro aplicaciones, con la finalidad de evitar pérdidas de elementos por evaporación o escurrimiento, facilitándose así a la planta los elementos nutritivos en las épocas más adecuadas para un mejor aprovechamiento.

3.6 PLAGAS.

El cacao es una de las plantas económicas que, al mismo tiempo que pueden sufrir daños considerables a causa de los insectos, también necesita de algunos de ellos en ciertos procesos reproductivos; por ello, un abuso en el uso indiscriminado de insecticidas puede conducir a posteriores fracasos económicos.

Además de los insectos dañinos en los cacaotales, existen insectos beneficiosos como los polinizadores, predadores y parásitos de otros insectos nocivos. Los insectos dañinos son muchos, pero son combatidos por sus predadores.

3.6.1 INSECTOS

3.6.1.1 Áfidos.

Insectos pequeños de color oscuro, siempre agrupados en colonias; atacan los brotes, las hojas y las flores; también atacan los frutos jóvenes los cuales, cuando no tienen semillas, pueden haberse desarrollado por estímulo del ataque de los insectos a la flor (partenocárpicos). Es muy común encontrarlos en plantas jóvenes hasta los 6 y 7 años de edad. Estos insectos generalmente están atendidos por hormigas de los géneros *Crematogaster*, *Camponotus* y *Ectatoma*.

Hay varias especies que atacan al cacao; la más corriente y que ataca más órganos, es la especie *Toxoptera aurantii*. La especie que ataca principalmente a los pedúnculos de las flores es el *Aphis gossypii*, especie bastante cosmopolita. Se pueden combatir con Thiodan o Metasystox R. La aplicación sólo se debe repetir cuando sea necesario.

3.6.1.2 Cápsidos de cacao o monalonion (*Monalonion braconoides*)

Dañan las mazorcas y las yemas terminales; provocan deformaciones en las mazorcas, al atacarlas y poner sus huevos. Si el ataque es muy severo o en un extremo, y cuando el fruto es bastante joven, se puede perder la mazorca pero por lo general el daño no alcanza la parte interna del fruto; en consecuencia, las semillas no se dañan. El daño principal es la muerte regresiva de las ramitas.

Esta plaga está relacionada con la escasez de sombra. Los frutos pueden ser atacados por las ninfas y los adultos, causando un daño bastante característico que puede ser fácilmente reconocible. Es una plaga muy estacional y en ocasiones puede aparecer con caracteres alarmantes, para luego casi desaparecer; esto aparentemente se debe a que al multiplicarse abundantemente, sus enemigos naturales también aumentan en proporción. El combate debe hacerse en forma muy cuidadosa y oportuna. No se conoce muy bien el combate biológico de estos insectos. Se puede combatir con Sevin y diazinon.

3.6.1.3 Salivazo (*Clastoptera globosa*)

Es un insecto que ataca principalmente a las flores y puede secarlas. Cuando hay un ataque fuerte puede haber mucha destrucción de flores y cojines florales; ataca también los brotes terminales. Se combate con Metasystox-R.

3.6.1.4 Chinchas.

Pueden transmitir enfermedades y en algunos lugares se los considera como transmisores de la Moniliasis. Viven en colonias, en el pedúnculo de la mazorca, provocando lesiones parecidas a chancros o llagas oscuras de poca profundidad. Se pueden combatir con Metasystox-R.

3.6.1.5 Barrenador del tallo (*Cerambycidae*)

Hay dos tipos. El ataque de la mayoría de estos insectos es un ataque secundario. Algunas especies pueden matar las plantitas cuando éstas son jóvenes (menores de un año de edad).

La hembra raspa la corteza tierna en la parte terminal y pone sus huevos. Al desarrollarse las larvas, penetran en el tallo y se alimentan internamente, formando pequeñas galerías; alcanzan su estado de pupas después de varios meses, provocando la muerte de las plantitas o las ramas afectadas. Se combate con Thiodan.

3.6.1.6 Gusanos medidores o defoliadores.

Son larvas de Lepidópteros que atacan generalmente el follaje tierno y causan mucha destrucción en éste. Su daño es parecido al de la hormiga, pero se puede identificar por la forma del corte. El daño es más acentuado en la parte intervenal de la hoja. También se pueden incluir aquí los gusanos esqueletizadores que perforan las áreas intervenales y solamente dejan secas las venas de las hojas. Pueden causar daños graves estacionalmente, pero en general no constituyen un problema grave y pueden vivir en un área por mucho tiempo sin causar mucho daño. Se les combate con Sevin.

3.6.1.7 Hormigas o Zompopas.

Defolían las plantas cortando porciones semicirculares típicas, fácilmente identificables; una planta joven puede ser completamente defoliada en poco tiempo. Las hormigas se pueden combatir atacando los nidos y destruyendo los sitios de alimentación que ellas producen en los lugares de habitación. Las aplicaciones deben hacerse durante días secos para evitar pérdidas de material.

3.6.1.8 Trips.

Se les considera como insectos beneficiosos que ayudan a la polinización del cacao, aunque en forma poco eficiente.

Cuando se localizan en las hojas y su ataque es fuerte, éstas dan la apariencia de secas o quemadas y caen fácilmente. Cuando atacan los frutos, éstos presentan un matiz herrumbroso, lo que impide la identificación de la madurez de las mazorcas. Se pueden combatir con *Metasystox* cuando se nota que los insectos están formando colonias. Si el ataque es a mazorcas bien jóvenes el resultado puede ser la muerte de la mazorquita.

3.6.1.9 Barrenadores del fruto (Grupo Marmara).

Las hembras ponen los huevos en los frutos inmaduros y las larvas hacen galerías dentro de ellos, provocando una coloración pardo oscuro o café oscuro que invade parcial o totalmente la mazorca. Se combate con Lannate.

3.6.1.10 Crisomélidos.

Pequeños coleópteros de colores brillantes. Existen muchas especies que atacan al cacao. La mayoría son plagas nocturnas de las hojas tiernas, a las que hacen unos pequeños huecos. También pueden causar daño en los frutos, formando lesiones superficiales, que pueden servir como puertas de entrada para algunas enfermedades, aunque por sí mismas no causan pérdidas de mazorcas. Se combaten con Sevin y Thiodan.

3.6.1.11 Escolítidos.

Hay muchas especies que atacan los troncos de cacao haciendo túneles. Algunas especies han sido relacionadas con la enfermedad llamada Mal de machete, la mayoría pertenece al género *Xyleborus*. Casi todos son insectos perforadores secundarios, que atacan troncos previamente afectados.

Se puede notar acumulación de aserrín al pie de los árboles atacados por alguna especie de estos insectos. Se combaten con Sevin y Thiodan.

3.6.1.12 Joboto (*Phyllophaga* sp.)

Las larvas de estos escarabajos pueden presentar un problema, especialmente cuando se hace un vivero en el suelo y el lugar estuvo anteriormente cultivado con maíz u otras gramíneas. Provocan daños a las raíces. Se conoce poco de estos insectos en las áreas tropicales. Se puede combatir con algunos insecticidas organofosforados.

3.6.2 ÁCAROS.

Atacan los brotes jóvenes, especialmente en el vivero. Producen atrofia, malformación y defoliación de los brotes terminales, daños que se pueden combatir con Kelthane, Metasystox-R o con Tedion. Antes de hacer las aspersiones es recomendable podar y quemar los brotes afectados. La aplicación de cualquiera de los productos debe hacerse humedeciendo bien los brotes nuevos de la planta.

3.6.3 ENFERMEDADES

3.6.3.1 La mazorca negra.

Esta es la enfermedad más importante del cacao en todas las áreas cacaoteras del mundo; causada por hongos del complejo *Phytophthora*, es responsable de más pérdidas en las cosechas que cualquier otra enfermedad existente en la región. Aunque el hongo puede atacar plántulas y diferentes partes del árbol de cacao, como cojines florales, chupones, brotes, hojas, ramas, tronco y raíces, el principal daño lo sufren las mazorcas.

En el fruto la infección aparece bajo la forma de manchas pardas, oscuras aproximadamente circulares, que rápidamente se agrandan y extienden por toda la superficie a través de la mazorca.

Las almendras se infectan, resultan inservibles y en un plazo de 10 a 15 días la mazorca está totalmente podrida. La enfermedad puede ser combatida mediante técnicas culturales, el uso de fungicidas y el uso de cultivares resistentes.

3.6.3.2 Mal del machete.

Causada por el hongo *Ceratocystis fimbriata* destruye árboles enteros. El hongo siempre infecta al cacao por medio de lesiones en los troncos y ramas principales y puede matar a un árbol rápidamente. Los primeros síntomas visibles son marchitez y amarillamiento de las hojas y en ese momento el árbol en realidad ya está muerto. En un plazo de dos a cuatro semanas la copa entera se seca, permaneciendo las hojas muertas adheridas al árbol por un tiempo.

Las lesiones por medio de las cuales penetra el hongo pueden ser causadas en forma natural, como las producidas por ramas de árboles de sombra al caer; también las puede ocasionar el trabajador con instrumentos cortantes, como machetes al podar, cosechar y deshierbar.

El Mal de Machete se disemina fácilmente por medio de herramientas contaminadas, durante la poda y la recolección, de manera que cuando se realizan estas operaciones en zonas donde existe la enfermedad, todas las herramientas deben desinfectarse al pasar de un árbol a otro. Esto se logra fácilmente limpiando las herramientas con una solución de formalina al 10 %.

Es también importante evitar daño innecesario a los árboles durante las labores de limpieza, poda y remoción de chupones. Las ramas infectadas o los árboles enteros, muertos por la enfermedad, deben retirarse del cacaotal y quemarse.

3.6.3.3 Bubas.

Se caracterizan por un abultamiento y crecimiento anormal de los cojines florales. Aunque se han identificado cinco tipos diferentes de bubas, solamente dos son importantes: la buba de puntos verdes, causada por el hongo *Calonectria (Fusarium) rigidiuscula*, y la buba floral, cuyo agente causal se desconoce.

Las pérdidas ocasionadas por las bubas son difíciles de evaluar, pero pueden ser grandes debido a que los cojines florales atacados por la enfermedad no forman flores ni mazorcas. Las bubas pueden ser la causa de la lenta pero persistente declinación en la producción en muchas regiones cacaoteras. La única forma de combate conocida es el uso de cultivares resistentes.

3.6.3.4 Monilliasis.

También conocida como Pudrición acuosa, Helada, Mancha Ceniza o Enfermedad de Quevedo, está causada por el hongo *Monilia (Monilophthora rozeri)*.

La enfermedad ataca solamente los frutos del cacao y se considera que constituye uno de los factores limitantes de mayor importancia en la producción de esa planta. Puede provocar pérdidas que oscilan entre un 16 y 80% de la plantación.

La severidad del ataque de la *Monilia* varía según la zona y época del año, de acuerdo con las condiciones del clima. Aparentemente las temperaturas altas son más favorables para la diseminación de la *Monilia*.

La infección de *Monilia* ocurre principalmente en las primeras etapas del crecimiento de las mazorcas. La primera señal de la infección; es la aparición de puntos o pequeñas manchas de un color que sugiere una maduración prematura en mazorcas que aún no han alcanzado su desarrollo completo.

Las mazorcas con infecciones ocultas con frecuencia presentan tumefacciones. Cuando estas mazorcas se abren se encuentran más o menos podridas en su interior y parecen más pesadas que las mazorcas sanas de igual tamaño. Con el tiempo aparece en la superficie de la mazorca, una mancha parda rodeada por una zona de transición de color amarillento. Esta mancha puede crecer hasta llegar a cubrir una parte considerable o la totalidad de la superficie de la mazorca. Bajo condiciones húmedas crece sobre la superficie de la mancha una especie de felpa dura y blanca de micelios de *Monilia* que puede cubrir la totalidad de la mancha, y sobre el micelio se produce gran cantidad de esporas que dan a la masa un color crema o café claro.

Para el combate de la enfermedad se ha recomendado un manejo de la sombra que permita un mayor paso de luz y una mayor aireación para reducir la humedad ambiente, realizar podas periódicas, cosechar los frutos maduros periódicamente, evitar el encharcamiento del cultivo y eliminar los frutos afectados enterrándolos, tratando de no diseminar las esporas del hongo por la plantación (107).

3.7 CALIDAD DEL GRANO.

Existen dos clases de cacao: el cacao básico y el cacao fino y de aroma. Más del 90% del cacao producido cada año puede considerarse como cacao básico o a granel. El cacao básico procede en su mayoría de África y Brasil, en especial de la variedad Forastero. El cacao fino y de aroma tiene características distintivas de aroma y sabor, buscadas por los fabricantes de chocolate. Representa únicamente 5% de la producción mundial de cacao.

Los Estándares Internacionales para Cacao requieren que el cacao de calidad negociable sea fermentado, completamente seco, libre de granos con olor a humo, libre de olores anormales y de cualquier evidencia de adulteración. Debe encontrarse razonablemente libre de insectos vivos, de granos partidos, fragmentos y partes de cáscara y razonablemente uniforme en tamaño.

En todo el mundo, los estándares contra los cuales se mide el cacao son los del cacao de Ghana. El cacao se clasifica sobre la base de la cuenta de los granos defectuosos en la prueba de corte.

Los granos defectuosos no deben exceder los siguientes límites:

Grado I

- Granos mohosos, máximo 3%;
- Granos pizarrosos, máximo 3%;
- Granos planos, germinados o dañados por insectos, máximo en total 3%.

Grado II

- Granos mohosos, máximo 4%;
- Granos pizarrosos, máximo 8%;
- Granos planos, germinados o dañados por insectos, máximo 6% en total.

3.8 SECTORES DE UTILIZACION.

A partir de las semillas del cacao se obtiene el cacao en grano, los cuatros productos intermedios (licor de cacao, manteca de cacao, pasta de cacao y cacao en polvo) y el chocolate. A pesar de que el mercado de chocolate es el mayor consumidor de cacao en términos de equivalente en grano, productos intermedios tales como el cacao en polvo y la manteca de cacao son utilizados en diversas áreas.

El cacao en polvo se usa esencialmente para dar sabor a galletas, helados, bebidas y tortas. Además de su utilización para dar sabor, se emplea también en la producción de coberturas para confitería y en postres congelados. El cacao en polvo lo consume también la industria de bebidas, por ejemplo en la preparación de batidos de chocolate.

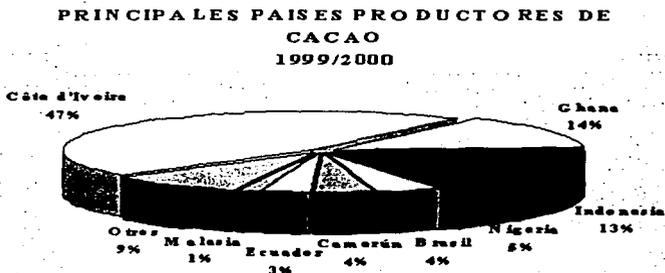
Además de los usos tradicionales en la producción de chocolate y confitería, la manteca de cacao se utiliza también en la producción de tabaco, jabón y cosméticos. En medicina tradicional es un remedio para las quemaduras, la tos, los labios secos, la fiebre, la malaria, el reumatismo, las mordidas de culebra y otras heridas. Se dice que es antiséptico y diurético.

3.9 MERCADO

3.9.1 Producción

El cacao se cultiva principalmente en África del Oeste, América Central y América del Sur y Asia. Según la producción anual los ocho países principales productores en el mundo son (en orden descendente): Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Nigeria, Brasil, Camerún, Ecuador y Malasia. Estos países representan el 90% de la producción mundial.

Gráfica 3.1 Principales países productores de cacao.



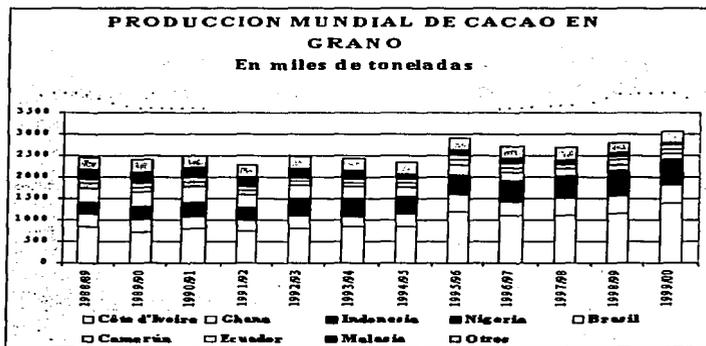
Fuente: www.unctad.org/infocomm/espagnol/cacao/cadena.htm

A principios de los años setenta la producción se concentraba en Ghana, Nigeria, Costa de Marfil y Brasil.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Sin embargo, en la actualidad la producción se ha extendido hacia áreas como la región del Pacífico, donde ciertos países como Indonesia dan espectaculares tasas de crecimiento de la producción.

Gráfica 3.2 Producción mundial de cacao en grano



Fuente: www.unctad.org/infocomm/espanol/cacao/cadena.htm

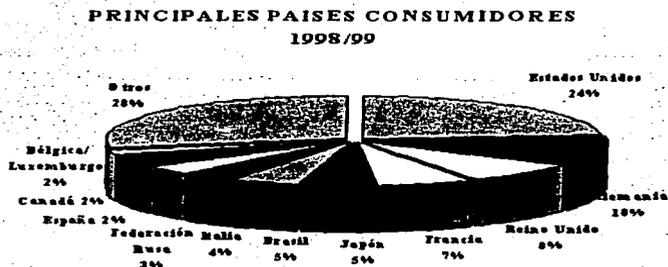
3.9.2 Consumo

A pesar de que el cacao se produce en los países en desarrollo, se consume principalmente en los países desarrollados. Los compradores en los países consumidores son los transformadores y los productores de chocolate. Unas pocas compañías multinacionales dominan tanto la transformación como la producción de chocolate.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

El siguiente gráfico representa los principales consumidores de cacao, basado en el consumo doméstico aparente de cacao, que se calcula sumando las moliendas a las importaciones netas de productos de cacao y de chocolate en equivalente en grano.

Gráfica 3.3 Principales países consumidores de cacao 1998/99.



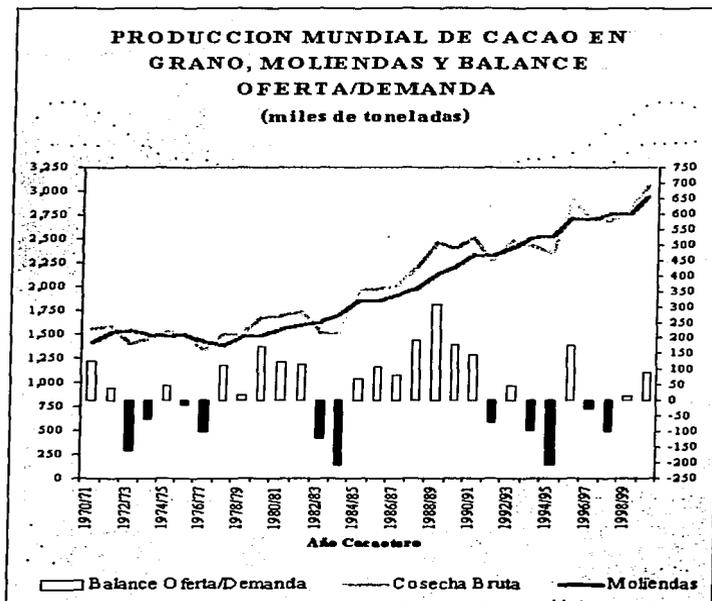
Fuente: www.unctad.org/infocomm/espagnol/cacao/cadena.htm

Tomando en cuenta las estadísticas de los últimos 30 años, se puede ver que con la excepción de ocho años, la oferta de cacao ha sido superior a la demanda.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

El siguiente gráfico presenta el balance de producción y consumo de cacao de los últimos 30 años, considerando a las molindas como demanda primaria de cacao en grano.

Gráfica 3.4 Producción mundial de cacao en grano, molindas y balance oferta/demanda.



Fuente: www.unctad.org/infocomm/espanol/cacao/cadena.htm

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Se detallan ahora los datos en el consumo de cacao per cápita en los países de América Latina en 1997/98.

Tabla 3.2 consumo de cacao per cápita en América Latina 1997/98.

País	Consumo Kg/pers
Argentina	0.880
Bolivia	0.411
Brasil	0.744
Chile	0.744
Colombia	1.073
Ecuador	0.370
Guatemala	0.053
México	0.424
Panamá	0.703
Perú	0.280
Uruguay	0.713
Venezuela	0.311

Fuente: INEGI, 2001.

América Latina tiene un mercado de \$10bn, repartido en un 60% en chocolate y 40% en confitería.

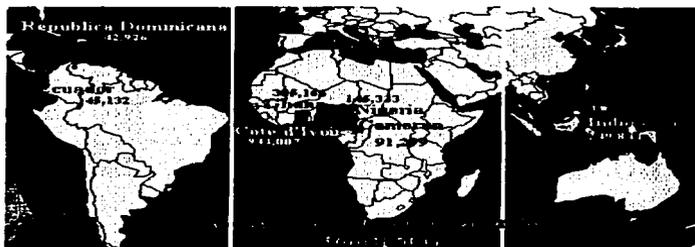
Casi el 80% del consumo tiene lugar en tres países - Brasil, Argentina y México.

3.9.3 Comercio

Los principales exportadores son, a la vez, los principales productores de cacao. Sin embargo, países como Brasil y Malasia, que ocupan un lugar importante en la producción mundial, no son necesariamente grandes exportadores debido al tamaño de su industria de transformación, que absorbe la producción nacional.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

En América Latina, por ejemplo, las exportaciones de cacao de República Dominicana son superiores a las de Brasil.



Fuente: www.unctad.org/infocomm/espanol/cacao/cadena.htm

3.9.4 Flujos de importación

A pesar de que el cacao se produce casi en su totalidad en países en desarrollo, se consume en su mayoría en Europa, Norte América, Japón y Singapur. Los países latinoamericanos tienen como destino principal de sus exportaciones a Estados Unidos, mientras que África vende la mayor parte de su producción de cacao a Europa.

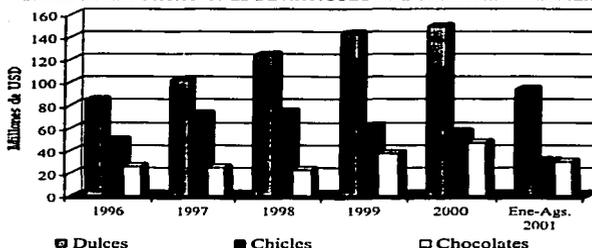
Los países asiáticos importan principalmente de Indonesia y Malasia, o de Ecuador y otros países de América del Sur.

3.9.5 Exportaciones de confitería en México.

Durante el periodo 1996-2000 las exportaciones de artículos de confitería en cuanto a valor crecieron en promedio anual 12.1%. En el 2000 ascendieron a 253.5 millones de dólares, con una participación de: dulces 56%, chicles 29.1% y chocolates 14.9%.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Gráfica 3.5 EXPORTACIONES DE ARTICULOS DE CONFITERIA EN MÉXICO



Fuente: BANCOMEXT, 2002.

3.10 CADENA DEL PRODUCTO

En términos generales, existen tres tipos de sistemas de comercialización en los países productores de cacao. Estos sistemas son: **Junta de comercialización**: Este sistema se ha usado principalmente en los países productores de habla inglesa en África, como Ghana y, hasta 1986, Nigeria. Se caracteriza por la presencia de un organismo estatal que ejerce un monopolio sobre la comercialización interna y externa del producto.

Una vez que el cacao se compra al productor se convierte en propiedad de la junta de comercialización y será manejado por la junta en todas las etapas de la cadena. Los precios se determinan por la junta y se fijan para toda la campaña. La fijación del precio permite reducir la vulnerabilidad de los productores frente a las fluctuaciones mundiales de precios.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Caisse de Stabilisation: A pesar de que presenta similitudes con la junta de comercialización (determina los precios internos y posee la propiedad del cacao dentro de la cadena de comercialización), existe menos intervención por parte del estado que en el sistema anteriormente mencionado.

El manejo físico del producto, desde el productor hasta los puntos de exportación, es llevado a cabo por agentes privados autorizados por la *Caisse*. Este sistema es muy común en los países productores de habla francesa de Africa, particularmente Costa de Marfil y Camerún. Hasta 1999 en Costa de Marfil el sistema de estabilización se realizaba a través del *barême*.

El *barême* era un sistema detallado que fijaba precios garantizados para los productores y precios referenciales de exportación para cada etapa de la cadena. Cuando el cacao se vendía, si el precio de exportación era mayor que el precio referencial establecido por la *Caisse de Stabilisation*, el exportador debía compensar la *Caisse* con la diferencia, llamada *reversement*. Si el precio mundial era inferior, la *Caisse* compensaba al exportador con un pago (*soutien*) de sus propios fondos.

Libre Mercado: Bajo este sistema existen una multitud de agentes privados que participan en la cadena de comercialización, no existe una intervención directa del gobierno en la comercialización interna y externa y los precios se determinan de acuerdo a los precios internacionales. La participación del gobierno se limita al control de calidad, los impuestos y la supervisión. Debido a la competencia y a la ausencia de intervención del gobierno, los productores generalmente reciben un porcentaje mayor del precio FOB.

Hasta fechas recientes, los sistemas de comercialización centralizados prevalecían en casi todos los principales países productores en África del Oeste y África Central. Tras la liberalización, ciertos países como Nigeria, Camerún y Costa de Marfil han privatizado totalmente sus estructuras de comercialización interna y externa, mientras que en Ghana se han generado situaciones de competencia en la comercialización doméstica al permitir que los agentes privados autorizados compren el cacao a los productores. Brasil, Indonesia y Malasia son países con una tradición de libre mercado en este sector.

3.11 EMPRESAS

Los principales productores y distribuidores de productos de cacao y chocolate para la confitería de chocolate y otras industrias de alimentos son: Cargill, Archer Daniels Midland y Barry Callebaut. Algunas empresas más pequeñas en la misma línea de producción son: Schokinag Schokolade Industrie, Guttard Chocolate Company, Blommer Chocolate Company y World's Finest Chocolate.

Grandes empresas internacionales en el sector de la agroindustria tales como Nestlé, Mars, Hershey Foods, Kraft Jacobs Suchard y Cadburys dominan en el área de la gran distribución de chocolate para consumo general.

Las principales empresas productoras de chocolate de alta calidad y prestigio son Lindt, Nestlé's Peter's Chocolate Company y Valrhona (108).

3.12 PRODUCCION INTERNACIONAL DE CACAO.

Cacaos corrientes: Gran parte del suministro mundial de cacao se cosecha en África occidental, donde se cultiva el cacao Amelonado, que tiene el sabor completo del chocolate, casi excesivo, del tipo relativamente simple, sin acidez o amargor excesivos o los sabores añejos característicos del cacao Trinitario. Este cacao ha conseguido una reputación envidiable por estar libre de moho y otras contaminaciones.

La uniformidad en el sabor del cacao, con la seguridad de estar libre de contaminaciones indeseables, junto con la conveniencia de su relativamente simple, pero completo sabor de chocolate para la fabricación de chocolate con leche ha conducido a que este cacao sea muy aceptado por los fabricantes para su uso general.

Al mismo tiempo ha aumentado su cosecha con el resultado de que este cacao ha llegado a ser el cacao corriente del mundo, con el que se compara a los de calidad superior. Durante los años centrados entre 1960, Ghana y Nigeria estaban produciendo la mitad de la cosecha mundial, pero desde entonces otras áreas han aumentado enormemente su producción y la cosecha de Ghana se ha reducido en la actualidad. La Costa de Marfil ha producido un cacao semejante a partir de la misma variedad Amelonado, aunque recientemente ha habido mayor dedicación al cultivo de un híbrido del cacao Forastero, que está basado en la selección de cacaos cosechados en la región de los ríos altos del Amazonas en América del Sur. Este cacao produce sobretonos más agudos y no es tan uniforme como el Amelonado (11).

Otro gran productor del cacao corriente es Brasil en América del Sur, cuyo producto frecuentemente es conocido como cacao de Bahía. La República Dominicana es otro productor importante, pero tiene la tradición de la fermentación mínima, por lo que el cacao es muy astringente y de coloración oscura.

Nueva Guinea y Malasia, han llegado recientemente a ser productores sustanciales. Nueva Guinea obtiene gran cantidad de cacao Trinitario, así como híbrido Forastero del Amazonas. Sin gran tradición en la fermentación de cacao, esta fuente produce resultados muy variables, entre los cuales se pueden contar grandes cantidades de cacao afectadas por moho, humo y otros sabores desagradables.

Malasia, que incluye Sabah, es el productor adicional más reciente de cacao corriente y esta convirtiéndose rápidamente en uno de los productores más importantes.

Cacaos Finos: Se obtienen de cacao Trinitario mezclados con pequeñas cantidades de cacao Criollo. Trinidad ha sido durante mucho tiempo, productor de buen cacao Trinitario fino mostrando con el correcto procedimiento que lo desarrolla, un brillante sabor pleno de chocolate que se hace más interesante por notas afrutadas o de licores. Granada produce cacao semejante al de Trinidad, aunque los sabores auxiliares tienden a no ser tan marcados. Jamaica es productor pequeño de un tipo de cacao semejante al Trinitario que es un poco más ácido. Venezuela produce varios cacaos del tipo Trinitario. Ecuador, que aunque es productor de cacao corriente produce un cacao muy característico llamado Arriba, el cual parece necesitar menos fermentación (108).

A partir del siglo XIX con el desarrollo en Europa de la industria del chocolate es cuando la producción de cacao se dispara. Brasil y Ecuador se convierten en países productores. Más tarde los colonizadores de África lo imponen en ese continente. El cacao llega primero en Ghana, de la mano de los misioneros suizos, y luego se difunde por Nigeria, Camerún y Costa de Marfil. En la actualidad, la producción de cacao está muy concentrada, de hecho una decena de países suman el 90% de la producción mundial.

Tabla 3.3 Países productores de cacao

País	Toneladas/año
Costa de Marfil	697000
Ghana	312000
Brasil	305000
Indonesia	220000
Malasia	215000
Nigeria	135000
Camerún	85000
Ecuador	70000
Colombia	50000
México	50000

Fuente: www.infoagro.com/herbaceos/industriales/cacao.asp

3.13 PRECIOS

Los precios del cacao responden a factores de oferta y de demanda. Los precios internacionales tienden a seguir un patrón de largo plazo ligado al ciclo del cacao, que se estima que dura un poco más de 20 años. Durante los periodos de expansión de la producción, existe un excedente de producción que genera primero una caída y más tarde un estancamiento de los precios.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

En consecuencia, los precios bajos fruto del exceso de producción generalmente tienen un impacto negativo sobre las cosechas, puesto que los productores tienden a cambiar de cultivo, factor que nuevamente permite una subida de precios. El ciclo del cacao se caracteriza de esta manera por efectos de expansión y recesión.

Los precios experimentaron un aumento importante en los años setenta, lo cual estimuló la producción en países como Malasia e Indonesia. Sin embargo, desde principios de los años ochenta, los precios han disminuido. A pesar de una pequeña recuperación a mediados de los noventa, los precios internacionales del cacao son bajos comparados con aquellos que prevalecían en la década de los setenta.

Gráfica 3.6 Precios internacionales y producción de cacao.



Fuente: www.unctad.org/infocomm/espanol/cacao/cadena.htm

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

3.14 POLITICAS ECONOMICAS

El Convenio Internacional del Cacao, 2001

La Organización Internacional del Cacao (ICCO) fue establecida en 1973 para administrar el primer Convenio Internacional del Cacao (1972) y los Convenios sucesivos de 1975, 1980, 1986, 1993 y 2001.

Los objetivos del Sexto Convenio Internacional del Cacao (2001) son:

- * Promover la cooperación internacional en la economía mundial del cacao.
- * Facilitar un marco apropiado para el debate de todas las cuestiones relacionadas con todos los sectores de dicha economía.
- * Contribuir al fortalecimiento de las economías cacaoteras nacionales de los países Miembros, en particular mediante la preparación de proyectos apropiados que se someterán a las instituciones pertinentes con miras a su financiación y ejecución.
- * Contribuir a la expansión equilibrada de la economía mundial del cacao en interés de todos los Miembros mediante las medidas apropiadas, incluidas las siguientes:
 - * Fomentar una economía cacaotera sostenible.
 - * Fomentar la investigación y la aplicación de sus resultados.
 - * Fomentar la transparencia en la economía mundial del cacao mediante el acopio, análisis y difusión de estadísticas pertinentes y la realización de estudios apropiados; y
- * Promover y alentar el consumo de chocolate y productos a base de cacao, con objeto de aumentar la demanda de cacao en estrecha cooperación con el sector privado.

El Convenio incluye 40 países miembros, tanto exportadores como importadores de cacao y una organización intra-gubernamental (la Unión Europea). En Enero del 2001 los siguientes países eran miembros de ICCO:

Miembros Exportadores: Benin, Brasil, Camerún, Costa de Marfil, Ecuador, Gabón, Ghana, Granada, Jamaica, Malasia, Nigeria, Nueva Guinea Papua, Perú, Sao Tome y Príncipe, República Dominicana, Sierra Leone, Togo, Trinidad y Tobago y Venezuela.

Miembros Importadores: Alemania, Austria, Bélgica - Luxemburgo, Dinamarca, Egipto, España, Federación Rusa, Finlandia, Francia, Grecia, Holanda, Hungría, Irlanda, Italia, Japón, Noruega, Portugal, Reino Unido, República Checa, República Eslovaca, Suecia, Suiza, Unión Europea (108).

CAPITULO IV. BENEFICIO Y PRODUCTOS DEL CACAO.

4.1 PRUEBA DEL CORTE.

Este procedimiento se utiliza para la clasificación de cacao en los países productores, se basa en la estimación visual de la calidad y ha quedado establecido como un estándar internacional del cacao. Consiste en cortar a lo largo 100 habas de cacao por lo menos, para revelar la sección con la mayor cantidad de la parte media de los cotiledones. Se examinan individualmente y se determina el porcentaje de habas de distintas categorías.

Si se necesita medir el grado de fermentación, se establecen tres categorías adicionales. La primera es de habas totalmente fermentadas, de color pardo con las espigas de los cotiledones que tienden a separarse cuando el haba está convenientemente seca. Si se puede apreciar algo de color azul o púrpura, entonces estas habas que están parcialmente fermentadas, se clasifican como parcialmente parda o parcialmente púrpura. Si toda la superficie del corte es azul o púrpura, sin manchas pardas y los cotiledones están juntos comprimidos fuertemente, se clasifica como totalmente púrpura. Las habas menos fermentadas, que se definen en esa clasificación, son de color gris, lo que se debe a que las células pigmentadas no han liberado sus contenidos y no se ha producido ninguna de las transformaciones químicas de la fermentación.

En la practica, ninguna fermentación es uniforme, y como la fermentación excesiva trae consigo la perdida, tanto de intensidad como de calidad de sabor, el grado ideal de fermentación que debe de resultar en la prueba de corte, es del 70-80% de habas completamente fermentadas y 20-30% parcialmente pardas y parcialmente púrpuras.

Deben estar ausentes las habas grises, y su presencia se reflejará en la astringencia del sabor del chocolate (11).

4.2 FERMENTACIÓN.

El sabor y aroma del cacao y del chocolate depende en gran medida de la manera en que los granos de cacao han sido fermentados, pues la ausencia del sabor deseado del chocolate, a partir de granos no fermentados o fermentados ligeramente, ha sido tratado por los fabricantes de chocolate (78).

La fermentación se inicia con las levaduras que convierten los azúcares de la pulpa en alcohol etílico. Se producen así las condiciones iniciales anaerobias, pero luego las bacterias comienzan a oxidar el alcohol etílico en ácido acético y posteriormente en dióxido de carbono y agua, produciendo más calor y la consiguiente elevación de la temperatura en más de 10 °C durante las primeras 24 horas y hasta más de 40 °C en una buena fermentación activa.

Cuando la pulpa empieza a degradarse y a drenarse durante el segundo día, las bacterias van en aumento, se produce el ácido láctico y las bacterias acéticas quedan en condiciones ligeramente más anaerobias, oxidando más activamente el alcohol a ácido acético. Para entonces la temperatura habrá alcanzado casi 50 °C. Durante los pocos días restantes de una fermentación normal de Forastero, de 5 a 6 días, la actividad bacteriana continúa bajo condiciones de aireación, progresivamente mayor, ya que los restos del drenaje de la pulpa desaparecen permitiendo que el aire se difunda por entre las habas. La alta temperatura se mantiene por la actividad bacteriana.

El proceso del volteo tiene efecto inmediato de aumentar la aireación y por consiguiente la actividad bacteriana, la que se refleja en la rápida elevación de temperatura, que puede superar al efecto del enfriamiento provocado por el volteo. Uno de los objetivos del volteo es asegurar el grado de fermentación igualado, pero se ha encontrado considerable variación entre las diferentes partes aun cuando se practique el volteo (11).

Dentro de las familias más importantes que se encuentran fermentando los granos de cacao se encuentran las siguientes: *Lactobacillaceae*, *Bacillaceae*, *Pseudomonadaceae*, *Micrococcaceae*, *Corynebacteriaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Propionibacteriaceae*, *Actinomycetaceae*, *Azotobacteraceae* y *Brevibacteriaceae*.

Aunque los microorganismos más comúnmente aislados de la superficie de las vainas son: *Micrococcus luteus*.

Este proceso se lleva a cabo a temperatura controlada para prevenir germinación, oscurecimiento de los granos, reducir astringencia y sabor ácido, incrementar las notas de sabor a nueces y endurecer la piel (78).

Todos los métodos de fermentación dependen de apilar una cantidad de habas frescas con la pulpa suficiente para que los microorganismos produzcan calor, elevando la temperatura a la vez que se permite un acceso limitado de aire entre las habas. Puede ser como en los pequeños granjeros de África Occidental, que se haga en montones cubiertos con hojas de plátano, o como es normal en las plantaciones más importantes, en cajas con las habas cubiertas con hojas de plátano y con agitación.

Las cajas deben estar separadas para que drene la pulpa licuada y para que penetre algo de aire, bien, por medio de orificios pequeños en el fondo de la caja o preferiblemente a través de un suelo de tablillas separadas 6 mm. Los pesos de los lotes a fermentar pueden ser de 90-1100 kg de habas de cacao húmedas (11).

Los ácidos de los granos de cacao cosechados son producidos por metabolismo microbiano de la pulpa, los cuales son absorbidos después al cotiledón, o por metabolismo del tejido nativo.

La presencia de ácidos durante la fermentación es necesaria para matar los granos y así prevenir la germinación, solubilizar polifenoles y ayudar en la difusión del contenido de las células de almacenamiento a las cercanías del tejido llamado parénquima.

La muerte del grano es importante porque se acompaña de la pérdida de la integridad celular y la vacuolización del cotiledón, por consiguiente, permitiendo que se mezclen los sustratos y la enzimas llevando a cabo reacciones que producen precursores del sabor del chocolate. La difusión de ácidos también provee un ambiente ácido para que ocurran reacciones enzimáticas y proteger al grano de ataques de bacterias encargadas de su descomposición, que provocan olores desagradables debido a la producción de ácidos grasos volátiles de C_3 a C_5 y si estos ácidos están presentes en los granos de cacao indican el principio de putrefacción provocando sabores en los granos "apagados", "insípidos" o "a madera", los cuales son desagradables.

Existen diferencias en las características ácidas de los granos de cacao producidos en diferentes países.

Los granos de cacao de Brasil y Malasia, por ejemplo, se conocen por ser excesivamente ácidos en comparación con los granos del Oeste de África, por lo que los primeros son utilizados en cantidades límite dentro de la formulación.

La presencia de ácido acético y láctico, ya sea solos o en combinación, ha sido implicada como la causa más probable de una alta acidez en los granos.

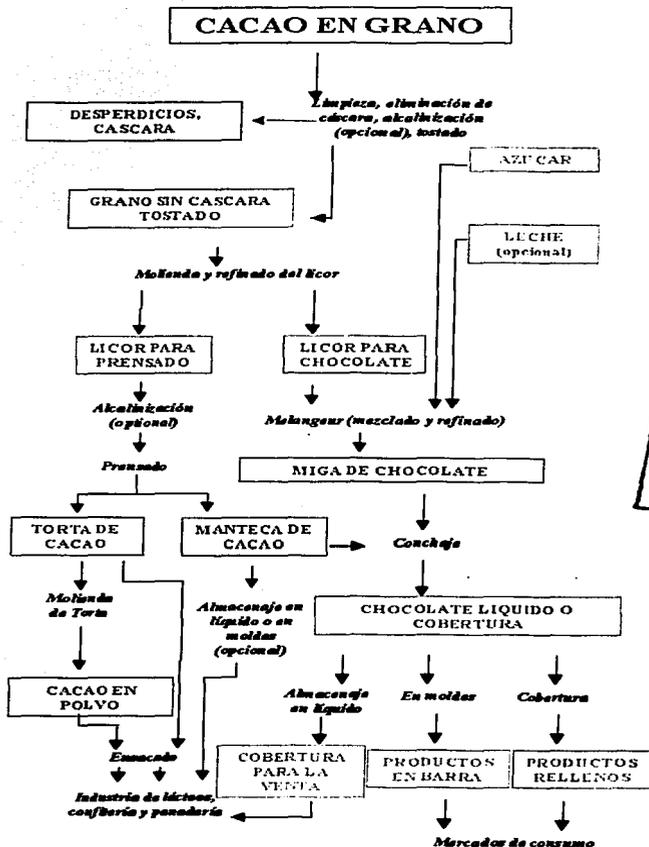
Los ácidos volátiles de los granos de cacao son: ácido acético, propiónico, isobutírico e isovaléricomientras que los ácidos no volátiles son ácido oxálico, cítrico, tartárico, málico, succínico y láctico.

Los granos de cacao que tienen una alta fermentación, tienen valores de acidez más elevados, mientras que los granos con valores bajos de acidez indican que la fermentación ha sido deficiente.

Los ácidos acético y cítrico, representan a los ácidos volátiles y no volátiles, respectivamente, que se encuentran mayormente en los granos fermentados. Sólo el ácido acético tiene una alta correlación entre el pH y la acidez titulable, lo cual indica que este ácido podría ser el responsable de la alta acidez en los granos de cacao producidos en algunos países.

Las variaciones en la acidez de los granos de cacao pueden ser debidas en parte al grado de fermentación y a las diferentes técnicas de fermentación utilizadas (89).

Dentro de los países que producen granos de cacao bien fermentados, los de Trinidad han ganado reputación mundial por sus granos de alta calidad y el fuerte sabor que dan al chocolate (78).



Fuente: www.unctad.org/infocomm/espagnol/cacao/cadena.htm

Para fines de este capítulo, el diagrama de flujo sólo se considerará hasta el paso de obtención de los productos del cacao (licor, manteca y cacao en polvo).

El primer proceso que debe preceder a la obtención de productos de cacao es la:

4.3 LIMPIEZA.

Los granos crudos de cacao se reciben en condiciones razonables de limpieza y libres de cualquier cantidad de arena en la superficie y pequeñas piedras. La infestación por insectos se ha reducido en gran cantidad como resultado del gran control en el país originario y en los depósitos de almacenamiento. Existe la costumbre en muchas fábricas de chocolate de fumigar los granos pudiendo provocar la presencia anormal de residuos de pesticidas.

La maquinaria consiste en una serie de operaciones en las que los granos atraviesan por un tamiz con diferentes mallas, corrientes de aire y separadores magnéticos que remueven restos de sacos en los que son transportados, piedras, arena, metales y granos inmaduros.

El polvo de las operaciones de limpieza tiene una contaminación microbiana muy elevada y es por esto que el equipo debe estar localizado en una área separada del proceso de producción.

4.4 TRITURACIÓN Y VENTILACIÓN (WINNOWERING).

La parte valiosa del grano de cacao es el cotiledón, la cáscara exterior es material de desecho de bajo valor. El fin de todos los productores de chocolate es separar la cáscara completamente a través de maquinaria que permita la adecuada separación de la cáscara del cotiledón.

4.5 ALCALINIZACIÓN.

La alcalinización se usa principalmente para producir cambios en el color de los granos y ayudar a la producción de licor y polvo de cacao.

Para realizar esta operación se utilizan soluciones de carbonato de potasio, en el que la solución precalentada de álcali se agrega al tambor de tostado antes de que se cargue con los granos.

Los granos alcalinizados se secan lentamente con temperaturas menores de 100°C. Este proceso desarrolla color, y es seguido del tostado a altas temperaturas.

4.6 TOSTADO.

Los granos de cacao son tostados para desarrollar más adelante el verdadero sabor del chocolate, que ya existe en los granos en forma de precursores provenientes de una correcta fermentación y secado de los granos originales. Existen diversos cambios durante el tostado que ocurren en los granos fermentados y secos, como:

- pérdida de humedad de granos,
- pérdida de la cáscara,
- el grano se hace más frágil y generalmente su color se oscurece,
- existe degradación de los aminoácidos y las proteínas que son parcialmente desnaturalizadas,

- hay una pérdida de ácidos volátiles y otras sustancias que contribuyen a la acidez y amargura. Un gran número de compuestos han sido detectados en los productos volátiles como aldehídos, cetonas, furanos, pirazinas, alcoholes y ésteres.

El grado de cambios está relacionado con el tiempo y temperatura del tostado y con el rango de pérdida de humedad durante el proceso.

Las condiciones de tostado varían en gran medida según la maquinaria y el producto que se requiera. Algunos chocolates, particularmente el chocolate blanco, requieren temperaturas bajas de tostado y algunos polvos de cacao, sí requieren de matices rojizos, también necesitan temperaturas bajas de tostado. Para producir manteca de cacao con ligero sabor, son mejores temperaturas más bajas.

La determinación del punto óptimo del tostado para la obtención de los mejores resultados en etapas subsecuentes todavía es objeto de juicios personales y cuando se tienen granos de origen diferente no es práctico establecer las condiciones exactas de tostado, aún con un sólo tipo de tostador. En planta todavía se tiene la costumbre de decidir que el proceso de tostado ha finalizado oliendo una muestra e indicando de esta manera si el tiempo y temperatura correctos han sido alcanzados.

4.7 ESTERILIZACIÓN.

Aunque la mayoría de los microorganismos han sido destruidos en etapas iniciales del tostado, una esterilización final asegura la destrucción de bacterias termorresistentes y esporas.

Esto garantizará las siguientes condiciones en los granos:

Tabla 4.1. Condiciones de los granos de cacao al final de la esterilización.

Cuenta en placa	Menos de 100 UFC/g
Enterobacterias	Menos de 10 UFC/g
E. coli	Negativo
Salmonella	Negativo
Esporas	Menos de 100 UFC/g

Fuente: Minifie, B.W., 1999.

Los granos tostados se enfrían introduciendo aire estéril que ha pasado por un filtro contra bacterias.

Después del tostado y/o alcalinización los cotiledones se someten a un calentamiento fino superior a los 35°C para obtener licor de cacao, que es uno de los productos que se venden en la industria del cacao. Sin embargo, la mayor parte del licor de cacao es procesado más adelante para separarla en manteca de cacao y una "torta" de cacao que se obtienen mediante presión hidráulica a presiones por arriba de los 600 bar.

Las "tortas" se rompen y pulverizan finamente para obtener polvo de cacao, la manteca de cacao se filtra para remover partículas residuales de la "torta" de cacao y se obtiene lo que se llama manteca cruda de cacao que puede ser usada como tal, aunque la mayor parte es deodorizada para remover el sabor a cacao.

El licor y la manteca de cacao son usados como materiales crudos en la industria chocolatera (72).

CAPITULO V. PROCESO Y COMPOSICIÓN DEL CHOCOLATE.

5.1 COMPOSICIÓN DEL CHOCOLATE.

El chocolate es un alimento altamente energético con un complejo patrón nutricional, cuyo contenido de lípidos es de 28-40% (manteca de cacao, posiblemente otras grasas vegetales y grasa de leche), 50-70% de carbohidratos y de 4-8% de proteínas. Es también una fuente importante de sales minerales, como Ca, Mg, Fe, Na y K que provienen del licor de cacao, y vitaminas como riboflavina, vitamina A y vitamina E (69).

La composición exacta del chocolate es diversa a través del mundo debido a la diferencia de gustos y legislación, la cual está interesada principalmente en los porcentajes de cacao y sólidos de leche añadidos, en cantidades y tipos de grasas vegetales permitidos (69).

Según el Proyecto de Norma Oficial Mexicana, el chocolate se define como el producto homogéneo elaborado a partir de la mezcla de dos o más de los siguientes ingredientes: pasta de cacao, manteca de cacao, cocoa, adicionado o no de ingredientes opcionales, tales como azúcares u otros edulcorantes, productos lácteos y aditivos para alimentos, encontrándose dentro de éste diferentes variedades (111).

En muchos países, la producción de chocolate está estrictamente controlada por la ley, en la mayoría de los casos restringiendo ingredientes como azúcar, manteca de cacao, sólidos de cacao y sólidos de leche.

Algunos países como el Reino Unido permiten que un cierto porcentaje de manteca de cacao sea sustituido por grasa vegetal, y otros países permiten el uso de gajo de nuez, suero de leche, etc.

5.1.1 Licor de cacao.

Los granos de cacao contienen aproximadamente 88% de cotiledones, 11% de cáscara y 1% de germen. Una vez que son cosechados, los granos se fermentan, limpian, tostan y se separan los cotiledones de los granos.

El cotiledón o nib es una masa celular que contiene aproximadamente 55% de manteca de cacao encerrada dentro de la estructura celular.

La pulverización rompe las paredes celulares desprendiendo la grasa, la cual al ser licuada por calor friccional, se vuelve la fase continua en el que las partículas de la célula desintegrada se suspenden. Esta pasta fluida es llamada "licor de cacao" o "masa de cacao".

En la siguiente tabla se enlistan los parámetros de calidad que debe cumplir el licor de cacao:

Tabla 5.1 Especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas del licor de cacao.

Parámetro	Especificación
Humedad (%)	1.5 máx
pH (solución al 10%)	5.2-5.4
Grasa (%)	52-54
Fibra cruda (%)	4.7 máx
Cenizas totales (%)	3.8 máx
Cenizas solubles en agua (%)	2.4
Proteína (%)	14
Carbohidratos (%)	18
Teobromina (%)	1.8-2.8
Microorganismos totales	10 000 máx
Mohos y levaduras/g	50 máx
Coliformes totales (U.F.C./g)	< 3
Salmonella	Negativo
Coliformes fecales	Negativo

Fuente: www.chocolates.com.co/pi_boletin_04.htm

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

5.1.2 GRASAS.

Las grasas encontradas en el chocolate incluyen manteca de cacao, grasa de leche y, en el Reino Unido, grasa vegetal sin manteca de cacao. Éste último grupo es comúnmente conocido como "equivalentes de manteca de cacao" o CBEs (69).

Al elegir el tipo de grasa que va a utilizarse se deben tomar en cuenta varios puntos.

1. El sabor que se desea obtener en el producto final.
2. Algunos no contribuyen al sabor pero proveen estructura, y la permanencia de algunos ingredientes disueltos
3. Proveer brillo, acabado en la superficie y apariencia atractiva al consumidor
4. Sirve como medio de transferencia de calor durante el proceso de tostado
5. Provee una barrera a la humedad
6. Aplaza la migración de la grasa (47).

5.1.2.1 Manteca de cacao.

Para alcanzar los requerimientos legales, la mayoría de los chocolates deben contener al menos 20% de manteca de cacao, la cual tiene propiedades incomparables que cualquier otra grasa, pues, es la manteca de cacao la que da al chocolate su sabor único y la excepcional vida de anaquel gracias a su estabilidad oxidativa.

Las propiedades físicas características de la manteca de cacao que dan al chocolate su textura especial, radican en sus propiedades únicas de fusión, por ejemplo: permanece sólido a temperatura ambiente por arriba de los 28°C, pero se funde completamente a 36°C (por debajo de la temperatura de

la boca). La manteca de cacao se obtiene a partir del licor de cacao dejando el polvo de cacao.

De ciertas fuentes deberá ser deodorizada para remover potencialmente los sabores ácidos, pero este proceso puede reducir sus propiedades antioxidantes.

5.1.2.2 Grasa de leche.

Es utilizada por cuatro razones:

- para el sabor,
- como un modificador de textura (para chocolate suave),
- como un inhibidor del florecimiento del chocolate,
- para reducir los costos.

Existen dos procesos principales para la incorporación de leche en el chocolate, la cual confiere diferentes sabores en los productos resultantes:

- los procesos continentales usando leche en polvo añadida al licor de cacao,
- el proceso de miga usado en el Reino Unido que es frecuentemente utilizado en los Estados Unidos de América y en ciertos países europeos, donde la leche, azúcar y licor de cacao son condensados bajo vacío y el sólido resultante se muele para obtener un polvo que se añade después a la "masa de cacao".

5.1.2.3 Equivalentes de manteca de cacao (CBEs).

Son preparados a partir de illipe (sebo de Borneo), manteca vegetal y aceites de palma.

Tienen una composición de ácidos grasos casi idéntica a la de la manteca de cacao, por lo que las propiedades físicas de una mezcla con manteca de cacao en cualquier proporción son prácticamente las mismas que las obtenidas con manteca de cacao únicamente.

5.1.3 AZÚCAR.

El azúcar es empleada para contrarrestar la amargura de los sólidos de cacao en el chocolate simple.

En el chocolate con leche, particularmente el azúcar en forma de miga, tiene una gran influencia en el sabor final.

La combinación de las proteínas de la leche y el azúcar da lugar a las reacciones de Maillard que conllevan al sabor característico de caramelizado en la mayoría de los chocolates con leches del Reino Unido.

Los carbohidratos nutritivos edulcorantes, pueden ser cualquiera de los utilizados típicamente en el arte e incluyen, pero no están limitados a: sacarosa, dextrosa, fructosa, lactosa, maltosa, sólidos de jarabes de glucosa, jarabes de maíz sólidos, azúcar invertido, lactosa hidrolizada, miel, azúcar maple, azúcar morena, melazas y otros parecidos.

El azúcar puede ser parcial o totalmente sustituida con un alcohol de azúcar, tales como sorbitol, xilitol, manitol, isomaltol, lactitol, maltitol y mezclas de estos mismos.

En adición, el azúcar o alcohol de azúcar, pueden ser parcial o completamente sustituidos con un edulcorante de alta potencia.

Estos edulcorantes de alta potencia incluyen, pero no están limitados a: aspartame, sacarina, alitame, taumatina, dihidrochalconas, ciclamatos, estevioside, glicirhizinas, alcoxy aromáticos sintéticos, tales como dulcina y P-4000, sucralosa, suosana, miraculina, monelina, acesulfame-K, péptidos de aminoácidos tales como derivados de ésteres de aspartil malonato, ácido succinánilico, gemdiaminoalcanos y otros parecidos. Cuando se emplean edulcorantes de alta potencia, es deseable incluir agentes para dar cuerpo, como carbohidratos no digeribles entre los que se encuentran la povidexrosa y muchos otros parecidos (69).

Es necesario que los fabricantes verifiquen la situación legal de los aditivos a emplear en el proceso de obtención del chocolate.

5.1.4 EMULSIFICANTES.

Un emulsificante es casi siempre un componente clave en los chocolates CBE, CBR y CBS.

Los emulsificantes pueden ser divididos en 2 categorías, de acuerdo como afectan las propiedades reológicas y como afectan a la cristalización.

La lecitina, fosfolípidos sintéticos y poliglicerol tienen influencia en las propiedades reológicas mientras que los ésteres de sorbitan, monodiglicéridos y ésteres de sorbitan etoxilado tienen efecto en la cristalización.

Se ha demostrado que no sólo el emulsificante seleccionado, sino también el orden en la adición puede tener influencia en la reología.

Musser encontró ciertos tipos de funciones de los emulsificantes en la confitería de chocolate:

1. Auxiliando en el mejoramiento del impacto del sabor a chocolate.
2. Ayuda a la dispersión y mantenimiento de la vida de anaquel del color en baños o coberturas de chocolate.
3. Modifica el rango de cristalización durante el atemperado mejorando el tamaño de los cristales y el brillo.
4. Mejora la permanencia del brillo.

Claramente, es posible influenciar las propiedades físicas de la confitería con emulsificantes, pero es difícil predecir en términos generales como será esa influencia, por eso es necesario evaluar cada emulsificante en una aplicación específica. Mono y diglicéridos son adicionados a caramelos, nougats y fudges en una concentración del 0.9-1% para mejorar su calidad, vida de anaquel y firmeza (47).

Los emulsificantes más utilizados en el arte incluyen, pero no están limitados a: lecitina, monoestearato de sorbitano, triestearato de sorbitano, polisorbato 60, 65 y 80, DATEM®, ésteres parciales de sacarosa y muchos otros parecidos (40).

5.1.5 ALTERNATIVAS DE LA MANTECA DE CACAO.

La fase grasa del chocolate, la manteca de cacao, es la mayor responsable de las propiedades que incluyen textura, excelentes propiedades de calidad y su característica fusión a la temperatura corporal. Pero ya en el chocolate, presenta ciertas propiedades que interfieren en otras aplicaciones:

- 1.El chocolate es muy sensible a fluctuaciones de temperatura, por lo tanto, el ambiente de los sistemas de distribuciones debe ser cuidadosamente controlado para mantener la apariencia e integridad del producto terminado.
2. El chocolate se caracteriza por su fuerte contracción y su textura frágil, estas propiedades son las menos óptimas si se desea una matriz suave y esponjosa.
- 3.La presencia de otras grasas en el centro cubierto, da como resultado cambios en la vida de anaquel.
4. El chocolate requiere un cuidadoso atemperado.
5. La manteca de cacao y el concentrado de chocolate tienen precios altos; las grasas alternativas a la manteca de cacao proveen la oportunidad de reducir los costos de la formulación total y del proceso (por ejemplo, porque muchas alternativas de la manteca de cacao no requieren atemperado y se ahorra tiempo y energía).

Las alternativas a la manteca de cacao no sólo se utilizan por reducir costos, sino para obtener ventajas y condiciones que requiere el producto. Dichas alternativas presentaron mayor demanda con el dramático incremento en el precio de la manteca de cacao que sucedió en 1953 y 1954, lo que sumado a las ventajas técnicas, abrió el mercado de las alternativas a la manteca de cacao mucho más.

La grasa que se utilice y los sólidos no grasos (sólidos de cacao, azúcar y sólidos de leche), contribuyen significativamente al sabor, color y palatabilidad del producto final. Todas estas fases estabilizan la calidad, propiedades reológicas, precio y aceptabilidad de los productos terminados.

Existen tres familias de alternativas de la manteca de cacao:

1. Extensores y equivalentes de manteca de cacao (CBEs).
2. Sustitutos no láuricos de manteca de cacao (CBRs).
3. Sustitutos láuricos de manteca de cacao (CBSs).

Cada familia puede dividirse en varias subcategorías.

Los equivalentes de manteca de cacao están compuestos de los mismos tipos de triacilglicérolos que la manteca de cacao, y por lo tanto deben ser también atemperados.

Por otra parte, los sustitutos láuricos y no láuricos están formulados con triacilglicérolos diferentes y cristalizan espontáneamente (sin atemperado) en sus polimorfos estables.

Con referencia a las regulaciones del uso del término "Chocolate", se emplean los siguientes términos al discutir formulaciones y aplicaciones para los productos que contienen alternativas de manteca de cacao:

1. Chocolate: contiene sólo manteca de cacao y grasa de leche.
2. Chocolate CBE: la manteca de cacao en parte o en su totalidad ha sido sustituida con un CBE.
3. Chocolate CBR: la manteca de cacao ha sido reemplazada parcial o totalmente con un CBR .
4. Chocolate CBS: toda la manteca de cacao ha sido sustituida con un CBS.

5.1.5.1 Equivalentes de manteca de cacao.

Los términos de equivalente de manteca de cacao o extensor de manteca de cacao son utilizados casi siempre por igual, pero técnicamente estos describen categorías de productos separados.

Los equivalentes son grasas que se comportan como y son compatibles con la manteca de cacao en cualquier proporción, estos no alteran la fusión, proceso y propiedades reológicas de la manteca de cacao y además tienen características fisicoquímicas similares a las de la manteca de cacao.

Por otra parte los extensores pueden ser mezclados con manteca de cacao en una limitante sin ninguna alteración significativa en su fusión, procesado y propiedades reológicas y no necesariamente tienen las mismas características fisicoquímicas que la manteca de cacao.

La calidad de los extensores se determina en función de su perfil de triacilglicérolos y el grado de compatibilidad con la manteca de cacao.

Algunos equivalentes pueden ser también utilizados como extensores.

Algunos CBEs son de origen tropical e incluyen:

1. Aceite de palma (*Elaeis guineensis*), procedente de Malasia, Indonesia, Oeste de África, Papua Nueva Guinea y América del Sur.
2. Aceite de Illipe (*Shorea stenoptera*), grasa que algunas veces se refiere como manteca verde, procedente de la isla de Borneo.
3. Aceite de Shea (*Butyrospermum parkii*) grasa de las regiones del centro y oeste de África.
4. Aceite de Kokum (*Garcinia indica choisy*) grasa procedente de la India.

Tabla 5.2 Composición de ácidos grasos típicos y patrones de triacilglicerolos para los Equivalentes de manteca de cacao.

	Manteca de cacao	Palma	Illipe	Shea	Sai	Kokum
Palmitico (P)	25	45	16	4	5	2
Estearico (St)	36	5	46	43	44	57
Oleico (O)	34	38	35	45	40	40
Linoleico (L)	2	10	-	7	2	1
Araquidónico (Ar)	1	-	2	-	7	-
PPP	-	5	-	-	-	-
POSt	39	3	35	5	11	5
StOSt	26	-	45	40	42	72
POP	16	26	7	-	1	-
StOAr	2	-	4	2	13	-
SILP	4	2	-	-	-	-
PLP	2	7	-	-	-	-
StLSt	1	2	-	-	-	-
PPO	-	5	-	-	-	-
StOO	4	3	3	27	16	15
POO	4	19	-	2	3	-
StOL	-	-	-	6	1	-
OOO	-	3	-	5	3	2

Fuente: Hul, Y.H., 1996.

5.1.5.2 Sustitutos no láuricos de manteca de cacao.

Los sustitutos no láuricos de manteca de cacao son derivados de la hidrogenación parcial y fracción de aceites de coco, soya, algodón, canola y palma.

La hidrogenación parcial incluye métodos a elevadas temperaturas, hidrogeno a presiones reducidas e hidrogenación catalizada con níquel.

La hidrogenación favorece la producción de ácido trans_oleico y minimiza la formación de ácido estearico, lo que disminuye el nivel de grasa sólida remanente a la temperatura corporal.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Comparado con el chocolate, los chocolates CBR se caracterizan por una baja calidad y coeficiente de contracción. Por lo tanto para obtener color, aroma y sabor a chocolate se requiere cocoa en polvo, bajo en grasa. Estas grasas están asociadas con una buena vida de anaquel.

Las aplicaciones en el mercado incluyen bizcochos, chips para hornear y barras de chocolate económico.

Los CBRs representan muchas ventajas sobre el chocolate y el chocolate CBE:

1. El conchado es generalmente eliminado o se minimiza a solo unas horas.
2. No se requiere de atemperado, el polimorfo estable se forma espontáneamente.
3. Provee una capa más flexible y elástica para rellenos más suaves y esponjosos .
4. Tolerancia altas temperaturas.
5. Bajo costo.

5.1.5.3 Sustitutos láuricos de manteca de cacao.

Los sustitutos láuricos de manteca de cacao se encuentran predominantemente en el aceite de coco y de palma.

El chocolate CBS presenta buena textura y sabor, así como brillo y buen moldeo, es duro y seco a temperatura ambiente. Presenta excelente estabilidad oxidativa, puede o no ser atemperado, aunque se recomienda para maximizar el brillo y la retención.

Las aplicaciones incluyen coberturas para panadería y confitería, donde la cobertura es importante, pero no un factor determinante en la calidad del producto. La más alta calidad en estos sustitutos deriva del aceite fraccionado de palma.

Estos sustitutos cristalizan rápidamente y por eso representan una ventaja en la manufactura sobre los productos basados en CBRs.

Los chocolates formulados con sustitutos de manteca de cacao muestran excelente textura, moldeo, brillo y estabilidad oxidativa.

Los sustitutos de manteca de cacao fraccionados son típicamente la manteca dura de las coberturas, así como en la producción de mantequilla de cacahuate y chispas con sabor a chocolate para panadería.

En general, muchas de las ventajas anteriormente descritas para los CBRs, también aplican para los CBS (47).

5.2 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL MATERIAL CRUDO.

5.2.1 Granos de cacao.

Este material crudo parece representar una dificultad especial, ya que es esencial estipular al menos las siguientes reglas como una parte permanente de un contrato para la entrega y tomarlas como la base para el análisis del material.

Las siguientes características deberán ser consideradas cuando se establezcan las especificaciones del material crudo:

- sabor, pureza y riqueza,
- peso por 100 granos,
- porcentaje máximo de granos molidos,

- porcentaje máximo de granos dañados por insectos,
- porcentaje máximo de granos pizarrosos,
- porcentaje máximo de granos morados,
- porcentaje mínimo de granos completamente cafés,
- humedad máxima,
- cantidades residuales máximas de pesticidas.

Los valores a ser insertados dependen, primero de las regulaciones existentes y, segundo, de los estándares de calidad del proveedor.

5.2.2 Azúcar.

Cada compañía debe decidir que requerimientos son los que desea fijar. Para su uso y estándares de calidad, las características deseadas en tipo de color, color en solución y cenizas deben establecerse.

Desde el punto de vista de almacenamiento en silo, se deben tener límites establecidos para el porcentaje de humedad permitido.

5.2.3 Manteca de cacao.

Los estándares para la manteca de cacao se encuentran principalmente en las Regulaciones de Cacap. La manipulación o falsificación de la manteca de cacao desde el punto de vista de estándares está fuera de cuestión. Aunque es inevitable, que debido a las características particulares de este producto, se deban tomar en cuenta ciertas desviaciones.

La ejecución de pruebas de análisis depende únicamente de las posibilidades del laboratorio en cuestión. En cualquier caso, parece ser importante hacer una prueba organoléptica contra una prueba estándar como una forma de controlar el estado de frescura por medio del índice de peróxidos y acidez.

Es importante no desatender las cantidades residuales de pesticidas en la manteca de cacao.

Tabla 5.3 Especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas de la manteca de cacao.

Parámetro	Especificación
Humedad %	0.4-0.6
Acidez %	0.8-1.0
Índice de Yodo	32-41
Índice de Saponificación	188-200
Índice de refracción a 40°C	1.4530-1.4578
Densidad a 25°C (g/cm ³)	0.9450-0.9760
Punto de fusión (°C)	32-35
Punto de solidificación (°C)	29-33
Mesófilos / g	5 000 máx.
Mohos y levaduras (U.F.C./g)	50 máx.
Coliformes totales (U.F.C./g)	<3
Coliformes fecales (U.F.C./g)	Negativo

Fuente: www.chocolates.com.co/pi_boletin_04.htm

5.2.4 Leche en polvo.

Otro de los principales materiales crudos para el procesamiento de chocolate son los productos de leche secos. Como un ejemplo, se considerará la leche en polvo y sus características.

Es esencial una cierta distribución del tamaño de partícula de la leche en polvo no sólo para el almacenamiento en silo sino para los resultados de refinamiento.

Se debe asegurar la calidad microbiológica, especialmente la ausencia de coliformes y Salmonella, aunque el medio casi libre de agua no permite el crecimiento de bacterias, pues las condiciones del procesamiento del chocolate no son adecuadas para eliminar microorganismos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Sin embargo, es de especial significancia realizar la prueba de gusto comparándolo con un estándar en cuanto a frescura y sabor, esta prueba debe llevarse a cabo en un estado líquido (por ejemplo: después de la disolución). Los insecticidas residuales en este material crudo también deben ser revisados (58).

5.3 FABRICACIÓN DEL CHOCOLATE.

5.3.1 Mezclado.

El azúcar (y miga o leche en polvo para chocolate con leche) se agrega al licor de cacao (o masa de cacao) para después mezclarlo completamente.

Los procesos para la preparación de chocolate a partir de los ingredientes son variados pero podemos dividirlos en dos tipos:

el proceso llamado mezclado seco en el cual la leche, si es usada se encuentra en polvo, todos los ingredientes como licor de cacao, leche en polvo, azúcar y otros ingredientes secos se mezclan con suficiente manteca de cacao para formar una pasta suave, la cual se refina mecánicamente en rodillos demoleedores. Este proceso se lleva a cabo por diferentes manufactureras en varios grados para asegurar productos finos.

El segundo difiere del primero en que la leche es premezclada con el azúcar y después mezclada con el licor de chocolate y la mezcla es secada, con o sin una preconcentración. A esta mezcla se le conoce con el nombre de miga y esta miga se utiliza después para mezclar con los otros ingredientes.

5.3.2 Refinado.

Este proceso proporciona la textura suave para reducir el tamaño de partícula.

La pasta licor de cacao/azúcar se pasa a través de una serie de rodillos refinadores a la cual se le añade manteca de cacao para mantener las propiedades de flujo conforme el área de la superficie de las partículas sólidas aumenta (69).

El refinamiento consiste en hacer pasar la pasta, obtenida del proceso de amasado, entre rodillos de acero, que se utilizan en la fabricación convencional de chocolate para reducir el tamaño de partícula a menos de 25-30 μ . Típicamente, la pasta se pasa dos veces a través de rodillos trituradores. Las presiones de pulverización pueden ser de 15 bares para la primera trituración y 20 bares para la segunda.

Como resultado del refinamiento, se obtiene una pasta homogénea sin exudaciones grasas (40).

5.3.3 Conchado.

El conchado es la transformación de chocolate, miga de leche y grasas agregadas en la forma de manteca de cacao, CBEs (si se requieren), lecitina (emulsificante) y cualquier otro sabor como vainilla, en una pasta fluida.

Esta operación tiene por objetivo refinar la textura de la mezcla a través de agitación continua en un tanque de gran tamaño y cubrir todas las partículas producidas en los procesos anteriores con grasa para obtener el mouthfeel suave característico de un buen chocolate.

El conchado también tiene por objeto modificar el sabor de la masa de chocolate reduciendo la astringencia y permitiendo que notas sutiles agradables se desarrollen (69).

Esta operación se puede efectuar en una sólo etapa (conchado líquido) o en dos (primero conchado seco y después líquido). En el conchado seco, el polvo refinado es aireado por agitación mecánica a una temperatura que se escoge como función de la naturaleza de los constituyentes de la masa dulce. En el conchado líquido, la manteca de cacao, se derrite primeramente, se agraga a la pasta refinada.

La duración del paso de conchado es de unas horas a unos pocos días, por ejemplo, el conchado seco puede efectuarse en cinco horas, mientras que el conchado líquido puede tomar doce horas. El polvo refinado en el paso de conchado se trabaja a altas temperaturas, alrededor de 75-80°C en el caso del chocolate obscuro, y alrededor de los 65°C para chocolate blanco y con leche.

El sabor del chocolate se desarrolla en este paso. En virtud del aumento de temperatura y la aireación de la masa, compuestos indeseables, tales como aldehídos y ácidos grasos de cadena corta escapan de la masa por volatilización, mientras que otros compuestos que dan sabores se forman.

Además la reología del producto cambia, ya que el polvo obtenido al final del refinamiento progresa a un estado pastoso. Las partículas insolubles (de azúcar, cacao, sólidos lácteos y otros parecidos)son disociados por fricción y separación de agua. Para el posterior mejoramiento de estas características, un emulsificante, como lecitina, se agrega al chocolate unas pocas horas antes del final del conchado.

La lecitina cubre las partículas de azúcar y emulsifica las trazas residuales de agua para dar al chocolate buenas propiedades de flujo, que son esenciales para la etapa subsecuente de moldeado (40).

5.3.4 Atemperado.

Antes de que el chocolate pueda ser utilizado para el moldeo y revestimiento (cobertura); éste debe ser atemperado de manera que pueda quedar rápida y uniformemente con un buen color, textura y brillo permanentes.

El chocolate puede encontrarse en seis formas y sólo la más estable de éstas da el brillo y "estallido" deseados (69).

El atemperado del chocolate permite, a través de cambios físicos y químicos, la cristalización de la manteca de cacao en la forma estable V. Esto es necesario para una adecuada contracción, buen brillo y una vida de anaquel larga libre de florecimiento. Para esto, la pasta de chocolate se enfría a una temperatura que permita la creación de cristales semilla de todos tipos y se inicie la cristalización de todas las formas cristalinas.

Preferiblemente, la pasta se enfría a 27°C, posteriormente se calienta a 29°C para detener el desarrollo de cristales inestables y fundir los que ya existen. Los cristales remanentes están en la forma estable V (40).

Un chocolate mal atemperado manifiesta al salir del túnel de refrigeración las siguientes características:

- No se desmolda.
- Al cabo de muy poco tiempo se produce un blanqueamiento graso, debido precisamente a la existencia de formas polimórficas no estables en la manteca de cacao.

- Si se observa su punto de fusión, se ve que es inferior al que corresponde a la forma estable de la manteca de cacao.

En cambio, un chocolate bien atemperado no experimenta ninguno de los tres fenómenos citados anteriormente (35).

El paso final en el proceso es dependiente del uso final del chocolate. Es en este paso final en el que los cacahuates y otras inclusiones se agregan a la pasta de chocolate. Este paso incluye procesos estándares que son típicamente utilizados en las artes de la confitería, tales como incorporación, moldeado, depósito, extrusión (y co-extrusión), revestimiento, cocimiento y otros (40).

5.4 USOS DEL CHOCOLATE.

Existen dos principales destinos para los cuales el chocolate es utilizado:

5.4.1 Moldeado.

Este es el proceso en el cual el chocolate atemperado se deposita en recipientes de metal pulido tibios o moldes de plástico, que después son enfriados pasando a través de túneles de enfriamiento para dar un terminado rápido y una buena apariencia.

Un buen atemperado asegurará que la manteca de cacao se contraiga dentro del molde y pueda desmoldarse de una manera limpia. En general, los moldes metálicos pueden ser más efectivos de forma que el enfriamiento pueda ser transmitido fácilmente a través del molde; mientras que en los plásticos el enfriamiento se efectúa principalmente a través de la superficie del chocolate.

Actualmente, la combinación de moldes está disponible en acero inoxidable con acarreadores de policarbonato que es de los mejores en el mundo, pero con un costo extra.

5.4.2 Revestimiento.

Este es el proceso en el que los centros pasan a través de una cortina de chocolate atemperado y termina en un aparato que cubre las bases. Algunas veces, el producto se reviste por duplicado para asegurar una cobertura extra si es que el centro es especialmente vulnerable a influencias externas, o para completar la cobertura de superficies difíciles. Es estos casos, la primera cobertura puede que no requiera que se encuentre bien atemperada de forma que se provee para su fijación antes que la segunda cobertura se aplique.

La propiedad de contracción durante el enfriamiento de la manteca de cacao, esencial durante el moldeado, debe tomarse en cuenta en el revestimiento. Si los centros revestidos se enfrían demasiado rápido, el chocolate puede romperse, pero por otro lado si se enfría muy lento podría terminar el proceso descolorido y suave, por lo que este problema podría no aparecer en la etapa de empaque y sólo emerger cuando el empaque se abra (69).

5.5 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DURANTE EL PROCESO.

El proceso de ruptura y limpieza determina el porcentaje de cáscaras en el producto final y también determina la pérdida económica de cotiledones (nibs) que permanezcan en la cáscara. Este proceso deberá ser observado constantemente por el laboratorio de control de calidad.

El proceso de pulverización de los cotiledones para la obtención de manteca de cacao debe revisarse de modo que el grado de pureza pueda ser controlado.

Para atender el grado final de pureza, el proceso de refinamiento debe estar bajo control continuo.

El proceso de tostado y/o las condiciones de tostado son muy importantes. Por esta razón, el proceso de tostado es sujeto al control de la temperatura en el tambor de tostado. También es necesario vigilar el contenido de humedad del materia crudo. En el caso de que el contenido de humedad sea demasiado alto pueden modificarse las condiciones al inicio del tostado.

En el conchado los elementos principales son temperatura, flujo, humedad y el porcentaje de ácidos orgánicos resultantes de este proceso.

La temperatura puede seguirse fácilmente a través de termómetros con "grabadoras" unidas.

La humedad y el ácido acético se deben evaluar ocasionalmente durante el conchado.

El producto terminado de chocolate debe ser revisado en su viscosidad. Cuando las barras de chocolate son moldeadas, el grado de atemperado se debe revisar. Una inspección visual y control de peso de debe realizar al producto final (58).

CAPITULO VI. PRODUCTOS DE CHOCOLATE.

6.1 PRESENTACIONES COMUNES DE CHOCOLATE Y FORMULACIÓN.

En su presentación más sencilla, el chocolate es una combinación de azúcar con granos de cacao procesados, incluyendo sólidos y grasa de cacao conocida como manteca de cacao.

Existen tres principales formas, la primera, que se refiere a chocolate puro, es conocido comúnmente como chocolate oscuro; la segunda resulta de este chocolate combinado con leche en polvo y manteca de cacao, se conoce como chocolate con leche, y la tercera resulta de la combinación de azúcar, leche en polvo y manteca de cacao con sólidos de cacao, conocido como chocolate blanco.

En muchos de los países que tienen alto consumo de chocolate existen agencias que regulan estándares o rangos de los ingredientes de estos tres tipos de chocolate.

Una excepción notable es el chocolate blanco, en E.U.A. en donde no existe una regulación de los ingredientes del chocolate blanco.

Como se explicará más adelante, estos estándares tienen consecuencias en la vida de anaquel de chocolate.

Tabla 6.1. Formulaciones más comunes para el chocolate oscuro, con leche y blanco.

Ingrediente	Chocolate oscuro	Chocolate blanco (polvo)	Chocolate blanco (miga*)	Chocolate blanco
Concentrado de cacao	39.6	11.8	12.0	
Leche en polvo		19.1		25.0
Miga			70.0	
Azúcar	48.1	48.7		48.0
Manteca de cacao	11.8	20.0	18.0	26.6
Lecitina	0.3	0.32		
Sal	0.06			
Vainilla		0.08		

* Leche líquida es combinada con azúcar y concentrado, posteriormente se seca para formar "miga".

Fuente: Bomba, P.C., 1993.

El concentrado de cacao se forma con los granos de cacao molidos, este concentrado contiene aproximadamente 55% de manteca de cacao.

El contenido de grasa total puede variar con la formulación, fuente de ingredientes, etc., pero para chocolate oscuro con leche y blanco, este valor estará alrededor de 30%, ésta cantidad incluye manteca de cacao del concentrado y manteca de cacao adicionada y grasa de la leche.

El azúcar se encuentra alrededor del 50% más el azúcar de la leche (lactosa), es obvio, por lo tanto, que los chocolates tienen grasa y azúcar en gran cantidad, es por eso que cuidar la estabilidad y cambios de estos ingredientes durante la manufactura y almacenamiento forman parte esencial en la vida de anaquel de estos productos.

TESIS CON
FALLA DE CRÍTICA

6.1.1 Chocolate sólido oscuro.

Cuando el chocolate sólido oscuro ha sido procesado y almacenado en condiciones óptimas se espera que tenga una vida de anaquel de al menos un año.

El chocolate con leche sólido puede ser ligeramente más susceptible a ciertos tipos de defectos de almacenamiento, pero con un apropiado procesamiento, empaque y almacenamiento, su vida de anaquel no debe ser inferior a la vida de anaquel del chocolate oscuro (14).

El chocolate oscuro comúnmente conocido, generalmente sólo contiene licor de cacao, un carbohidrato nutritivo edulcorante y manteca de cacao, y es por definición un chocolate dulce o semidulce (40).

Tabla 6.2. Composición típica de chocolate oscuro.

Ingrediente	% (w)
Licor de chocolate	35-42%
Azúcar	46-51%
Manteca de cacao	10-14%
Lecitina	0.2-0.3%
Vainillina/vainilla	0.01-0.02%
Sal	0.00-0.06%

Fuente: Gordon, P., 1996.

6.1.2 Chocolate con leche.

El chocolate con leche es un dulce que contiene sólidos de leche no grasos, grasa de leche, licor de chocolate (u otra fuente de manteca de cacao), un carbohidrato nutritivo edulcorante, manteca de cacao y puede incluir otros ingredientes opcionales como emulsificantes o saborizantes y otros aditivos (40).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 6.3. Composición típica de chocolate con leche.

Ingrediente	% (w)
Licor de chocolate	10-16%
Sólidos de leche	12-30%
Azúcar	40-55%
Manteca de cacao	14-23%
Lecitina	0.1-0.4%
Vainillina/vainilla	0.01-0.05%
Sal	0.00-0.14%

Fuente: Gordon, P., 1996.

El Proyecto de Norma Oficial Mexicana (111) define al Chocolate con leche como el producto homogéneo elaborado a partir de la mezcla de dos o más de los siguientes ingredientes: pasta de cacao, manteca de cacao, cocoa, adicionado o no de ingredientes opcionales, tales como azúcares u otros edulcorantes, productos lácteos y aditivos para alimentos.

El chocolate dulce difiere del chocolate con leche en que éste último requiere más licor de chocolate y se limita la cantidad de sólidos lácteos. El chocolate semidulce requiere al menos de un 35% en peso de licor de chocolate y es similar al chocolate dulce en cuanto a su definición.

Los chocolates con suero de manteca y el chocolate con leche desnatada difieren del chocolate con leche, en que la grasa de la leche proviene de varias formas de suero de manteca de crema dulce y de leche desnatada, respectivamente, y en el caso de la leche desnatada, la cantidad total de grasa de leche está limitada a menos del mínimo para el chocolate con leche.

El chocolate blanco difiere del chocolate con leche en que no contiene sólidos de cacao no grasos.

TESIS CON
TALLA DE ORIGEN

Las definiciones y estándares de los U.S.A. para los distintos tipos de chocolate están bien establecidos y se encuentran en el Código de Regulaciones Federales, No. 21, parte 163, Productos de Cacao, 1 de abril de 1994.

Los chocolates no estandarizados son aquellos chocolates que pueden tener composiciones que caen fuera de los rangos especificados de chocolates estandarizados.

Ejemplos de chocolates no estandarizados resultan cuando la manteca de cacao o grasa de la leche son reemplazados total o parcialmente con otras grasas, o cuando los carbohidratos nutritivos edulcorantes se reemplazan total o parcialmente, o se utilizan sabores que imitan al de la leche, manteca o chocolate, u otras adiciones o sustracciones se realizan a la fórmula y se sale de los estándares de USFDA (40).

6.2 CLASIFICACIÓN OFICIAL DE LOS PRODUCTOS DE CHOCOLATE.

Los criterios para la identificación de productos definidos como chocolate son descritos por la FDA (Food and Drug Administration) Título 21 CFR, Parte 163; estos criterios se adecuaron a los estándares de la Comisión del Codex Alimentarius para el chocolate (Codex Stan 87-1981):

2.1.1. Chocolate con azúcares adicionados.

2.1.2. Chocolate no endulzado.

2.1.3. Cobertura de chocolate con azúcares adicionados.

2.1.4. Chocolate puro dulce con azúcares adicionados.

2.1.5. Chocolate con leche con azúcares y sólidos de leche adicionados.

2.1.6. Cobertura de chocolate con leche con azúcares y sólidos de leche adicionados.

2.1.7. Chocolate con leche con alto contenido de leche y azúcares y sólidos de leche adicionados.

2.1.8 Chocolate con leche descremada con azúcares y sólidos de leche descremada adicionados.

2.1.9. Cobertura de chocolate con leche descremada con azúcares y sólidos de leche adicionados.

2.1.10. Crema de chocolate con azúcares, crema y sólidos de leche adicionados.

2.1.11. Granillo de chocolate con leche con azúcares adicionados.

2.1.12. Hojuelas de chocolate con azúcares adicionados.

2.1.13. Granillo de chocolate con leche con azúcares y sólidos de leche adicionados.

2.1. 14. Hojuelas de chocolate con leche con azúcares y sólidos de leche adicionados.

El Codex también establece la lista de ingredientes de cada uno de los productos (47).

Tabla 6.4 Composición (% de materia seca calculada en el producto) de los productos de chocolate definidos en el Codex Estándar 87-1981.

Producto	Manteca de cacao	Sólidos de cacao libres de grasa	Sólidos de cacao totales	Grasa de leche	Sólidos lácteos libres de grasa	Grasa total	Azúcares
Chocolate	> 18	>14	>35	-	-	-	-
Chocolate no endulzado	>50-<58	-	-	-	-	-	-
Cobertura de chocolate	>31	>2.5	>35	-	-	-	-
Chocolate dulce(simple)	>18	>12	>30	-	-	-	-
Chocolate	-	>2.5	>25	>3.5	>10.5	>25	<55

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

con leche							
Cobertura de chocolate con leche	-	>2.5	>25	>3.5	>10.5	>31	<55
Chocolate con leche (alto contenido de leche)	-	>2.5	>20	>5	>15	>25	<55
Chocolate con leche descremada	-	>2.5	>25	<0.5	>14	>25	<55
Cobertura de chocolate con leche descremada	-	>2.5	>25	<0.5	>14	>31	<55
Crema de chocolate	-	>2.5	>25	>7	>3-14	>25	<55
Granillo de chocolate	>12	>14	>32	-	-	-	-
Hojuelas de chocolate	>12	>14	>32	-	-	-	-
Granillo de chocolate con leche	-	>2.5	>20	>3.5	>10.5	>12	<66
Hojuelas de chocolate con leche	-	>2.5	>20	>3.5	>10.5	>12	<66

Fuente: Hui, Y.H., 1996.

6.3 TIPOS DE CONFITERÍA DE CHOCOLATE.

6.3.1 Bloques moldeados

-Chocolate simple o con leche. Este puede contener:

-nueces tostadas (almendras, cacahuates, avellanas)

-nueces o frutas sin tostar (pasas)

-crema fondant o praline (dulce de azúcar con almendras o nueces)

-obleas o galletas cubiertas

-cereales (crispis).

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Bloques moldeados aereados.

El chocolate aereado ha sido un producto muy popular por muchos años. Los principales procesos de fabricación son:

- aereación al vacío. El chocolate atemperado se somete a vacío en el cual microburbujas de aire atrapado se expanden formando una estructura celular. Después el enfriamiento toma lugar, permaneciendo bajo vacío para evitar el colapso de la aireación.
- Inyección de gas; donde gas inerte, generalmente CO₂, es inyectado al chocolate bajo presión. El producto es moldeado después bajo presión atmosférica.

6.3.2 Bloques rellenos.

Los bloques de chocolate moldeados o rellenos pueden hacerse de dos formas, cada una de las cuales tiene sus partidarios. En la moldura el producto es depositado dentro del molde en su totalidad en una operación y un centro es empujado dentro de un molde lleno de chocolate.

6.3.3 Líneas directas (count lines).

Mientras que los bloques moldeados o barras son segmentados generalmente de manera que puedan comerse en varias ocasiones o se puedan compartir; las count lines se comen de una sola vez y por una persona. Son usualmente, pero no exclusivamente, revestidas y pueden contener:

- obleas: cubiertas con crema fondant o praline
- cereal: como los Rice crispis
- galletas
- frutas y/o nueces

- caramelo
- dulce de azúcar con mantequilla
- hojaldre
- turrón
- manteca de cacahuete

Tal vez, es importante mencionar que en las líneas moldeadas el caramelo es el centro mientras que en una count line, efectúa una función secundaria para mantener juntos a las nueces, cereal y otros componentes.

6.3.4 Surtidos.

Estos comprenden un número de dulces diferentes que pueden ser revestidos o moldeados y pueden ser versiones miniatura de los productos ya descritos. Estos incluyen frecuentemente centros de crema fondant que han sido depositados en estado líquido a formas hechas en almidón, permitiendo la solidificación y después son retocados y revestidos.

A menudo, los centros son formulados de modo que después de la cobertura pueden volver a una forma semi-líquida. Este método de producción de centros ha sido reemplazado en muchos casos por "molduras sin almidón" en los que el fondant, por ejemplo, es depositado en moldes de plástico. Esto involucra el uso de aceite para evitar una posible contaminación del chocolate de revestimiento y en consecuencia pérdida de la vida de anaquel.

6.3.5 Líneas directas o derechas.

Estas comprenden pequeños dulces similares a los de los surtidos, pero todos los de un tipo en un empaque. Algunas veces esto se hace cuando los dulces son inadecuados para mezclarlos en un surtido pues podrían transferir sabor a otros.

6.3.6 Chocolate blanco.

De acuerdo al Proyecto de Norma Oficial Mexicana, el chocolate blanco es el producto homogéneo elaborado a partir de manteca de cacao, leche, azúcares, aromatizantes e ingredientes opcionales (111).

Este consiste principalmente en manteca de cacao deodorizada, azúcar y leche en polvo y es producido en una versión modificada de producción estándar de chocolate con leche. Este puede ser moldeado o revestido y utilizado como chocolate normal que podría ser fundido pero por la falta de propiedades antioxidantes del licor de cacao y por el proceso de deodorización que se efectúa a la manteca de cacao es mucho más susceptible a la rancidez oxidativa (69).

CAPITULO VII. MANTECA DE CACAO.

7.1 INTRODUCCION.

Desde los inicios de 1900, la industria de confitería de chocolate ha crecido y se ha diversificado como un importante factor en la economía mundial.

El consumo per capita de productos de confitería en los Estados Unidos de América, es de aproximadamente 15 kilos. La mayoría de la gente consume la confitería por su sabor agradable y por darte la sensación de satisfacción y placer. El placer derivado de consumir una barra de chocolate es en parte debido a la manteca de cacao.

Debido al alto precio de la manteca de cacao, de dos a tres dólares por kilo, es importante que este ingrediente vital sea utilizado a su máximo beneficio.

La manteca de cacao puede estar presente en numerosas formas cristalinas, pero la forma tiene un efecto en la calidad de un producto de confitería.

La calidad de "estallido" o rompimiento limpio, el brillo, la textura arenosa, las características de fusión, contracción mientras se endurece y otros atributos son determinados por la forma cristalina presente en el chocolate.

En la confitería, si la manteca de cacao de un producto de chocolate no está estable en una forma cristalina, tres de los cuatro sentidos existentes (sabor, olor, mouthfeel y vista) son afectados, disminuyendo la calidad del producto (70).

7.2 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA MANTECA DE CACAO.

La fase grasa, manteca de cacao, es grandemente responsable de las características del chocolate como lo son ser quebradizo, tener una textura no grasosa por debajo de la temperatura ambiente, excelentes cualidades de mantenimiento y una característica y rápida fusión cerca de la temperatura corporal.

La manteca de cacao consiste de 98% de triacilgliceroles, cerca de 1% de ácidos grasos libres, de 0.3-0.5% de diglicéridos, 0.1% de monoglicéridos, 0.2% de esteroides (principalmente sito y estigmasterol), 150-250 ppm de tocoferoles y 0.05-0.13% de fosfolípidos.

Los triacilgliceroles son los responsables de las propiedades únicas de fusión y cristalización de la manteca de cacao.

Tres ácidos grasos son los que predominan: palmítico (25%), esteárico (36%) y oleico (34%), la porción insaturada de oleico está casi siempre esterificada en la posición β o 2. mientras que los saturados (palmítico y esteárico) ocupan las posiciones α o 1,3 en los triacilgliceroles.

Consecuentemente, tres triacilgliceroles simétricos representan aproximadamente el 80% de los triacilgliceroles encontrados en la manteca de cacao:

Palmítico-oleico-esteárico (POSt), 36-42%

Esteárico-oleico-esteárico (StOSt), 23-29%

Palmítico-oleico-palmítico (POP), 13-19% .

La manteca de cacao es dura y quebradiza a temperaturas mayores de 27°C, casi toda la fusión ocurre sobre un valor estrecho de 27-33 °C y se lleva a cabo completamente a 35 °C. Este patrón de fusión es la llave para la utilización de la manteca de cacao para las aplicaciones de confitería.

Generalmente, la fase grasa continua es requerida para mantener a los ingredientes no grasos (principalmente azúcar y sólidos de cacao) en una forma aceptable antes del consumo. La fase grasa debe fusionarse rápida y completamente de forma que los otros ingredientes contenidos sean disponibles y contribuyan a la dulzura, sabor y olor a chocolate y las demás experiencias sensoriales asociadas con el chocolate (47).

La manteca de cacao se halla constituida por triacilgliceroles, distintos a su vez en su composición y la estructura cristalina presente en la manteca de cacao depende del posicionamiento estructural de los triacilgliceroles, por lo que esta particularidad constituye un factor fundamental en la fabricación de chocolate, ya que este producto hay que obtenerlo para su mejor presencia y conservación de la forma de menos energía por lo que se refiere a su cristalización, y por lo tanto ésta será también la forma más estable.

Tabla 7.1. Principales triacilgliceroles de la manteca de cacao.

POSt 1-palmito-2-oleico-3-estearina	52%
POP 2-oleodipalmitina	6%
SIOSI 2-oleodistearina	19%
OStSt 1-oleo-distearina	2%
OPP 1-oleodipalmitina	6%
STOO 1-estearodiotoleína	12%
POO 1-palmitodiotoleína	9%

Fuente: , Bomba, P.C., 1993. Schlitcher Aronhime.J.et. al, 1988.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

La habilidad de estos triacilgliceroles para unirse en una forma rígida depende tanto del grado de insaturación de los ácidos grasos como de su peso molecular (70).

La manteca de cacao, la cual contribuye del 30-40% en peso en el chocolate terminado, provee las propiedades de textura deseada, mouthfeel y sabor. Variaciones en la composición de la manteca de cacao pueden resultar en propiedades físicas inaceptables, tales como suavidad y susceptibilidad al florecimiento de las grasas en el producto final. Los efectos en la composición de triacilgliceroles sobre la dureza del producto final han sido investigadas. En adición a los efectos en la calidad del producto final, las variaciones en la composición de la manteca de cacao pueden provocar algunas dificultades durante su procesamiento (21).

7.3 POLIMORFISMO DE MANTECA DE CACAO.

El polimorfismo es la propiedad de existir en dos o más formas cristalográficas deferentes. Si el paso de una a otra es reversible la sustancia se llama enantiótropa, si es irreversible, lo que sucede cuando una modificación es siempre inestable, se denomina monótropa; y en este caso los ácidos grasos y los glicéridos constituyen ejemplos clásicos de polimorfismo monótropo (35).

Las formas polimórficas son fases sólidas de la misma composición química que difieren en su estructura cristalina, pero que en la fusión dan fases líquidas idénticas.

Cada forma polimórfica se caracteriza por poseer propiedades específicas, que hacen que pueda distinguirse una de otra en el mismo compuesto. Existen varios factores que determinan la forma polimórfica que debe adoptar un compuesto en el momento de cristalizar, así como la pureza, la temperatura, la velocidad de enfriamiento, la presencia de núcleos cristalinos, etc. El polimorfismo está asociado con los diferentes tipos de empaquetamiento de las cadenas con diferentes ángulos de inclinación (36).

La explicación de su existencia estriba en que las cadenas hidrocarbonadas son paralelas y pueden formar ángulos diferentes con la superficie del cristal. El ángulo mínimo, es decir, la cadena de mayor inclinación, pertenece a la forma estable, y el ángulo máximo de 90° o cadena perpendicular, a la inestable (35).

Debido a que es una mezcla de triacilglicérolas, la manteca de cacao es polimórfica y las investigaciones reportan entre 4 y 6 formas cristalinas que tienen distintos puntos de fusión (72).

La manteca de cacao exhibe un polimorfismo complejo debido a las pequeñas diferencias entre los triacilglicérolas simétricos constituyentes. Ya que la manteca de cacao es un producto natural, las condiciones climáticas y el origen dentro de la región de cultivo alterarán su patrón de triacilglicérolas en diferente magnitud.

La manteca de cacao, como muchas otras grasas, puede solidificar en un número de diferentes formas cristalinas dependiendo de las condiciones de enfriado. Cada forma o polimorfo tiene su propio punto de fusión, su propia forma, debido a la mezcla de triacilglicérolas que componen la grasa.

Todas las formas, excepto la de más alta fusión son relativamente inestables. La estabilidad incrementa conforme al más alto punto de fusión. El número de las formas reconocidas se ha incrementado a través de los años y el total actual es de seis con la posible existencia de una séptima forma (53).

Una de las áreas más controversiales en la confitería, es la discrepancia de los datos encontrados en la literatura que es utilizada en la clasificación de los cristales polimórficos (70).

A pesar de los desacuerdos en el número de polimorfismos y menores diferencias en los puntos de fusión reportados, el investigador Minifie concluye que hay cuatro formas esenciales de polimorfismo, los cuales desde el punto de vista práctico son universalmente aceptados (72).

En los años 20's, Fincke, Whympster y Bradley revelan la existencia de tres formas cristalinas con puntos de fusión de 24, 29 y 34°C respectivamente. Vaeck, et. al., (1960) descubre la existencia de una forma con menor punto de fusión, alrededor de 18°C, la quinta forma fue demostrada por Duck.

La existencia de la sexta forma se sospecha por Wille y Lutton (1966) quienes dan una completa descripción de los estados polimórficos y que después se confirma por Huyghebaert y Hendrickx. Debido a los diferentes investigadores, la nomenclatura de estas formas ha sido confusa. Actualmente la más ampliamente aceptada es $\gamma, \alpha, \beta'', \beta'$ y β (en orden ascendente de fusión), pero Wille y Lutton proponen nombrarlas con números romanos I-VI (53).

Desde el descubrimiento del polimorfismo, los científicos han reportado diferentes números de polimorfismos (70).

Tabla 7.2 Clasificación y temperaturas de las formas cristalinas de la manteca de cacao.

Vaeck (1960)	Duck (1964)	Wille y Lutton (1966)	Lovegren et. al. (1976)	Johnston (1972)	Davis y Dimick (1986)
γ 17	γ 18	I 17.3	VI 13	I 16-18	I 13.1-17.6
α 21-24	α 23.5	II 23.3	V 20	II 21-24	II 17.7-19.9
		III 25.5	IV 23	III 25.5-27.1	III 22.4-24.5
β' 28	β'' 28	IV 27.3	III 25	IV 27-29	IV 26.4-27.9
	β' 33	V 33.8	II 30	V 30-33.8	V 30.7-34.4
β 34-35	β 34.4	VI 36.3	I 33.5	VI 34-36.3	VI 33.8-34.1
				VII 38-41	

Fuente: Johnston, G.M., 1972.

Diferentes técnicas ha sido utilizadas para el estudio de los rangos de fusión de estos polimorfos, estos incluyen microscopía, termopenetrometría, difracción de rayos-X, calorimetría y más recientemente Calorímetro de barrido diferencial (DSC) (53).

El hecho de que hayan sido detectados seis diferentes polimorfos está relacionado mayormente al hecho de que mezclas complejas de triacilgliceroles saturados e insaturados están presentes en la manteca de cacao (91).

Estas formas cristalinas se vuelven progresivamente más estables desde la forma I hasta la forma VI. Todas las transiciones entre las formas I y IV ocurren en estado líquido, mientras que la conversión de la forma V a VI es una transición en estado sólido (15).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Forma γ . Esta es la forma más inestable de la manteca de cacao. Su observación microscópica parece confirmar que está compuesta por auténticos microcristales (35).

La forma γ (forma I) cristaliza por debajo de los 17°C y rápida y espontáneamente se transforma a la α (forma II). Esta forma cristalina permanece viable 1 hora fusionándose a 23°C (21).

Forma α . Su punto de fusión oscila entre 21-24°C, ésta es la forma que es inestable y pasa fácilmente a la forma γ , a pocos grados por debajo de su punto de fusión. La observación de la forma α es siempre microcristalina.

Forma β' . Su punto de fusión es de 28°C aproximadamente. Es microcristalina pero los cristales son menos transparentes a la luz polarizada.

Forma β . Es la forma más estable de la manteca de cacao, y posee un punto de fusión más alto y menos energía, así como también mayor poder de contracción, comparándola con las otras formas polimórficas. Por lo tanto, esta es la forma que por todos los medios se debe buscar en el chocolate una vez enfriado. Su punto de fusión es de 34-35°C.

La observación microscópica indica que está formada por cristales estables que se agrupan en esferulitas brillantes (35).

Bajo las condiciones apropiadas, la forma β' se transforma a la forma β más estable. Esta transición puede requerir desde unas pocas horas hasta muchos meses (47).

En la tabla 7.3 se muestran las características típicas de cada forma.

Características	Forma α	Forma β'	Forma β
Empaquetamiento	Hexagonal	Rómbico	Triclínico
Densidad	Menos denso	Intermedio	Más denso
Punto de fusión	Más bajo	Medio	Más alto

Fuente: Fennema, O.R., 1993.

Si un triacilglicerol monoácido, como por ejemplo StStSt, se enfría después de su fusión, cristaliza en la forma α , la menos densa y de punto de fusión más bajo. Si esta forma se enfría posteriormente, las cadenas se van empaquetando más estrechamente y se va produciendo una transición gradual a la forma β' . Si se calienta la forma β' hasta su fusión, se produce una rápida transformación a la forma β , más estable. La forma β' también puede obtenerse directamente enfriando la sustancia fundida y manteniendo la temperatura unos pocos grados por encima del punto de fusión de la forma α . Si se calienta la forma β' hasta su punto de fusión, se produce algo de fusión y tiene lugar la transición a la forma β más estable.

Fundamentalmente, para la industria de los dulces, la manteca de cacao tiene sólo dos propiedades técnicas importantes: su comportamiento de fusión y su sabor. Es ampliamente conocido que la manteca de cacao es suficientemente saturada para presentar excelente resistencia a la oxidación y que esta no contiene ácidos grasos que contribuyan a malos sabores como resultado de la actividad de enzimas lipolíticas (36).

El punto de fusión es imprescindible que sea conocido por el chocolatero, ya que su conocimiento es fundamental para el transporte del chocolate dentro de la fábrica, conchado, temperatura de conservación y almacenamiento y criterio para la selección de grasas empleadas como sustitutos de la manteca de cacao.

El conocimiento de las formas cristalográficas de la manteca de cacao constituye el punto fundamental de todo el proceso del chocolate.

La fabricación y el desmoldeo del chocolate así como su brillo, presencia y conservación están relacionados principal y fundamentalmente con el atemperado, o sea, con su cristalización y no con el enfriado posterior en el túnel (35).

7.4 CRISTALIZACIÓN DE MANTECA DE CACAO.

7.4.1 Formación de cristales y solidificación.

La formación de un sólido a partir de una solución o de un fundido es un proceso complicado en el que las moléculas deben entrar primero en contacto, luego orientarse y después interaccionar hasta formar estructuras altamente ordenadas. Se supone que, al igual que en las reacciones químicas, existe una barrera de energía que se opone a la agregación de las moléculas para formar cristales.

Cuanto más compleja y estable sea la forma polimórfica, es decir, más ordenada, compacta y con un punto de fusión elevado más difícil será la formación de cristales; los cristales estables no se forman generalmente a las temperaturas justo por debajo de los puntos de fusión, y los lípidos persisten durante algún tiempo en un estado superenfriado.

Por otro lado, la forma menos estable, menos ordenada, α , cristaliza fácilmente a una temperatura sólo muy ligeramente por debajo del punto de fusión (36).

El proceso de solidificación de la manteca de cacao se puede dividir en cuatro etapas: inducción, nucleación, crecimiento e incrustación (28).

Después del periodo de inducción, la cristalización de la manteca de cacao ocurre en dos etapas: la primaria y la secundaria.

La etapa primaria involucra la nucleación, crecimiento de cristales, agregación y aglutinamiento. Los cristales formados durante esta etapa son ligeramente no birrefringentes y tienen filamentos largos de forma irregular.

La etapa secundaria se inicia por la formación de esferulitas. Después de que las esferulitas se forman, el crecimiento del cristal es rápido.

El tiempo total de cristalización puede depender del rango del crecimiento del cristal en la etapa primaria y del tiempo que toma la manteca de cacao en formar las esferulitas en la etapa secundaria.

La manteca de cacao cristaliza en dos fracciones durante las etapas primaria y secundaria: las fracciones de bajo punto de fusión que tienen temperaturas de fusión similares a las de los polimorfos IV y V; y las fracciones de alto punto de fusión, que son observadas en las etapas finales de la cristalización (20).

En las etapas iniciales de la cristalización, la manteca de cacao solidifica en dos fracciones: la fracción de altos puntos de fusión y la fracción de bajos puntos de fusión.

La fracción de alto punto de fusión tiene una alta concentración de triacilgliceroles trisaturados y bajo contenido de triacilgliceroles poliinsaturados (11%), comparados con la manteca de cacao inicial (3.0 y 13.5 %, respectivamente), y por último su fracción de bajo punto de fusión (2.3 y 13.5%, respectivamente).

El análisis de triacilgliceroles demuestra que las concentraciones de StStSt, PStSt y PPSt aumentan aproximadamente de 8, 7 y 2.5 veces, respectivamente, en la fracción de alto punto de fusión comparada con la fracción de bajo punto de fusión.

Las fracciones de bajos puntos de fusión están compuestas de polimorfos IV de manteca de cacao debido a las bajas temperaturas de fusión que presentan.

La fracción de altos puntos de fusión tiene un rango de temperatura de fusión entre 38.5-52.2°C. Los cristales semilla aislados en etapas iniciales de la cristalización se caracterizan por tener altas concentraciones de lípidos complejos, triacilgliceroles saturados, diacilgliceroles ricos en ácidos grasos saturados y monoacilgliceroles.

Los cristales semilla tienen las más altas concentraciones de StStSt cuando se comparan con sus respectivas mantecas de cacao (22).

Davis y Dimick, encontraron que la cristalización de la manteca de cacao comienza con la formación de los cristales semilla que son caracterizados por tener un alto punto de fusión (arriba de los 72.4°C) y comparados con la manteca de cacao original, estos cristales son enriquecidos con glicolípidos, fosfolípidos y triacilgliceroles saturados (PPSI, PStSt y StStSt) (65).

Los puntos de fusión de los cristales semilla generalmente exceden los 60°C, en contraste con la manteca de cacao, la cual se funde alrededor de los 30-35°C .

La evidencia sugiere que los cristales semilla de alto punto de fusión son una entidad cristalina diferente por lo que se sospecha que estos tienen una composición única la cual es responsable del elevado punto de fusión que éstos presentan.

Estos cristales semilla se deben presentar en la adecuada forma, tamaño y número y además formarse en un tiempo adecuado para lograr las características deseadas (29).

Los cristales semillas de alto punto de fusión se forman durante las etapas iniciales de la solidificación de manteca de cacao y poseen una composición lipídica diferente a la de la manteca de cacao de donde los cristales semillas crecen.

El elevado punto de fusión (60-70°C) de los cristales semilla se debe a la presencia de lípidos complejos de mayor punto de fusión, además del aumento en los triacilglicerolos saturados, y como resultado de esta evidencia, los cristales semilla de alto punto de fusión son en realidad entidades cristalinas distintas y no son formas polimórficas adicionales de la manteca de cacao.

Los puntos de fusión de los cristales están relacionados con sus temperaturas de formación; a mayor temperatura de formación, mayor punto de fusión (29).

Davis y Dimick, reportaron que los cristales semilla de la manteca de cacao que se forman durante la cristalización temprana, contienen altas concentraciones de glicolípidos (11.1%), fosfolípidos (6.6%, principalmente fosfatidilcolina) y triacilglicerol saturados (67.7%) (28).

Según datos de Chaiseri y Dimick (1995), los factores que afectan la morfología de los cristales semilla son desconocidos, sin embargo, la forma irregular de los filamentos tubulares (cristales llamados "corbata de lazo") puede ser el efecto de lípidos polares, tales como glicolípidos, fosfolípidos y lipoproteínas, que cocristalizan con los triacilglicerol.

Manning y Dimick, ilustraron que estos cristales "corbata de lazo" o cristales de forma filamentosos formados durante las etapas iniciales de la cristalización estática de la manteca de cacao, contenían altas cantidades de StOst en comparación con la manteca original y poseen puntos de fusión de aproximadamente 40°C (21).

El término "corbata de lazo" representa la forma cristalina que tiene una constricción en el centro, a partir de donde crece el cristal en direcciones opuestas en forma de abanico. Conforme pasa el tiempo, de cinco a seis horas, la "corbata de lazo" se agranda hacia la superficie mientras que el área central permanece en una forma contraída. Además conforme pasa el tiempo, los cristales se alargan y comienzan a mostrar un patrón circular. Esta tendencia indica que la "corbata de lazo" puede ser el origen de la formación de cristales en forma de plumaje (70).

El uso de diversos análisis, como la cromatografía en capa fina de los cristales semilla aislados de manteca de cacao, indican que los cristales semilla poseen una composición lipídica única y su elevado punto de fusión puede ser explicado de dos formas:

- por la presencia de lípidos complejos de alto punto de fusión, y/o,
- por la presencia de triacilglicérolos altamente saturados. Por lo que su abundancia puede tener un alto impacto en su punto de fusión.

El material de cristales semilla juega un papel crítico en la iniciación del proceso de cristalización y cualquier información perteneciente a este campo se puede usar para un mejor entendimiento del mecanismo de solidificación (28).

Bajo las mismas condiciones de cristalización, diferentes mantecas de cacao nuclean a diferentes valores. Se ha postulado que algunos componentes menores, tales como glicolípidos, fosfolípidos y triacilglicérolos saturados pueden servir como semillas cristales y promover la cristalización de la manteca de cacao. Los cristales semilla formados bajo condiciones estáticas contienen altas concentraciones de glicolípidos (11.1%), fosfolípidos (6.6%) y triacilglicérolos saturados (StStSt)(67.7%) (21).

Además Manning y Dimick (1995) sugirieron que los cristales de la manteca de cacao con altas concentraciones de 1,3-diestearol-2-oleoglicerol (StOSt) podían actuar como semillas e inducir la cristalización.

Chaiser y Dimick (1995) encontraron mediante experimentos que existen diferentes clases de lípidos dentro de la manteca de cacao, ya que todas las muestras de manteca de cacao utilizadas en su experimento tenían concentraciones consistentes de aproximadamente 99% de lípidos simples, 0.3-0.8% de glicolípidos y < 0.1-0.2% de fosfolípidos.

Tabla 7.4 Clases de lípidos mayores en la manteca de cacao y sus cristales semilla.

Muestra de cacao	Clases de lípidos (% peso)		
	Lípidos simples	Glicolípidos	Fosfolípidos
Malasia	99.0±0.7	0.8±0.7	0.2±0.1
Costa de Marfil	99.5±0.1	0.4±0.0	0.1±0.0
Ghana	99.4±0.2	0.5±0.1	0.1±0.1
Ecuador	99.2±0.1	0.5±0.0	0.2±0.0
República Dominicana	99.7±0.0	0.3±0.0	< 0.1
Brasil	99.7±0.0	0.3±0.0	< 0.1
Cristales semilla			
Malasia	93.3±2.7	1.9±0.1	4.8±2.8
Costa de Marfil	95.9±2.6	1.3±0.0	2.8±2.6
Ghana	95.2±1.5	1.9±0.1	1.9±0.1
Ecuador	98.3±0.9	1.3±0.7	0.4±0.2
República Dominicana	95.9±0.5	2.4±0.4	1.8±1.0
Brasil	97.2±0.3	1.2±0.1	1.6±0.2

Fuente: Chaiser, S., Dimick, P.S., 1995.

Davis y Dimick, postularon y verificaron por el análisis de los cristales semilla que algunos componentes menores, tales como glicolípidos (11.1%), fosfolípidos (6.6%) y triacilgliceroles saturados (67.7%), y contenían de 93.3-98.3% de lípidos simples, estos son los encargados de promover la cristalización de la manteca de cacao.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Más aún, se ha encontrado que la cristalización de la manteca de cacao está relacionada con su composición (65).

A continuación se realiza una descripción de las distintas clases de lípidos que componen a los cristales semilla:

Lípidos simples. Las fracciones de lípidos simples son aquellos que incluyen triacilgliceroles y otros componentes menores como por ejemplo ácidos grasos libres, mono y diacilgliceroles y esteroles.

El hecho de que los cristales semilla contengan altas concentraciones de lípidos simples menores (1.1-7.3%) en comparación con sus mantecas de cacao originales indica que los lípidos simples menores cristalizan preferiblemente durante las etapas iniciales de la cristalización.

Lípidos simples menores. Las fracciones de lípidos simples menores de la manteca de cacao están compuestas principalmente de ácidos grasos libres (36.4-52.0%) y diacilgliceroles (40.4-57.4%). Además se encuentran iguales cantidades de esteroles (3.8-6.4%) y monoacilgliceroles (1.1-1.4%). Los principales esteroles que se encuentran en este tipo de lípidos son β -sistosterol (2.0-3.8%), estigmasterol (1.1-1.8%) y campesterol (0.5-0.8%). El contenido de monoacilgliceroles se encuentra constante entre las diferentes muestras de manteca de cacao y debido a sus bajas concentraciones se sabe que éstos últimos no tienen tanto efecto en la cristalización de la manteca de cacao (21).

Dimick y colaboradores han demostrado que los lípidos menores (fosfolípidos, etc.) presentes en la manteca de cacao influyen en el proceso de cristalización y conducen a cambios en la estructura cristalina grasa.

Los lípidos menores tienen otros efectos sobre el florecimiento del chocolate ya que pueden:

- afectar la intersolubilidad de los componentes de alto punto de fusión dentro de los componentes de bajo punto de fusión.
- Afectar los valores de cristalización de la manteca de cacao, y
- Afectar las transiciones polimórficas de la manteca de cacao.

Los lípidos menores pueden tener impactos potenciales en los mecanismos de formación de florecimiento, ya que se ha demostrado que éstos influyen en la cinética de cristalización además de influenciar la estructura primaria y secundaria de los cristales (45).

Ácidos grasos libres. Existe una ligera variación en la composición de las diferentes muestras de manteca de cacao.

Los principales ácidos grasos libres encontrados son, tal y como se esperaba, ácido palmítico (29.3-32.3%), ácido oleico (29.2-31.6%) y ácido esteárico (24.5-27.8%). Los ácidos grasos saturados cristalizan rápidamente en las etapas iniciales.

Los cristales semilla son significativamente mayores en ácido esteárico (35.3-41.5%) y ácido mirístico (1.2-3.1%), pero son menores en su contenido de ácido oleico (15.2-19.5%) en comparación con sus respectivas mantecas de cacao.

Diacilglicérol. Los diacilglicérol contenidos en la manteca de cacao son principalmente ácido oleico (37.7-42.3%), ácido esteárico (25.8-29.7%) y ácido palmítico (22.0-23.4%).

Los cristales semillas contienen principalmente grandes cantidades de ácidos grasos saturados con menores cantidades de ácido oleico en comparación con sus respectivas mantecas de cacao. El principal ácido graso encontrado en los cristales semillas es ácido esteárico, mientras que el ácido oleico es el principal ácido graso en la manteca de cacao.

Triacilglicerol. Estos tienen más efecto en la inducción de la cristalización de la manteca de cacao que los otros componentes. Las concentraciones de POP, StOO y StOS además de influenciar la inducción de la cristalización también afectan las características de dureza de la manteca de cacao.

La composición de triacilglicerol de los cristales semillas muestra tendencias similares.

Tabla 7.5 Composición de triacilglicerol de cristales semilla de manteca de cacao de diferentes países. Contenido de triacilglicerol en % peso.

Mante ca de caca o	PLO	PLP	OO O	PO O	PE St	PO P	StOO	StLS	POSt	PPSt	StOS	PSSt	StOA	StSt
Mal asi a	0.28	1.0	0.1	0.9	2.0	11. 0	1.1	1.1	40.4	1.5	34.4	3.5	1.0	2.0
Co sta de Mar ri	0.6	1.3	0.2	1.4	2.7	13. 4	1.9	1.5	42.6	1.3	27.7	2.8	0.6	1.8
Gh ana	0.9	1.6	0.5	2.0	3.0	13. 3	2.6	1.8	39.4	1.4	28.7	2.1	1.2	1.4
Ecu ado r	0.7	1.2	0.2	1.9	2.4	12. 8	2.5	1.4	40.1	1.5	29.0	3.3	1.0	2.0
Re pú bica Do min ica na	0.7	1.4	0.7	3.2	3.3	13. 6	4.1	1.6	41.6	1.3	23.8	2.4	0.8	1.6
Bra sil	0.8	1.3	0.7	4.3	2.9	12. 4	5.5	1.4	36.9	1.5	23.3	3.6	0.9	2.1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fuente: Chaiserl, S., Dimick, P.S., 1995.

Davis y Dimick propusieron que los triacilglicerolios PPSi, PSiSt y StStSt en la manteca de cacao, tienen el potencial de servir como semillas para la cristalización debido a su baja solubilidad en la manteca de cacao derretida.

Lípidos complejos. La distribución de ácidos grasos de los lípidos complejos, en los cuales se incluyen glicolpidos y fosfolpidos, no es diferente entre las diferentes muestras de manteca de cacao.

Los lípidos complejos de los cristales semillas son los más ricos en ácidos grasos insaturados en comparación con la manteca de cacao original (21).

Basados en la evidencia obtenida por Davis, T.R. et al. (1989), además de los hallazgos de otros investigadores, puede proponerse un mecanismo general para la solidificación de la manteca de cacao:

Lípidos complejos, como glicolpidos y fosfolpidos, poseen propiedades activas de superficie, por lo que estos componentes juegan un papel importante en la formación de cristales semilla estables por la concentración de los lípidos complejos en el cristal semilla. Se ha propuesto que las propiedades activas de superficie de los lípidos complejos, ayudan en dirigir la adición a la superficie de núcleos complejos ricos en lípidos, glicéridos trisaturados de alto punto de fusión.

Posteriormente, los triacilglicerolios son incorporados al cristal semilla que se encuentra en crecimiento, de forma que se disminuya el punto de fusión. Los triacilglicerolios monoinsaturados son añadidos después a la semilla que está creciendo, por lo que parece que el triacilglicerol StStSt es el glicérido monoinsaturado que mayormente se adhiere al cristal (29).

La cristalización de la manteca de cacao es un proceso importante para el control y calidad final del producto para el fabricante de chocolates. Tiene diferentes rangos de solidificación y transición polimórfica, ya que la causa de estas diferencias se cree que es debida a la variación en la composición (22).

7.5 FLORECIMIENTO DE LAS GRASAS.

El florecimiento de las grasas es una aparición grisácea o blanca en la superficie del chocolate que puede tomar la forma de estampados arremolinados y brillosos de gotas individuales. Esto se produce por la fusión de las grasas y la migración de la matriz del chocolate, recristalizando y formando cristales grandes que tienden a crecer entre las partículas de la superficie. Esto puede confundirse con el florecimiento del azúcar, pero es distinguible por su apariencia y sensación grasosa. Esta cristalización resulta perjudicial porque puede ser confundido con crecimiento de hongos y en casos donde es más severo puede tener apariencia poco apetecible.

Aunque se ha investigado y escrito mucho acerca de diversos aspectos de la vida de anaquel del chocolate aún no es completo el entendimiento de los mecanismos específicos. Pero no por eso no se reconoce que el florecimiento de las grasas está relacionado con las formas polimórficas de la manteca de cacao y de la formación durante el atemperado (14).

Los cristales menos estables son más propensos a fundirse a temperaturas más bajas, permitiendo la migración, recristalización y migración a la superficie descrita anteriormente.

Los nuevos cristales que resultan serán más estables, pero su presencia en la superficie del chocolate resulta indeseable.

Por eso, la primera tarea en la prevención del florecimiento de las grasas es la de controlar la formación de cristales durante la manufactura promoviendo la cristalización a formas más estables desde el principio del proceso.

El atemperado incluye tomar el chocolate sólido que se debe tener tibio a 49°C, gradualmente debe enfriarse a 29°C, siempre en constante mezclado, después se recalienta a 32°C antes de moldear o destinar para otro uso final. Esto asegura que los cristales inestables se fundan mientras que sólo 2-5% de cristales estables β y β' se forman y estos se dispersan en todo el chocolate, lo que estimula el crecimiento de éstos.

Las temperaturas y tiempos en el atemperado dependen de la composición y el destino final del chocolate; las temperaturas para todas las fuentes del atemperado serán menores para los chocolates con leche que para el chocolate oscuro debido al efecto eutéctico.

Los cristales estables y pequeños empaquetados que han sido distribuidos en toda la matriz hacen un producto estable con superficie brillante, dureza adecuada así como resistencia al florecimiento de las grasas.

La manteca de cacao, procedente de diferentes lugares geográficos, difiere en la composición de triglicéridos, polimorfismo y características de dureza que pueden afectar el atemperado.

En algunos países se permite arriba de 5% de grasas vegetales, lo que requiere ajustes para el atemperado, en la medida que estas grasas sean equivalentes a la manteca de cacao (CBES), no presentarán ninguna pérdida en la resistencia al florecimiento de las grasas.

Si se usan grasas que son parcial o totalmente incompatibles con la manteca de cacao (reemplazadores de manteca de cacao, CBRS), el resultado será un chocolate suave y el florecimiento de las grasas.

Estos pueden utilizarse en algunos casos especiales, pero el producto final no es chocolate.

Una excepción de esta regla es la grasa de la leche que es compatible con la manteca de cacao y produce chocolates más suaves e inhibe el florecimiento de las grasas. Este comportamiento aún no es claro, pero se producen chocolates más suaves y la grasa de la leche puede ser adicionada como un método para prevenir el florecimiento de las grasas, cuando se usa grasa de leche en pequeñas cantidades.

El florecimiento de las grasas se hace más notable en superficies oscuras, por lo que resulta de mayor importancia controlarlo en chocolates oscuros.

La calidad de otros pasos del procesamiento, como mezclado, conchado, refinamiento, etc. puede afectar la resistencia al florecimiento de la grasa. La adición directa de varios tipos de cristales también ha sido investigada pero algunos de estos ingredientes no están estandarizados en todos los países (72).

La industria de la confitería ha estado interesada en identificar el nombre y número de los cristales presentes en la manteca de cacao. Para asegurar las propiedades del producto final se utiliza el atemperado, pero si no se realiza adecuadamente puede resultar en el florecimiento de la grasa, ya que las características y puntos de fusión de los cristales son directamente afectadas por la composición de la grasa (70).

7.5.1 Mecanismos del florecimiento.

Probablemente el punto de vista prevalente en el mecanismo del florecimiento de las grasas durante el almacenamiento del chocolate es que se debe a una transformación polimórfica descontrolada en la manteca de cacao.

Talvez esta teoría fue aprobada por primera vez, aunque indirectamente por Wille y Luttoní (1966) quienes sugirieron que la transformación de la forma polimórfica relativamente estable (forma V) producida en el atemperado del chocolate a la forma VI más estable estaba relacionada con la formación del florecimiento.

Esta teoría estaba basada en la observación de chocolates que presentaban florecimiento donde siempre se encontraba el polimorfo VI más estable.

Becker., 1958, sugirió que el florecimiento durante el almacenamiento se debe a la separación de fases de los triacilgliceroles dentro de la estructura cristalina de la manteca de cacao. Esta teoría está basada en la cristalización mezclada de diferentes triacilgliceroles de manteca de cacao (con diferentes puntos de fusión) dentro de un cristal sencillo (forma V).

Kleinert., 1961, refutó esta hipótesis , sugiriendo que las estructuras metaestables se formaban en el chocolate que se enfriaba muy rápidamente. Schlüter-Aronhime y Gardi., 1988, revivieron el argumento de la teoría de separación de fases sugiriendo que la forma VI no es un diferente polimorfo de la manteca de cacao, si no es más bien un polimorfo β purificado.

Adenier et. al., 1993, continuo con el desarrollo de este argumento sugiriendo que los triacilgliceroles de menor punto de fusión en la manteca de cacao se disuelven en la porción de los triacilgliceroles de mayor punto de fusión arrastrándolos hacia la superficie donde recristalizan en una forma pura. Esta conclusión se basó en el análisis de cristales del florecimiento en la superficie, los cuales se concentraron en los triacilgliceroles de mayor punto de fusión de la manteca de cacao.

Basados en sus resultados y en los argumentos anteriores, Bricknell y Hartel .., 1998 realizaron la hipótesis de la secuencia de eventos para desarrollar el florecimiento visual en chocolates bien atemperados durante el almacenamiento (45).

El mecanismo involucrado en la solidificación de la manteca de cacao es una interesante pero controversial área de la ciencia de la confitería.

Los investigadores han trabajado sobre el tema a través de numerosos acercamientos involucrando diferentes aspectos del fenómeno de cristalización, incluyendo estudios completos de atemperado, polimorfismo, empaquetamiento molecular o físico además de estudios enfocados en la prevención y control de la formación del florecimiento de la grasa (53).

Es necesario un completo conocimiento científico de la cristalización y puntos de fusión de la manteca de cacao, para la fabricación de los productos relacionados con la misma, o sea, para el chocolate (35).

7.6 MIGRACIÓN DE LAS GRASAS.

La migración de las grasas, o correctamente, migración de lípidos provoca cambios indeseables en productos de confitería y es observada típicamente cuando un producto contiene dos o más componentes lipídicos adyacentes a cada uno. La migración ocurre cuando los lípidos de diferentes componentes comienzan a intercambiarse.

La mayoría de los triacilglicerolos en forma líquida de la manteca de cacao deben migrar a la superficie. El mecanismo para esto puede ser la acción de bombeo inducida por fluctuaciones térmicas, pues aumentos y decesos en la temperatura resultan en un aumento de la cantidad de grasa cristalina en el chocolate. Ya que existe un gradiente de temperatura desde la superficie hasta el interior del chocolate, la fusión y crecimiento de los cristales de manteca de cacao provee una fuerza conducente para la migración líquida a la superficie.

La estructura interna (sólidos de cacao, cristales de sacarosa, partículas de leche y cristales de manteca de cacao) juega un papel importante en la migración líquida.

Esta migración es reforzada más adelante por imperfecciones en la matriz del chocolate. Por ejemplo, grietas y hendiduras provocadas por un enfriamiento incorrecto proveen canales directos para la migración líquida a la superficie.

La grasa líquida que migra a la superficie acarrea a triacilglicerolos de mayor punto de fusión disueltos, lo que era sugerido por Adenier et. al (1993). En la superficie, estos triacilglicerolos de mayor punto de fusión se disueltan y recristalizan conforme aumenta o disminuye la temperatura.

En algunos casos, la migración puede promover la formación en la superficie del florecimiento de las grasas, que da una apariencia blanco grisácea al producto. Los productos de confitería, con diferentes composiciones lipídicas, tienen el potencial de ser afectados por migración de grasas, especialmente si se someten a condiciones desfavorables de almacenamiento.

La investigación en el desarrollo de la migración con el tiempo a 28°C indica que los lípidos líquidos se mueven hacia la capa de chocolate en la forma que progresa hacia el frente, provocando un aumento uniforme en la intensidad a través de la capa de chocolate alrededor de los 14 días. Después del día 14, la señal de lípidos líquidos aumenta cerca de la superficie del chocolate, hasta que el gradiente de lípidos líquidos se extiende de un mínimo en la interfase, hasta un máximo en la superficie del chocolate.

La migración de los lípidos, en el chocolate de relleno de confitería, se da usualmente a través de un proceso de difusión, en el que los componentes lipídicos del chocolate y del relleno se intercambian, de una manera similar a la que los gases se mezclan por difusión.

El florecimiento de las grasas aparece después en ciertos casos.

El mecanismo del florecimiento de las grasas en chocolates rellenos se explica de la siguiente manera: el aceite que migra dentro del chocolate disuelve los triacilglicérolos de la manteca de cacao que después llegan a la superficie del chocolate. Los triacilglicérolos de la manteca de cacao se recristalizan después para formar el florecimiento.

Dos temas aún permanecen sin esclarecerse dentro de esta explicación: ¿El aceite aparece en tales cantidades en la superficie del chocolate?, y ¿Porqué los triacilglicérolos de la manteca de cacao se vuelven insolubles en el aceite que migró, cuando estos llegan a la superficie?. Ambas cuestiones pueden ser debidas a los efectos de la superficie.

Se han hecho otras muchas sugerencias para explicar este fenómeno. Se ha sugerido que los triacilglicérolos líquidos de relleno en la superficie pueden migrar de regreso al interior del chocolate, permitiendo esto que los triacilglicérolos de la manteca de cacao recristalicen.

Se cree que los cambios polimórficos en la fase cristalina del chocolate durante el almacenamiento inicien la formación del florecimiento en las tabletas de chocolate, y esto también podría formar parte del mecanismo en productos de relleno. En ambos tipos de florecimiento, los lípidos migran a la superficie, presumiblemente en la fase líquida.

Los lípidos que más tienden a migrar a la superficie son aquellos que tienen los más altos puntos de fusión y gran fluidez (ácidos, grasas o triacilglicérolos con cadenas cortas y los ácidos grasos insaturados).

La migración puede ocurrir en un rango considerable de temperatura ambiente (17-32° C) (26).

7.7 TROPICALIZACIÓN DEL CHOCOLATE.

Temperaturas moderadamente cálidas pueden comprometer la integridad de muchos productos del chocolate. La fusión parcial de la matriz de los cristales resulta rápidamente en la pérdida de la estructura, forma y textura.

Una solución a este problema es adicionar pequeñas porciones de grasa dura al chocolate, el cual, pudiera ser para el chocolate manteca de cacao más dura, para chocolate CBE fracciones de StOSt con fusión más alta.

Sato y colaboradores demostraron la resistencia de los sistemas de manteca de cacao puede ser mejorada por la adición de un pequeño porcentaje de cristales semillas (47).

La estabilidad al calor de los chocolates CBR y CBS puede ser mejorada vía la adición de pequeñas cantidades de grasas vegetales hidrogenadas. Desafortunadamente esta es una solución únicamente superficial porque la fusión en la boca se ve rápidamente comprometida por la adición de componentes de alta fusión (28).

Una patente de General Foods desarrollada en 1956 describe la aspersion de una emulsión de lecitina y agua en la superficie del chocolate seguido de un mezclado bajo condiciones controladas.

Cadbury describe la preparación de una emulsión de ingredientes de chocolate en agua, después el agua es evaporada bajo presión reducida para mantener la forma del chocolate hasta 104°C.

Finkel sugiere la adición de un poliol como glicerina y sorbitol alrededor del 1% (72).

7.8 SABOR DEL CHOCOLATE OSCURO.

Más de 300 compuestos volátiles han sido identificados en granos de cacao tostados y en sus productos, haciendo del chocolate uno de los más complicados sabores naturales.

La mayor parte de los granos después de la cosecha, se someten a fermentación que es un paso muy importante en la formación de precursores de sabor. El tostado es esencial para el desarrollo del sabor a chocolate y para la pérdida de compuestos volátiles indeseables y generar compuestos claves en el aroma.

El sabor en el chocolate es influenciado por muchas variables que incluyen el tipo de grano utilizado, tratamientos postcosecha, como la preparación para exportación y el procesado en la fábrica de chocolate.

A principio de los años 60's sólo unos pocos compuestos volátiles habían sido identificados. Ahora la lista incluye más de 300 compuestos, y todos han sido encontrados en los granos de cacao después del tostado.

Tabla 7.6 Compuestos identificados en estudios del aroma del chocolate.

Compuesto	Número
Alifático	141
Aromático heterocíclico	143
Terpenoides	22
Total	306

Fuente: Keeney, P.G., 1972.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 7.7 Clases de los compuestos identificados en los estudios del aroma del chocolate.

Clase	Número	Clase	Número
Hidrocarburos	34	Cetonas	30
Alcoholes	30	Furanos	15
Ácidos	37	Aminas	8
Ésteres	54	Nitrilos	3
Acetales, éteres	11	Pirroles	10
Lactonas	5	Pirazinas	31
Aldehídos	25	Sulfuros	13

Fuente: Keeney, P.G., 1972.

Actualmente el sabor desarrollado en la fábrica de chocolate es dependiente del punto de origen del grano de cacao y de su tratamiento. Expertos en chocolate pueden detectar diferencias del sabor relacionadas con el origen geográfico, variedad y prácticas agronómicas. También ha sido ampliamente aceptado que los tratamientos postcosecha son de crítica importancia en el desarrollo del sabor a chocolate.

La siguiente lista, describe los compuestos que influyen el sabor del chocolate:

Aminoácidos. Aminoácidos libres constituyen precursores del sabor y color por su reacción con azúcares y productos de degradación. El isovaleraldehído, proveniente de la leucina a través de la reacción de Strecker, está presente en el chocolate en concentraciones suficientes para influenciar el sabor. Estos compuestos son muy abundantes debido a que los análisis muestran que tanto la leucina como la fenilalanina se encuentran como aminoácidos libres en abundancia.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Monocarbonilos . Los aromas emitidos cuando fracciones de monocarbonilos son regenerados de las hidrazonas brindan sabores a frutas, especias y nueces, estos compuestos incluyen a la metilcetona, aldehídos saturados, compuestos 2-enal, 2,4-dienal, etc., los cuales se presentan en cantidades suficientes para influenciar en el sabor del chocolate.

Alquil pirazinas. Las alquil pirazinas fueron descubiertas como una importante clase de compuestos que contribuyen al sabor en muchos productos alimenticios, especialmente a los que se someten a un proceso de tostado. Se han publicado resultados que muestran más de 30 alquil pirazinas presentes en los granos de cacao tostados y en sus productos, como 2,5 y 2,6-dimetilpirazina, 2-etilpirazina, 2,3-dimetilpirazina, tretametilpirazina, entre otras.

Las alquil pirazinas se forman en los granos de cacao en la temperatura más baja del tostado, pero si la cantidad de granos es muy grande se necesitan hasta temperaturas de 125°C para su formación.

Azúcares de cacao. Se ha encontrado que los azúcares presentes en el grano de cacao son de profunda importancia por ser precursores de las alquil pirazinas y de los compuestos volátiles del sabor del chocolate en general.

Basados en el gran número de compuestos identificados en el aroma del chocolate, éste se conoce como uno de los sabores naturales más complicados.

Remover la humedad durante el tostado ayuda a transferir los compuestos solubles del interior del grano a la superficie lo que se entiende como una parte importante en la síntesis del sabor a chocolate.

Lípidos del cacao. Aún no se ha encontrado relación de los lípidos con la formación de compuestos volátiles, o se han encontrado que juegan una menor importancia excepto cuando se relacionan con defectos del sabor. Esto no significa que la grasa del cacao no sea importante en el sabor de la confitería de chocolate, ya que la distribución de compuestos aromáticos entre las fases lipídicas es, indudablemente, un factor importante que afecta la percepción del sabor a chocolate. La grasa de cacao puede ser considerada como un empaque o una cubierta protectora para el sabor del chocolate. La estabilidad del sabor es altamente remarcable cuando se considera el hecho de que el chocolate y las cubiertas de chocolate son de 30-50% lípidos.

Los triacilgliceroles de la grasa de leche son marcadamente diferentes en tamaño y forma de los de la manteca de cacao por lo que la grasa de leche puede causar imperfecciones en la cristalización de la manteca de cacao. Estas imperfecciones resultan en una disminución del punto de fusión de las formas cristalinas.

Algunas propiedades físicas y funcionales de la grasa de leche anhidra como sus amplias propiedades de fusión limita su uso en el proceso del chocolate (55).

7.9 SABOR DEL CHOCOLATE BLANCO.

La miga y la leche tienen indudablemente gran responsabilidad en el incremento del consumo de chocolate blanco y con leche.

Además del sabor característico, estos productos intermediarios brindan ventajas en la vida de anaquel del producto, ya que en el proceso se mantiene la humedad alrededor del 2-3% y permite mezclar perfectamente los ingredientes. Si se mantiene la humedad en este rango, el producto puede almacenarse al menos 9 meses.

Existen diferentes tipos de proceso para lograr la miga y el bloque de leche, todos ellos con interacciones químicas entre las proteínas de la leche y los grupos aldehído de ciertos azúcares, conocido como reacción de Maillard y los sabores y colores desarrollados están relacionados con la temperatura, tiempo y presencia de humedad. Mediante diversas investigaciones se sabe que la mezcla que más sufre reacción de Maillard es lactosa-caseína.

En el desarrollo del aroma se han identificado compuestos como el 2,3-furanometanol, 1-(2-furanil-etanol dihidro-2-metil-3(2H) furanona) y pirazinas.

La lactosa no es el único azúcar que participa en la reacción de Maillard, también la lactulosa (disacárido de galactosa y fructosa).

Todo esto nos indica que el calentamiento intenso durante un corto tiempo es un paso clave en la formación del perfil aromático de los productos de confitería, además de contribuir con los cambios en el color de los productos (74).

7.10 NUEVAS ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DEL FLORECIMIENTO.

- Los productos de confitería basados en grasas (productos de confitería de chocolate) en los que la grasa puede existir en el polimorfo β pueden ser tratados para retardar la formación de florecimiento mediante el enfriamiento de la composición al menos 3 °C y sometiéndola a pulsos de energía ultrasónica en cantidades suficientes para generar cristales estables del polimorfo β deseable. Los productos típicos que contienen manteca de cacao y otras incorporaciones, grasa de leche y polimorfos estables β , los cuales son generados por aplicación de ultrasonificación (10).

- Dimick et. al. (1987) y Lohman, M.H. et. al. (1994) demostraron inhibición del florecimiento de la grasa por fracciones de la grasa de leche en el chocolate.

Full et. al. (1996) demostraron que aumentando concentraciones de grasa de leche anhidra o de sus fracciones resulta en un chocolate más suave y con apariencia más brillante.

Para mejorar la resistencia al florecimiento se ha demostrado que concentraciones mayores al 25% de la grasa total de grasa de leche anhidra su fracción media y alta proveen una mejor estabilidad al florecimiento, además de sólo contribuir con el sabor a leche en el chocolate.

Bajo pruebas de condiciones aceleradas, involucrando cambios controlados en la temperatura durante el almacenamiento, las coberturas con un 2.5% de grasa anhidra de leche, se mantienen libres del florecimiento de las grasas de dos a cuatro veces más tiempo que el chocolate que contiene una cantidad igual de grasa de leche deshidrogenada, reconocida como un inhibidor del florecimiento de las grasas.

El efecto inhibitorio de la grasa de leche en el chocolate se conoce desde hace muchos años, sin embargo los detalles de este efecto permanecen aún sin esclarecerse.

Mediante estudios realizados en el pasado, se ha demostrado claramente que los componentes de alto punto de fusión de la grasa de leche son los responsables de la inhibición del florecimiento y que aquellos componentes de menor punto de fusión no tienen ningún efecto (Lohman y Hartel, 1994). Aunque se sabe que algunos componentes de la grasa de leche con altos puntos de fusión inhiben el florecimiento, no se sabe cuáles son los componentes específicos o como funcionan. Se ha especulado que la grasa de leche inhibe de alguna manera la transformación polimórfica de la manteca de cacao de la forma V a la forma VI, aunque no se han publicado datos recientemente que verifiquen esta hipótesis.

En estudios realizados por Bricknell y Hartel (1998), donde se añadieron componentes de alto punto de fusión (HMF) a un chocolate comercial, se observó que después de un tiempo de almacenamiento el cambio de la forma polimórfica V a la forma VI ocurrió rápidamente en chocolates que no contenían la porción HMF, en cambio en aquellos chocolates a los que se les

agregó HMF, la transición de la forma V a la forma VI se retrasó sustancialmente.

Experimentos en los que las concentraciones de grasa de leche hidrogenada variaron hasta el 3% en peso, demostraron que mientras la cantidad de este aditivo aumentaba en la cobertura, ocurría una disminución en la susceptibilidad al florecimiento.

En la actualidad, la grasa de leche, arriba del 6% en peso, es el aditivo más ampliamente usado como un inhibidor del florecimiento en la chocolate obscuro.

Las experiencias industriales sugieren que la fracción de grasa de leche que inhibe el florecimiento, reside en la porción de triacilgliceroles de alto punto de fusión, obtenidos a un rendimiento relativamente bajo por winterización o cristalización mediante disolventes orgánicos.

Un acercamiento más lógico podría involucrar a la hidrogenación para aumentar la concentración de la fracción de alto punto de fusión, ya que la grasa de leche hidrogenada completamente es más efectiva que la grasa de leche parcialmente hidrogenada.

Los resultados de Campbell, L.B., et. al. (1969) demuestran que mientras la concentración de grasa hidrogenada de leche aumenta en el chocolate, la resistencia al florecimiento de la grasa mejora.

- Easton et al. encontró que la aparición del florecimiento puede ser retardado agregando al chocolate relativamente grandes cantidades de manteca de cacao hidrogenada. Sin embargo, el chocolate no se derretía normalmente y producía una textura elástica en la boca.

- Duck et. al. encontró que ciertas mezclas de triacilglicérolas que contuvieran un exceso del 50% en peso de ácido laurico, eran excelentes inhibidores del florecimiento sin afectar las características de fusión y de textura del chocolate (16).

CAPITULO VIII. VIDA DE ANAQUEL DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA DE CHOCOLATE.

8. 1 INTRODUCCIÓN.

La vida de anaquel del chocolate es el periodo de tiempo durante el cual, el chocolate conservará una apariencia, aroma (olor), sabor y textura aceptables.

A pesar de su complejidad, el chocolate es muy estable debido principalmente a las propiedades únicas del cacao. Los sólidos de cacao contienen un antioxidante natural en forma de tocoferol y la manteca de cacao se hidroliza a ácidos grasos de cadena corta inofensivos.

La mayoría de los productos de chocolate se pueden clasificar como productos de "mediana" o "larga" vida, que cuando son empacados bajo condiciones normales de temperatura y humedad durante el almacenamiento, deben tener una vida de anaquel de nueve meses o más. Las condiciones normales en el Reino Unido son probablemente una temperatura de 20°C y HR de 60-65%.

Sin embargo, la degradación del producto puede ocurrir en etapas tempranas por lo que sus características físicas y/u organolépticas no corresponden con los parámetros establecidos por los estándares de calidad de los fabricantes y por lo tanto son inaceptables.

8.2 CAUSAS DEL DETERIORO DE LA CALIDAD.

El chocolate, cuando es almacenado bajo condiciones correctas de temperatura y humedad, es un producto muy estable debido a su bajo contenido de humedad (1.0-1.9%) y su alto contenido de grasa (28-35%, incluyendo de 1.4-1.6% de ácidos grasos poliinsaturados). La presencia de tocoferoles (vitamina E) en el licor y polvo de cacao provee un alto grado de protección contra la rancidez oxidativa. Sin embargo, puede ocurrir una severa degradación (florecimiento de la grasa, florecimiento del azúcar, rancidez y pérdida de textura) que puede resultar si es que no se llevan a cabo una propia fabricación o procedimientos de almacenamiento.

Los factores que causan la deterioración de los productos de chocolate pueden ser separados en dos clases principales: aquellos que son inherentes al producto por sí mismos y no se pueden prevenir mediante el empaquetamiento, y aquellos que son dependientes del medio ambiente y pueden ser controlados en mayor o menor grado eligiendo un empaque efectivo.

8.2.1 Factores del producto.

- Calidad del material crudo. La calidad de los materiales crudos es de mayor importancia en la calidad del producto terminado y se debe tener un estricto control de calidad.
- Calidad del chocolate. Un inadecuado atemperado del chocolate permitirá su estabilización continua después de que el producto sea empaquetado y abandone la fábrica, lo que permitirá el desarrollo de una textura suave y la aparición de cristales de grasa, particularmente en la superficie del producto, causando la apariencia grisácea y mohosa conocida como florecimiento del

chocolate. Esta mancha antiestética también puede ser causada por aceites o grasas incompatibles utilizadas como lubricantes en la fabricación de centros migrando a través del chocolate o por el desprendimiento de aceite de centros altos en grasas tales como nueces tostadas, coco, trufas y así sucesivamente. El uso imprudente de un reproceso en un producto puede afectar también la calidad del atemperado del chocolate (69).

Existen, de hecho, una amplia variedad de circunstancias que permiten la formación del florecimiento en el chocolate.

Muchos investigadores han estudiado el florecimiento de las grasas en el chocolate, a partir de estas referencias podemos compilar una lista de diferentes circunstancias que llevan a la formación del florecimiento.

- Incorrecto atemperado. Uno de los pasos más críticos en la fabricación del chocolate es el atemperado, que involucra la cristalización de la manteca de cacao en la forma polimórfica deseada tanto en tamaño, forma y número.

La manteca de cacao exhibe la habilidad de tomar estructuras cristalinas diferentes (o polimorfos).

Actualmente, se sabe que la forma polimórfica V identificada en la manteca de cacao no es la más estable (existe el polimorfo VI que se considera como la más estable y se forma lentamente conforme pasa el tiempo), pero ya que el polimorfo V tiene relativamente una larga estabilidad (de 6-12 meses o más) es deseable para la fabricación comercial del chocolate. Un atemperado incorrecto, o formación de polimorfos con otra estabilidad (ejemplo: polimorfo en la forma IV) permite que se lleve a cabo la formación del florecimiento.

Esta es la transformación polimórfica que se cree que provoca la formación visual del florecimiento.

- Un enfriamiento muy rápido dará como resultado pequeñas fracturas y poros en el chocolate, debido al estrés creado por la rápida cristalización de la grasa y la grasa inestable de bajo punto de fusión fluirá directamente a la superficie y se recrystalizará en forma de florecimiento de la grasa. Un enfriamiento lento causará menos estrés y el chocolate no presentará florecimiento tan rápido (16).
- Fusión y re enfriamiento del chocolate. El chocolate derretido destruye los cristales polimórficos estables desarrollados durante el atemperado. Cuando el chocolate se reenfria, ocurre la cristalización a polímeros inestables, seguido de la subsecuente formación del florecimiento.
- Florecimiento gradual durante el almacenamiento. A través del tiempo, el chocolate puede formar gradualmente el florecimiento de las grasas aunque nunca haya sido sometido a temperaturas suficientemente altas como para causar su fusión.

Inicialmente el florecimiento de las grasas aparece como una superficie tosca seguido de la formación de una bruma grisácea en la superficie.

Después de largos periodos de tiempo, la superficie comienza a tornarse blanca. Al transcurrir periodos de tiempo excesivos, especialmente si es sometido a condiciones abusivas de almacenamiento, se efectúa un florecimiento interno conforme la estructura del florecimiento se mueve de la superficie al interior de la pieza de chocolate.

- Abrasión y marcado de los dedos. La formación del florecimiento en la superficie de un chocolate puede aumentarse ya sea por abrasión o por el marcado de los dedos. Estas imperfecciones en la superficie del chocolate provee de sitios para la formación del florecimiento en la superficie (45).

Las teorías desarrolladas del florecimiento durante el almacenamiento caben dentro de dos grupos: separación de fases y transformación polimórfica.

La teoría de separación de fases está basada en la separación de los triacilglicérols de alto y bajo punto de fusión en la manteca de cacao, provocando el florecimiento la fracción de alto punto de fusión.

Becker (1958) propuso que bajo condiciones metaestables, las fracciones de alto punto de fusión de la manteca de cacao pueden separarse fuera de la matriz. Esta teoría fue usada para explicar la diferencia en la composición y patrones de fusión entre el florecimiento de las grasas y el chocolate.

Kleinert (1961) refutó esta hipótesis, diciendo que las regiones pseudometaestables están formadas en el chocolate que es enfriado muy rápidamente.

Schlichter-Aronhime y Garti., 1988, revivieron la teoría de separación de fases, diciendo que la forma βVI de la manteca de cacao no es una forma polimórfica verdadera sino una separación de los cristales β sólidos en dos fases distintas.

Cébula y Ziegleder.,1993, encontraron que el almacenamiento de los chocolates bien atemperados a 5°C inhibe efectivamente la transformación de βV a βVI y detiene el desarrollo del florecimiento.

Sin embargo, Adenier et. al., 1993, no siempre encuentra el florecimiento con la transformación de βV a βVI en chocolates bien atemperados. Por lo que todavía existe la pregunta de como es el mecanismo exacto de la formación del florecimiento en el chocolate (15).

Prevención del florecimiento de la grasa.

- Control de la temperatura de almacenamiento. Si la temperatura es baja, particularmente menor de 15 °C, el cambio polimórfico y el movimiento del equilibrio son disminuidos considerablemente. Evitando los ciclos de temperatura se evita el bombeo de grasa líquida a la superficie y por lo tanto la estimulación a cambios polimórficos.

Para el chocolate con leche, la formación de florecimiento es mucho mayor entre 18 y 22 °C; para el chocolate oscuro entre 18-26 °C.

- Uso de una receta para la grasa. Cada sustituto de manteca de cacao exhibirá una máxima tolerancia al mezclarse con manteca de cacao.
- Disminuir la migración. Aun cuando se utiliza la receta adecuada, la migración de otra grasa puede ocurrir.
- Usar un inhibidor del florecimiento. En el chocolate oscuro se utiliza 1-2 % de grasa de leche como un efectivo inhibidor de la formación del polimorfo VI. Este efecto se relaciona con los triacilgliceroles de fusión media presentes en la grasa de leche. Grasas que contienen triacilgliceroles similares, obtenidas a partir de esterificación de grasas lauricas y no lauricas, son también efectivas y comercializados como inhibidores del florecimiento.

Otras sustancias han sido evaluadas por su efecto inhibitor del florecimiento, como los poliesteres de sacarosa, triesterato de sorbitan y otros ésteres de sorbitan.

- **Uso permanente de "semillas".** Cuando se agregan cristales semillas de alta fusión alrededor de 5%, el chocolate cristaliza en la forma V y el florecimiento no ocurre y tampoco necesita el paso del atemperado durante su proceso.

- **Uso de equivalentes de manteca de cacao.** Los equivalentes de manteca de cacao tienden a reducir el florecimiento, pero los efectos son relativamente menores en niveles menores de 5%.

- **Post-atemperado.** En este proceso, los productos son calentados de 28-31 °C durante 0.5-2 horas y después son enfriados a la temperatura normal de almacenamiento, pero puede ocurrir un ablandamiento de la superficie con la aplicación de esta técnica.

La cristalización de una mezcla grasa compleja, depende de un rango de parámetros como el rango de enfriamiento, temperatura de solidificación y grado y naturaleza de las semillas, tratamiento mecánico y composición de la manteca de cacao (96).

- **Migración de las grasas.** En sistemas cuando otro componente lipídico está en contacto, la migración de los componentes grasos líquidos (ejemplo: aceite de cacahuate) al chocolate puede aumentar la formación del florecimiento del chocolate. En este caso, la grasa líquida suaviza al chocolate y promueve la formación del florecimiento (45).

Prevención de la migración.

La migración depende principalmente de tres factores:

1. Temperatura
2. Tamaño de la fase grasa líquida presente en el centro y superficie.
3. Tiempo.

Debido a estos tres factores, el investigador Ralph Timms (2002) recomienda las siguientes medidas para prevenir la migración:

1. Reducción de la temperatura y tiempo de almacenamiento del producto.
2. Uso de grasas más duras en el centro o superficie para reducir la cantidad de grasa líquida disponible para migrar.
3. Estructurando los cristales de grasa, de manera que atrapen la grasa líquida.
4. Aplicar una capa de aceite impermeable entre el centro y la superficie.
5. Uso de una capa gruesa de chocolate, para evitar que si hay migración esta no llegue a la superficie y por lo tanto no sea percibido por el consumidor.
6. Uso de una grasa en el centro que sea compatible con la grasa en la superficie.

Los fabricantes utilizan "grasas estructuradas" para disminuir la migración de grasa. Por otra parte, adicionando lecitina, puede tenderse a incrementar la migración así como se rompen agregados de azúcar, algo que casi siempre es deseable porque puede mejorar las propiedades de fluido del relleno.

De acuerdo con Minifie, B.W., 1999, el florecimiento del azúcar es causado por:

1. Almacenamiento de chocolate en condiciones húmedas o cerca de paredes húmedas.
2. Depósitos de rocío durante la manufactura proveniente del enfriador de aire húmedo o cuando los chocolates entran en el cuarto de empaque a temperatura por debajo del punto de rocío del cuarto.
3. Uso de ingredientes higroscópicos como azúcar morena.
4. Uso de materiales de empaque húmedos.
5. Temperatura de almacenamiento alta.

Es por eso que la única medida de prevención propiamente es el control de la humedad durante todos puntos del proceso y almacenamiento de los productos.

En una investigación del almacenamiento del chocolate a varias temperaturas y 60% de humedad relativa se sugiere que el florecimiento del azúcar se previene durante 3-4 meses a 17 °C; de 5-6 meses a 2-4 °C y mas de 12 meses a -18 °C (96).

- Deterioración oxidativa. En términos generales, la rancidez oxidativa ocurre en apreciable concentración con el chocolate simple o con leche, pero puede afectar relativamente rápido otros ingredientes como centros altos en grasa o nueces tostadas que no tienen una cobertura total de chocolate. Esto puede ser el resultado de una cobertura inadecuada en centros. Con el chocolate simple o con leche, después del lapso de un considerable periodo de tiempo, el sabor "cartonoso" puede ser evidente.

El chocolate blanco no tiene la protección antioxidante del licor de cacao por lo que es propenso a la rancidez oxidativa, particularmente inducida por luz. Aunque tenga el empaque como una barrera a la luz su vida de anaquel es menor en comparación con el chocolate simple o con leche. El costo de la eliminación de oxígeno del empaque del chocolate sería prohibitivo y generalmente no vale la pena desde el punto de vista del aumento relativo en la vida de anaquel que tendrá.

8.2.2 Factores ambientales.

- **Temperatura.** La temperatura, especialmente en condiciones altas o fluctuantes, tiene un efecto marcado en la calidad y vida de anaquel de productos de chocolate con el potencial de provocar pérdida de atemperado, florecimiento del chocolate y enranciamiento acelerado. Aunque bajas temperaturas preservan los sabores y la calidad de la textura del chocolate, barras que contengan obleas y centros expandidos, éstos pueden romperse a bajas temperaturas de almacenamiento. Si el empaque de las barras no es resistente a la humedad, el rompimiento permitirá la entrada de humedad al centro con la consecuente deterioración rápida.

- **Humedad.** Un almacenamiento en condiciones húmedas, la condensación debida al empaquetamiento en condiciones húmedas, o la condensación de la humedad en centros enfriados o en fondant con alta Humedad Relativa desprenden humedad que luego es atrapada en el empaque pudiendo provocar el florecimiento del azúcar, que tiene una apariencia similar al florecimiento de la grasa pero con una sensación grisácea tosca y es el resultado de la extracción de los azúcares solubles por la humedad del

chocolate y depositada después en forma de grandes gránulos en el chocolate después de la re-evaporación.

Ciertos centros, como el hojaldre o "panal de miel" son particularmente higroscópicos y requieren protección extra contra la toma de humedad comparados con los productos de chocolate convencionales. Esto podría involucrar el uso de cobertura doble de chocolate para minimizar la posibilidad de fracturas a través de las cuales, la humedad podría drenar al centro. Otros centros pueden perder humedad y secarse bajo algunas, aunque no necesariamente extremas, condiciones. En ambos casos el empaque juega un papel vital en proveer al producto una vida de anaquel razonable (69).

La aparición del azúcar se ve afectado según el tipo de carbohidrato o edulcorante que se utilice, si otros edulcorantes además de la sacarosa se permiten en los estándares de algunos países o para chocolates no estandarizados. Además de que el uso del azúcar no refinada con alto contenido de humedad, alta actividad higroscópica pueden inducir también la aparición de azúcar.

Finalmente, la rápida transición de almacenamiento frío o congelado a temperaturas templadas y humedades más altas pueden inducir condensación y aparición de azúcar, así como posibles daños en los empaque o casos donde éstos se humedezcan.

Sin embargo, la aparición del azúcar es preocupante porque los consumidores pueden confundirlo con crecimiento fúngico.

Una razón a la que se debe la relativa estabilidad del chocolate sólido, es la presencia de muy poca cantidad de agua; tan mínima como 0.1-1% en el chocolate oscuro y de 0.5-1.5% en chocolate con leche.

El proceso de secado, tostado y molienda de los granos de cacao dejan sólo del 2-3.5% de agua en el concentrado de chocolate.

El pre-secado de la leche o de la miga junto con el conchado y otros pasos del procesamiento remueven la mayor parte de la humedad que puede ser contribuida por otros ingredientes, principalmente la leche en el chocolate con leche.

La baja humedad resultante de estos procesos, minimiza la posibilidad de que se presente crecimiento de hongos, lo que pudiera ocurrir si el producto es almacenado en un ambiente de alta humedad con un empaque poco o no resistente a la humedad.

Por otra parte con una Humedad Relativa de Equilibrio (ERH) de 20-30%; por ejemplo a_w de 0.20 a 0.30, los chocolates pueden absorber humedad lentamente de cualquier atmósfera. Esto afectará eventualmente la calidad del chocolate y este comience a hacerse gomoso, chicloso o hasta grasoso en su textura en lugar de presentar su común cremosidad.

Afortunadamente, esto ocurre tan lento que no compromete al año aproximado de vida de anaquel del chocolate sólido; siempre y cuando se emplee un empaque suficientemente resistente a la humedad y no se exponga a ambientes con alta humedad (14).

- Pérdida del sabor o sin sabor. Esto puede ser causado por influencias externas que traspasen el material de empaque o que emanen de él.

El almacenamiento de chocolate mal sellado cercano a químicos de olor fuerte o su exposición en tiendas en zonas cercanas a dulces de olor fuerte, como mentas selladas deficientemente, que pueden causar la toma de sabores inaceptables.

Algunos materiales de empaque plásticos pueden causar pérdida de sabor absorbiendo las "notas altas" pero esto no sucede con los materiales más comúnmente empleados para empacar productos de chocolate. La transferencia de olores de las tintas utilizadas en el empaque pueden provocar manchas pero existen formulaciones modernas basadas en agua o alcohol que aplicadas propiamente, podrían minimizar el riesgo (69).

- Absorción de aromas y sabores. Además del agua, el chocolate puede absorber una gran variedad de componentes volátiles del lugar donde se almacenan. Pequeñas cantidades de estos compuestos hidrosolubles puede producir desastrosos aromas y sabores, el alto contenido de grasa en los chocolates hace que los compuestos liposolubles también sean preocupantes.

Si el transporte es inapropiado, gasolina o humo excesivo pueden contaminar el aroma o sabor del chocolate, después de un día completo de exposición, estos agentes, particularmente si el empaque es poco efectivo.

En la mayoría de las manufactureras se adecuan condiciones en sus bodegas para cuidar estos detalles, pero en las tiendas departamentales termina este cuidado porque puede ser almacenado en lugares aproximados a otros alimentos o productos aromáticos como jabones o solventes.

Los materiales de empaque como el papel de aluminio, plásticos y sus laminados pueden ser protectores de olor y sabor, pero algunas veces estos también pueden resultar culpables de contaminación. Debido a su contacto directo con el chocolate, el inadecuado empaque puede contaminar el olor y sabor de chocolate con tan sólo una breve exposición.

Por eso las manufactureras y los proveedores de empaque deben tomar precauciones de probar sus tintas, solventes y arreglar otros componentes del empaque para que estos no impartan ningún sabor o aroma (14).

- Infestación por insectos. Los productos de chocolate son muy atractivos a muchas variedades de insectos y si las condiciones de almacenamiento o tránsito son parecidas a sus condiciones de vida, se tendrá como resultado una infestación y se deberá tener mucha consideración del material a emplear.

Debe ser sellado efectivamente y ser resistente a insectos rastreros que pueden penetrar a través de pliegues y especies perforadoras que pueden taladrar a través del papel de aluminio, pero afortunadamente parecerán frustrados por los plásticos flexibles de uso común (69).

La primera línea de defensa la constituye la sanitización y prácticas de control de insectos; con esto puede llegar a controlarse una gran variedad de pestes incluyendo los insectos que proceden de la materia prima.

Varios tipos de escarabajos y palomillas se alimentan de los granos de cacao, lo que hace necesario el uso de pesticidas de acuerdo a la legislación regulatoria de cada país.

La palomilla *Ephesia* del cacao es particularmente problemática porque pone sus huevecillos lejos de su alimento y puede alimentarse de los productos de chocolate o de los granos de cacao. Es por eso que, cuidando tiempos y temperaturas adecuadas para asegurar que se eliminan todas las larvas resulta aún un peligro potencial de infestación durante el almacenamiento en los productos terminados.

Las manufactureras toman todas las precauciones necesarias para prevenir infestación, pero muchas tiendas vendedores al menudeo no toman las mismas medidas para mantener condiciones de humedad y temperatura para no permitir la proliferación de insectos y mantener un almacenamiento sanitario.

Esto es muy importante para las manufactureras, ya que es su nombre y marca la que permanece en la etiqueta y no la del vendedor directo.

- Oxígeno. Para todos los tipos de chocolate, debe cuidarse la descomposición de las grasas que también se conoce como rancidez hidrolítica, rancidez lipolítica o rancidez jabonosa. La peor nota predominante producida durante esta reacción, es el sabor a jabón. Esta reacción es promovida por lipasas, bases fuertes, ácidos y agua.

La leche en polvo, cocoa en polvo, albúmina de huevo y algunas especias representan una fuente potencial de actividad de lipasa.

La fuente de álcalis puede ser brindada por licores, es muy práctico considerar que la carencia de humedad es una opción para el completo control sobre el potencial hidrolítico, ya que 0.1% de agua es todo lo que se requiere para convertir triacilgliceroles lauricos a diglicéridos y 1.1% de ácido laurico.

La mejor prevención incluye condiciones higiénicas en el procesado, materias primas libres de lipasa y la restricción de la mayor cantidad de humedad.

Cuando se exponen a la acción del aire, las grasas y aceites que contienen ácidos grasos insaturados, pueden tomar oxígeno y producir aldehídos y cetonas que dan características indeseables al sabor, descritas como jabonoso, a pescado, metálico, a cartón o pintura.

El término rancidez se aplica casi siempre para todos estos sabores, pero este término solo no refleja la gran variedad de reacciones de oxidación y sus productos..

De hecho, aldehídos y cetonas similares son parte del sabor natural de otros alimentos y simplemente producen ciertas notas indeseables a ciertos niveles en el chocolate.

Afortunadamente, el cacao contiene tocoferoles y vitamina E liposoluble, compuestos que se encuentran en la manteca de cacao y en el producto terminado, los cuales tienen propiedades antioxidantes.

De cualquier manera, esta forma de deterioro puede ocurrir bajo condiciones muy adversas ya que estas reacciones están catalizadas por humedad, calor, luz y ciertos metales en cantidades traza.

Igualmente, que en otros defectos, esta rancidez puede aminorarse con el uso de empaques y condiciones de almacenamiento adecuados.

Los chocolates con leche son ligeramente más susceptibles a esta rancidez mientras que el chocolate blanco es mucho más susceptible debido a que tiene muy bajo nivel de antioxidantes debido a la ausencia de sólidos de cacao, aunque algunos puedan provenir de la manteca de cacao adicionada.

Si se suman adecuado almacenamiento (temperatura, humedad, etc.) y materia prima de excelente calidad (por ejemplo: muy bajos niveles de algunos metales) puede obtenerse como resultado una enorme inhibición de reacciones oxidativas.

Gran parte de los problemas de la rancidez oxidativa se deben a la inherente inestabilidad de los aceites de nueces en presencia de oxígeno y metales traza presentes.

En esta interacción entre el chocolate y las nueces, el chocolate por sí solo es más susceptible, pero las nueces pueden beneficiar el efecto antioxidante natural del chocolate.

El efecto de este intercambio determina la vida de anaquel, pero en general, los chocolates con nueces tienen una vida de anaquel más corta que los chocolates sólidos.

Los aceites o mantecas de nueces pueden migrar dentro del chocolate causando ablandamiento en el chocolate. Esta migración facilita el movimiento de todas las grasas a la superficie que puede terminar con florecimiento de las grasas y recristalización (14).

- Luz. Como ya se mencionó anteriormente, la rancidez inducida por la luz puede ser un problema con ciertos productos como chocolate blanco y chocolate que tenga nueces tostadas cubiertas pobremente. Aunque el empaque exterior debe proteger un producto en la mayor parte de su vida, incluso pequeñas exposiciones en una tienda o anaquel pueden ser suficientes para causar una deterioración inaceptable (69).

- Calor. Como se ha discutido, el abuso de calor acentúa todas las formas de defectos durante el almacenamiento, aunque no son más dramáticos los efectos en la vida de anaquel que el calor por sí solo. Las características de fusión del chocolate en o cerca de la temperatura del cuerpo humano le dan al chocolate su única sensación y propiedades del sabor que son liberadas, pero es precisamente este comportamiento de fusión al que se debe que el chocolate tenga periodos relativamente cortos de almacenamiento cuando se encuentra alrededor de la temperatura corporal.

Con tan sólo unos pocos minutos de exposición a estas temperaturas, el chocolate se derretirá, al menos parcialmente y será muy poco probable que al intentar resolidificar de nuevo lo haga en forma aceptable y se producen obvias distorsiones en la forma del producto, las propiedades de textura y en la apariencia del chocolate, ya que todas éstas dependen directamente de las condiciones bajo las cuales sea enfriado y solidificado.

Las manufactureras se esfuerzan para mantener óptimas condiciones durante el inicio de la producción, pero los consumidores no reproducen estas condiciones cuando resolidifican el chocolate si es que éste se ha derretido por el sol o calor excesivo.

Cambios a temperaturas templadas pueden ser tan perjudiciales como los más severos si estos son repetidos. De hecho, estos ciclos de temperatura son usados algunas veces para acelerar el almacenamiento en estudios de laboratorio (14).

8.3 LA INFLUENCIA DE OTROS INGREDIENTES EN LA VIDA DE ANAQUEL DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA DE CHOCOLATE.

El gran problema del chocolate es que no se consume como puro; pero es parte importante de la confitería que incluye también nueces, manteca de nueces, frutas, caramelos, coco, cremas, jaleas, galletas, bizcochos y otros ingredientes.

La confitería incluye nueces y manteca de nueces que son muy susceptibles a rancidez oxidativa, florecimiento de las grasas e infestación.

Las nueces por si solas pueden ser propensas a pestes, tanto en la cáscara como en las nueces mismas. Algunos de los chocolates con centro suave (foundant) es necesario mantener humedad en el centro, lo que puede limitar la vida de anaquel, esto puede evitarse con cubiertas protectoras que limitan la migración de humedad del ambiente al producto (14).

8.4 CONTROL DE LA VIDA DE ANAQUEL POR EL EMPAQUE.

- Calor. El empaque normal para la confitería de chocolate, no está diseñado para resistir altas temperaturas, las cuales se pueden evitar si se controlan las condiciones en el almacenamiento y tránsito.

Una alta temperatura, que se acerque al punto de fusión de la manteca de cacao (36°C), provoca que el chocolate se suavice, reduciendo drásticamente su vida de anaquel, sin embargo, el subsecuente enfriamiento no puede detener el proceso de deterioración.

El empaque exterior puede ser papel de metal rayado, cartón metalizado o poliestireno expandido, pero la experiencia demuestra que esto es un remedio a corto plazo.

El aislamiento que estos empaques proveen retrasa los efectos del calor y de hecho se mantiene a pesar de que el empaque se someta a condiciones de enfriamiento.

- Humedad. Es posible, si se utiliza cuidadosamente el material de empaque, proteger a un producto de la humedad externa de manera indefinida. El papel de metal y para envolver, usados tradicionalmente para los bloques de chocolate es adecuado para la mayoría de los productos de este tipo que son almacenados, transportados y vendidos bajo buenas condiciones de temperatura reguladas.

- Oxígeno. La envoltura provee una excelente barrera contra la humedad y también puede proteger su contenido del oxígeno, si es que se escoge el material apropiado. Esto generalmente incorpora una cobertura de PVdC (cloruro de polivinilideno) que se utiliza además para sellar el calor. La adición de una capa de aluminio, ya sea como un papel de metal o como una cobertura aplicada mediante un proceso de metalización, reforzará las propiedades de la envoltura como una barrera del oxígeno.

Los materiales más utilizados como una barrera del oxígeno son constantemente desarrollados, encontrándose que el PVdC se puede reemplazar, si es que su contenido de cloro es considerado como ambientalmente indeseable, por ejemplo como el óxido de silicón o EVOH (alcohol etileno vinil), aunque éste no tiene el amplio rango de propiedades disponibles del PVdC y es considerablemente más caro.

La película más utilizada para la confitería es el polipropileno (OPP) que constituye una buena barrera a las manchas externas o pérdidas de sabor (69).

Para garantizar la vida de anaquel de un producto, se requiere que el material de empaque pueda ofrecer:

Integridad de buen sellado.

- Evitar cambios fáciles entre la atmósfera externa e interna a través de canales en las áreas de sellado.

Barrera a la humedad.

- La ganancia de humedad de un producto seco lo suaviza y lo somete a reacciones hidrolíticas si contiene grasas.

- Tanto la pérdida como la ganancia de humedad provoca rancidez del producto.

Barrera al oxígeno.

- El oxígeno puede provocar oxidación de alimentos sensibles que contengan aceites y grasas.

- Ayuda a los hongos y microorganismos a crecer cuando la actividad acuosa del producto es favorable.

- El oxígeno también contribuye a cambiar el color del producto.

Barrera a la luz.

- La luz actúa como un catalizador de las reacciones de oxidación provocando rancidez.

- Las longitudes de onda de U.V. y visible son perjudiciales.

- Los aceites y ácidos grasos se rompen para formar aldehídos, cetonas y ácidos que provocan olores desagradables.

Protección contra olores desagradables.

- Proteger el sabor y gusto original del producto.
- Prevenir la absorción de olores desagradables.
- Evitar infestación por insectos.

Propiedades de las películas de PVdC y OPP.

- sellabilidad
- barrera a la humedad
- barrera al oxígeno
- protección contra olores desagradables
- manejabilidad
- convertibilidad
- propiedades ópticas

Sellabilidad/manejabilidad.

- coberturas acrílicas aplicadas en películas
- los sellos de PVdC son afectados por la humedad
- buena integridad al sellado.

Propiedades ópticas.

- Brillo estable y transparencia debido a la ausencia de aditivos migrantes.
- Sin problemas de hinchazón debido a la absorción de aceites o grasas del producto.

Una aplicación adicional de las películas de PVdC es la galletería (110).

Tabla 8.1 Características ideales de productos de confitería de chocolate.

Propiedades	Criterios principales
General	Periodo de vida de anaquel: mediano, largo.
Físicas	Duros, rellenos suaves, diferentes tamaños, formas.
Organolépticas	- Textura: dura, fuerte o que estalle. - Cambios en el sabor: pérdida de aroma o contaminación con olores y sabores desagradables. - Cambios en el aspecto: florecimiento de la grasa o del azúcar.
Químicas	- Bajo contenido de humedad (1-2%). - Contenido de grasa (28-35%, incluyendo 1.4-.16% de ácidos grasos poliinsaturados). - Debido a la Vitamina E, hay un alto grado de protección contra la oxidación (excepto el chocolate blanco).

Fuente: www.packaging-technology.org/v12nl/advanced/html

8.5 DETERMINACIÓN DE LA VIDA DE ANAQUEL.

Debido a que las formas básicas de confitería de chocolate han estado en el mercado durante muchos años, ha sido posible asignar con una precisión razonable la vida de anaquel de la mayoría de los productos bajo diversas condiciones climáticas.

Las condiciones generalmente más especificadas son el atemperado y las condiciones Tropicales (humedad relativa y temperatura altas), aunque es difícil clasificar estrictamente a los países de manera individual dentro de estas categorías por las variaciones regionales y en las estaciones. Además, la calidad de las condiciones bajo las que los productos son distribuidos y vendidos debería tomarse en cuenta cuando se determina la vida de anaquel.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

La tabla 8.2 enlista lo que podría considerarse como vidas de anaquel representativas y características de los productos adecuadamente empaquetados para resistir los efectos de altas humedades relativas y para excluir la luz.

Estas vidas de anaquel deben ser consideradas como las más grandes que pueden ser asignadas para el propósito de citar "Mejor antes de" en los materiales de empaque. Si existe alguna posibilidad de que el producto sea expuesto a condiciones adversas dentro de un considerable periodo de tiempo, como por ejemplo: el mantenimiento sin refrigeración dentro de un barco en aguas tropicales, se debe escoger la vida más corta apropiada para clima tropical.

Tabla 8.2 Vida de anaquel representativa (en meses) de productos de confitería de chocolate

Categoría del producto	Condiciones de atermperado	Condiciones tropicales
Chocolate con leche	16	12
Chocolate simple	24	24
Chocolate blanco	16	12
Chocolate relleno de crema fondant	18	12
Chocolate con nueces	12	9
Count lines y productos con centros de obleas/cereales	12	9
Chocolate relleno de grasa	12	9

Fuente: Man, C.M.D., 1994.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

8.6 VIDA DE ANAQUEL DE NUEVOS PRODUCTOS.

De manera general, la vida de anaquel de un nuevo producto puede ser asignada por analogía con un producto ya existente, usando los conocimientos del desarrollo confitero y la tecnología de empaque para escoger la opción más adecuada. Sin embargo, es esencial confirmar este juicio revisando la composición de un producto nuevo o alterado bajo una variedad de condiciones lo más parecidas al almacenamiento normal.

Pruebas para definir vida de anaquel de productos.

Se debe tener disponible un rango apropiado de gabinetes acondicionados, por ejemplo:

Temp. 20°C 65% HR

Temp. 25°C 80% HR

Temp. 32°C 60 %HR

Temp. 32°C 80% HR

Las circunstancias locales pueden hacer de otras condiciones más apropiadas, por ejemplo: las condiciones frías y secas del invierno en Canadá, o el recirculamiento de la temperatura y humedad para promover el desarrollo de florecimiento que se esperaría bajo un almacenamiento descontrolado y por consiguiente el desarrollo de recursos para retardarlo.

8.6.1 Procedimientos.

Las muestras deben ser guardadas en los gabinetes junto con una referencia estándar de naturaleza similar, ya sea con un producto de la propia compañía o con un producto competidor que es conocido por tener una vida de anaquel satisfactoria, que esté en el mercado y se haya establecido su edad.

Se debe tener consideración de la naturaleza del producto y su empaque y una decisión que se tome debe acompañarse de pruebas adicionales como por ejemplo para la rapidez de la luz, almacenamiento frío, temperaturas cíclicas o cambios de humedad; por lo que se deben hacer arreglos para incorporarlas al horario de pruebas.

Inicialmente, las pruebas sólo intentan comparar las pruebas de almacenaje de un producto nuevo o reformulado con aquellos estándares. Dentro de éste margen, sería posible para el personal que está estudiando el producto que utilice su criterio y dar una vida de anaquel razonablemente precisa basada en pruebas aceleradas de almacenamiento, confirmada por una prueba de largo tiempo y por un experimento de almacenamiento durante largo tiempo.

Es esencial que todos los avalúos para las pruebas de almacenamiento se realicen por un equipo de expertos pues se requiere de un mínimo de tres asesores para realizar las pruebas.

8.6.2 Tipos de pruebas.

Pruebas aceleradas de mantenimiento. Esta prueba debe durar de 6-8 semanas, analizando las muestras semanalmente. La deterioración acelerada se provoca elevando la temperatura y la humedad. Cuando el producto revitalizado o nuevo se mantenga mejor o tan bien que el estándar se asume que tendrá una vida de anaquel equivalente. Esto, sin embargo, debe ser confirmado con una prueba de largo tiempo.

Prueba de mantenimiento de largo tiempo. Esta prueba durará al menos 18 meses y tiene lugar bajo condiciones ambientales (20°C y 60% HR) con exámenes de cuatro veces a la semana.

De nuevo se utilizarán estándares y esta prueba se debe confirmar con pruebas aceleradas de mantenimiento con las que se corre a la par. El valor de gabinetes de prueba puede ser utilizado para pruebas de mantenimiento de tiempo largo para dar un patrón más detallado de las características de almacenamiento de los productos.

Prueba de almacenamiento de largo tiempo. Esta prueba utilizará muestras hechas por producción del producto nuevo o revitalizado y eventualmente sustituirá la prueba mantenimiento de largo tiempo para confirmar su vida de anaquel.

Resultados de la prueba de mantenimiento (sistema de calificación).

Los productos de chocolate deben ser calificados por cinco características o atributos, aunque el 4 y 5 no siempre se necesitan.

- 1.Apariencia
- 2.Sabor/gusto
- 3.Textura
- 4.Color
- 5.Otros (especificados, ejemplo: aroma)

8.6.3 Determinación de la calificación de atributos.

Sólo el producto probado es el que se califica y ésta depende de su comparación con el estándar que se muestra en el tabla 8.3.

Tabla 8.3 Determinación de la calificación del atributo en la prueba de mantenimiento.

Calificación del producto	Resultado	Criterio de calificación
5	Aceptable	El producto de prueba tiene mayor calificación que el estándar.
4	Aceptable	El producto prueba y el estándar son de la misma calidad.
3	ReconSIDerable	El producto prueba es ligeramente inferior que el estándar, pero nada indeseable se ha encontrado.
2	Rechazo	El producto prueba es inferior al estándar.
1	Rechazo	El producto prueba es muy inferior al estándar.

Fuente: Man, C.M.D., 1994.

8.6.4 Calificación de todo el producto.

El producto debe clasificarse totalmente en una escala de 1-5 basada en atributos y criterios establecidos. Un atributo con una calificación de rechazo, significa que el producto completo debe tener una calificación de rechazo.

Usando las calificaciones de las pruebas de mantenimiento cada asesor (mínimo 3) debe probar independientemente la muestra y el estándar y calificar individualmente los atributos, haciendo los comentarios apropiados en el formato establecido para la prueba de mantenimiento.

La persona que coordine la prueba de mantenimiento, recolectará los resultados y en conjunción con los asesores llegarán a un resultado. Este resultado, incluyendo los comentarios, se conjuntarán en un formato general después de cada sesión de degustación.

La prueba termina ya sea con un tiempo pre establecido o cuando se decida que el producto ha llegado al final de su vida de anaquel aceptable.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

8.7 MATERIALES DE EMPAQUE.

8.7.1 Prueba de mancha.

Como ya se mencionó anteriormente, los materiales de empaque pueden ser una fuente de contaminación originando la temprana deterioración del chocolate. El chocolate con leche en particular es muy susceptible a mancharse como resultado de un control inadecuado del empaque.

Los métodos modernos de impresión y el uso de, por ejemplo, tintas hechas a base de agua o alcohol junto con el control estricto de calidad en todas las etapas de producción y empaquetado de los productos de chocolate a reducido la posibilidad de manchas provenientes del empaque.

8.7.2 Prueba de Robinson.

Esta prueba es utilizada ampliamente en Europa. Una pieza del material a probar, 20 cm x 22 cm, doblada y perforada, sin estar en contacto con el producto, se mantiene en un recipiente con 15 g de chocolate con leche rallado, en la obscuridad por 48 horas a 20°C y 75% HR.

La evaluación de la prueba se lleva a cabo por un panel de asesores que comparan el chocolate de la prueba con el de control.

La intensidad de cualquier sabor desagradable se evalúa en una escala numérica como la siguiente:

- 0 No diferencia en el sabor
- 1 Diferencia apenas perceptible en el sabor
- 2 Sabor desagradable apenas definido
- 3 Sabor desagradable definido
- 4 Fuerte sabor desagradable

Las calificaciones dadas por los asesores se suman y el total es dividido entre el número de asesores. Ejemplo: ocho asesores con calificaciones de 2.5, 3.0, 2.0, 1.5, 2.0, 2.5, 1.5, 3.0 dando un total de 18; dividiendo en total entre ocho da 2.25, que redondeando a la próxima cifra decimal de 0.5, se convierte en 2.5. Niveles aceptables se toman generalmente de 1.5 para materiales que no están impresos y 2.5 para los impresos.

8.7.3 Cromatografía gas-líquido.

Mediante este método solventes residuales en materiales impresos pueden ser monitoreados contra estándares como un máximo de 20 mg/m², dentro de un sub total de hidrocarburos que no excedan 10 mg/m².

8.7.4 Índice de aroma.

Este método utiliza una Vapodest Buchi 100 o un destilador a vapor para determinar la presencia y el nivel de manchas en los materiales de empaque. El condensado del destilador se filtra y es medido en un espectrofotómetro a 280 nm y la absorbancia se multiplica por 100 para dar el índice de aroma. El empaque para productos de chocolate debe ser rechazado si tiene un índice de aroma mayor a 35.

8.7.5 General.

Se debe mencionar que existen ocasiones en que el instrumental analítico falla al encontrar las manchas que son bien detectadas por una nariz o paladar humanos bien entrenados.

Aunque debe ser responsabilidad del proveedor del material asegurar que su producto alcanza los criterios específicos de cromatografía gas-líquido y/o índice de aroma, es finalmente el fabricante de chocolate el que debe asegurar que el consumidor reciba un producto libre de cualquier contaminación proveniente de empaque designado para su protección.

No todos los fabricantes de confitería pueden equiparse para poder proveerse de todas las pruebas científicas para manchas, aunque todos los proveedores si deberían, pues ellos deben asegurar que tienen un equipo entrenado para la revisión organoléptica de los materiales que ellos utilizan. Claro está que ese mismo equipo debe estar bien calificado para efectuar los análisis de las pruebas de mantenimiento (69).

8.8 PRODUCTO TERMINADO Y ALMACENAMIENTO.

Los métodos actuales de ventas demandan una excelente vida de anaquel de los productos. Por lo que se debe reconocer que cada producto necesita condiciones particulares y especiales de almacenamiento.

No se puede dar una forma clara y definitiva porque la estabilidad depende de varios factores que pueden cambiar conforme el producto llega al consumidor, pero es bien sabido que la temperatura ejerce una principal influencia.

Bajo dirección del Dr. Paul Gorling, vicepresidente de B. Sprengel y Compañía, se ha desarrollado un método para medir con precisión la vida de anaquel de un determinado producto.

Para este propósito se preparó una lista de términos para la evaluación del sabor, que consiste en una escala de calidad de diez puntos con una calificación de 10 indicando que el producto es fresco y absolutamente perfecto y 1 significando que el producto es rancio y está dañado. Entre estos dos hay 8 grados intermedios.

Los experimentos de vida de anaquel a diferentes temperaturas y pruebas de gusto después de ciertos periodos de tiempo han aportado diagramas de estabilidad y durabilidad para cada temperatura.

Una conclusión positiva para este desarrollo es que analizando estas curvas, la estabilidad a diferentes temperaturas puede determinarse.

El aseguramiento de la calidad demanda de personal entrenado, ya que cada empleado que entra en contacto con el producto debe ser entrenado y educado acerca de la estandarización de calidad de la compañía. Debe ser capaz de reconocer defectos en el material y tomar la acción apropiada.

El aseguramiento de la calidad depende de la cooperación razonable entre todos aquellos involucrados en la producción (58).

8.9 ALMACENAMIENTO IDEAL.

El almacenamiento ideal depende de los ingredientes, pero algunos autores sugieren que la temperatura de almacenamiento debe ser de 10°C a 50% de HR. Temperaturas más bajas, incluyendo el almacenamiento en congelación pueden ser deseables en climas tropicales o por otras razones económicas.

Cualquier temperatura superior a los 10°C puede incrementar la posibilidad del florecimiento del azúcar y daños en el empaque cuando se regresa a condiciones normales. A temperaturas más altas la estabilidad de las condiciones de almacenamiento resultan críticas.

Definir la vida de anaquel de los productos de confitería de chocolate resulta relativamente arbitrario de parte de la manufacturera. El principal instrumento que se utiliza es la evaluación sensorial humana por lo que es muy importante cuidar todas las características sensoriales del producto (14).

CAPITULO IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Para lograr un grano de cacao de calidad, es necesario llevar a cabo:

- **Fermentación:** para un desarrollo de precursores de sabor, aroma y color característicos del chocolate.
- **Tostado:** en este paso los precursores forman compuestos que resultan en las características finales de aroma, sabor y color del chocolate.

La manteca de cacao es el ingrediente que tiene la mayor influencia en la vida de anaquel de la confitería de chocolate; para garantizar una vida de anaquel de por lo menos 1 año, un correcto atemperado es el paso clave para lograrlo.

La calidad del grano de cacao y el atemperado son dos factores muy relevantes en la obtención de productos de confitería de chocolate de calidad.

El uso inadecuado de grasas alternativas a la manteca de cacao puede causar un deterioro en el producto, lo que hace necesario una legislación sobre su uso.

El empaque es el último recurso de la manufacturera para preservar la calidad de sus productos aún bajo condiciones ambientales no ideales.

La temperatura ideal de almacenamiento es de 10°C, lo que hace indispensable el seguimiento de las temperaturas aún por el consumidor, y todavía más importante por los vendedores, ya que los deterioros en la calidad del producto que surjan por una incorrecta temperatura de almacenamiento serán imputados a la manufacturera por el consumidor, perdiendo demanda en sus productos.

CAPITULO X. BIBLIOGRAFIA.

1. Adenier, H., Chaveron, H., Ollivon, M. Developments in Food Science. Shelf life studies of food and beverages. Chemical, biological, physical and nutritional aspects. Elsevier Science Publisher B.V., New York, Vol. 33, p. 353, 1993.
2. Ali, Md. Embong, M.S., Omar, H., Flingoh, C.H. Effect of oleo-disaturated triacylglycerol content on properties of palm mid-fraction, Sal stearin and Borneo Tallow Blends. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 68, 238-331, 1991.
3. Ali, Md., Dimick, P.S. Thermal Analysis of Palm Mid-Fraction, Cocoa Butter and Milk Fat Butters by Differential Scanning Calorimetry. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 71, 299-302, 1994.
4. Ali, Md., Dimick, P.S. Melting and Solidification Characteristics of Confectionery Fats: Anhydrous milk Fat, Cocoa Butter and Palm Kernel Stearin Blends. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 71, 803-806, 1994.
5. Ali, A., Selamat, J., Che Man, Y.B., Suria, A.M. Effect of storage temperature on texture, polymorphic structure, bloom formation and sensory attributes of filled dark chocolate. *Food Chemistry*, 72, 491-497, 2001.
6. Amer, M.A., Kupranycz, D.B. Baker, B.E. Physical and chemical characteristics of butter fat fractions obtained by crystallization from molten fat. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 52, 1551, 1985.
7. Arishima, T., Sagi, N., Mori, H., Sato, K. Polymorphism of POS. I. Occurrence and polymorphic transformation. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 68, 710-715, 1991.
8. Babayan, V.K. Hard Butters and Confectionery Coatings. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 55, 845-848, 1978.
9. Barna, C.H., Hartel, R.W. and Malin, S. Incorporation of milk fat fractions into milk chocolate. *Manufacturing Confectioner* 72 (6), 107-116, 1992.
10. Baxter, J.F., Morris, G. J., Gaim-Marsoner, G. Process for retarding fat bloom in fat-based confectionery masses. European Patent Application. EP 0 765 606 A1.
11. Beckett, S.T. *Fabricacion y utilizacion industrial del chocolate*. Ed. Acribia, España, 1994.
12. Blauch, J.L., Tarka, S.M. HPLC determination of caffeine and theobromine in coffee, tea and instant hot cocoa mixes. *Journal of Food Science*, 48, 745-747, 1983.
13. Bolliger, S., Breitschuh, B., Stranzinger, M., Wagner, T., Windhab, E.J. Comparison of precrystallization of Chocolate. *Journal of Food Engineering*, 35, 281- 297, 1998.
14. Bomba, P.C. Shelf Life of Chocolate Confectionery Products. Shelf life studies of food and beverages. Chemical, biological, physical and nutritional aspects. Elsevier Science Publisher B.V., New York, 33, 341- 351, 1993.
15. Bricknell, J., Hartel, R.W. Relation of fat bloom in chocolate to polymorphic transition of cocoa butter. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75, 1609-1615, 1998.
16. Campbell, L.B., Andersen, D.A., Keeney, P.G. Hydrogenated milk fat as an inhibitor of the fat bloom defect in dark chocolate. *Journal of Dairy Science*, 52, 976-979, 1969.

17. Caudle, A.G., Gu, Y., Bell, L.N. Improved analysis of theobromine and caffeine in chocolate food products formulated with cocoa powder. *Food Research International*, 34,599-603, 2001.
18. Cebula, D.J., Ziegleder. Studies of bloom formation using X-ray diffraction from chocolate after Long-term storage. *Fat Science Technology*, 9, 340-343, 1993.
19. Chaiseri, S., Dimick, P.S. Cocoa Butter -its composition and properties. *The Manufacturing Confectioner* 67(9), 115-122, 1987.
20. Chaiseri, S., Dimick, P.S. Lipid and Hardness Characteristics of cocoa butters from different geographic regions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 66, 1771-1776, 1989.
21. Chaiseri, S., Dimick, P.S. Dynamic Crystallization of cocoa butter. I. Characterization of simple lipids in Rapid -and slow-Nucleating cocoa butters and their seed crystals. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 72, 1491-1496, 1995.
22. Chaiseri, S., Dimick, P.S. Dynamic Crystallization of cocoa butter. II. Morphological, thermal, and chemical characteristics during crystal growth. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 72, 1497-1504, 1995.
23. Chapman, G.M., Akehurst, E.E., Wright, W.B. Cocoa butter and confectionery fats. Studies using programmed temperature X-ray diffraction and differential scanning calorimetry. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 48, 824-830, 1971.
24. Christiansen, B. The continuous production of milk crumb. *The Manufacturing Confectioner*, may, 69-72, 1976.
25. Cleland A.C., Earle, R.R. Freezing time predictions for different final product temperatures. *Journal of Food Science*, 49, 1230-1232, 1984.
26. Couzens, P.J., Wille, H.J. Fat Migration in composite confectionery products. *The Manufacturing Confectioner*. February, 45-47, 1997.
27. Craig, W.J., Nguyen, T.T. Caffeine and theobromine levels in cocoa and carob products. *Journal of Food Science*, 49,302-303,305, 1984.
28. Davis, T.R. , Dimick, P.S. Isolation and thermal characterization of high-melting seed crystals formed during cocoa butter solidification. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 66, 1488-1493, 1989.
29. Davis, T.R. , Dimick, P.S. Lipid composition of high-melting seed crystals formed during cocoa butter solidification. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 66, 1494-1498, 1989.
30. De Jong, S., Van Soest, T.C., Van Schaick, M.A. Crystal structures and melting points of unsaturated triacylglycerols in the β -phase. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 66, 1771-1776, 1989.
31. Deffense, E. Milk fat fractionation today: A review. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 70, 1193-1201, 1993.
32. Dimick, P.S., Davis, T. Solidification of cocoa butter. *The manufacturing Confectioner*, 66(9), 115-122, 1987.
33. Dimick, P.S. , Manning, D.M. Thermal and compositional properties of cocoa butter during static crystallization. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 64, 1663-1669, 1987.

34. D'Souza, V., de Man J.M., de Man, L. Short spacing and polymorphic forms of natural and commercial fats. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 67, 835-843, 1990.
35. Ezquerria Larreina, C. Puntos de fusion y formas polimorficas de la manteca de cacao. *Oleagineux*, 25e.année, (7), 401-404, 1970.
36. Fennema, O.R., *Química de los alimentos*, Ed. Acribia, España, 1993. p.p. 172-181.
37. Franke, K. Modelling the cooling kinetics of chocolate coatings with respect to final product quality. *Journal of Food Engineering*, 36, 371-384, 1998.
38. Full, N.A., Reddy, S.Y., Dimick, P.S., Ziegler, G.R. Physical and sensory properties of milk chocolate formulated with anhydrous milk fat fractions. *Journal of Food Science*, 61, 1068-1072, 1084, 1996.
39. Garti, N., Schlichter, J., Sarig, S. Effect of food emulsifiers on polymorphic transitions of cocoa butter. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 63, 230-236, 1986.
40. Gordon, P., David, A.S., Thomas, P., Leherian, D.W. Method for extending the shelf-life of chocolate confectionery products containing peanuts and the product produced therefrom. United States Patent. 5585135.
41. Gray, M.S., Lovegren, N.V., Feuge, R.O. Effect of 2-oleodipalmitin and 2-elaidopalmitin on polymorphic behavior of cocoa butter. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 53, 727-731, 1976.
42. Hachlya, I., Koyano, T., Sato, K. Seeding effects on solidification behavior of cocoa butter and dark chocolate. I. Kinetics of solidification. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 66, 1757-1762, 1989.
43. Hachlya, I., Koyano, T., Sato, K. Seeding effects on solidification behavior of cocoa butter and dark chocolate. I. Physical properties of dark chocolate. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 66, 1763-1770, 1989.
44. Hammond, Eugene., Gedney, S. Fat bloom en www.britanniafood.com
45. Hartel, R.W. Chocolate: Fat bloom during storage. The influence of structural elements. *The Manufacturing Confectioner*, May, 89-99, 1989.
46. Hogenbirk, G. Compatibility of Specialty fats with cocoa butter. *The Manufacturing Confectioner*, 64, 59-63, 1984.
47. Hui, Y.H. *Bailey's industrial oil and fat products*. Vol. 3, edible oil and fat products: products and application technology. Cap. 9. Ed. John Wiley and Sons. U.S.A. 1996
48. Jewell, G.G. Some observations on bloom on chocolate. *Rev. Int. Choc.*, 27, 161162, 1972.
49. Johnston, G.M. Fats and processes used in Manufacturing Chocolate and confectionery coatings. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 49, 462-467, 1972.
50. Kattenberg, H., Muljnck, L.. The shelf life of cocoa products prouced as ingredients for the food industry. Shelf life studies of food and beverages. Chemical, biological, physical and nutritional aspects. Elsevier Science Publisher B.V., New York, Vol. 33, 311-339, 1993.
51. Hui, Y.H. *Bailey's industrial oil and fat products*. Edible oil and fat products: products and application technology. 5th edition, Vol. 3. Ed. John Wiley and Sons. U.S.A., 1996. Capitulo 9.

52. Jewell, G. G..Some observations on bloom on chocolate. *Rev. Int. Choc.* 27: 161-162, 1972.
53. Jonhnston, G.M.. Fats and processes used in manufacturing chocolate and confectionery coatings. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 49, 462-467(1972).
54. Kattenberg, H.R., de Muljnc, L..The shelf life of cocoa products produced as ingredients for the food industry. Shelf life studies of foods and beverages: chemical, biological, physical and nutritional aspects., Ed. G. Charalambous, Elsevier Science Publishers, Vol. 33, New York, 1993, p. 353.
55. Keeney, P.G.. Various Interactions in chocolate flavor. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 49, 567-572, 1972.
56. . Keeney, P.G.. Report on cacao products. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 62(2):369, 1979.
57. Koyano, T., Hachiya, I., Arishima, T., Sato, K., Sagi, N.. Polymorphism of POP and SOS II. Kinetics of melt crystallization. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 66, 675, 1989.
58. Krauss, P.. How to control and ensure quality in chocolate processing. *The Manufacturing Confectioner*, 52(4), 38-39, 1972.
59. Krog, N.. Functions of emulsifiers in food systems. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 54, 124-131,1977.
60. Lambelet, P., Raem, Y.A.. Iso-solid diagrams of fat blends from thermal analysis data. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 60, 845,1983.
61. Larsson, K.. On the structure of the liquid state of triglycerides. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 69, 835-836,1992.
62. Lehrian, D.W., Keeny, P.G.. Changes in lipid components of seeds during growth and ripening of cacao fruit. *The Manufacturing Confectioner*, 57, 81, 1980.
63. Lehrian, D.W., Keeny, P.G., Butler, D.R.. Triglyceride characteristics of cocoa butter from fruit matured in a microclimate of elevated temperature. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 57, 66,1980.
64. Lohman, M.H., Hartel, R.W.. Effect of milk fat fractions on fat bloom in dark chocolate. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 71, 267-276,1994.
65. Loisel, c., Keller, G., Lecq, G., Bourgeux, C., Ollvon, M.. Phase transitions and polymorphism of cocoa butter. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75, 425-439,1998.
66. Lovegren, N.V., Gray, M.S., Feuge, R.O.. Polymorphic changes in mixtures of confectionery fats. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 53, 83-88,1976.
67. Lovegren, N.V., Gray, M.S., Feuge, R.O.. Effect of liquid fat on melting point and polymorphic behavior of cocoa butter and a cocoa butter fraction. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 53, 108-112,1976.
68. Lovegren, N.V., Gray, M.S., Feuge, R.O.. Thermal properties of 2-oleodipalmitin and 2-elaidodipalmitin and some of their mixtures. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 53, 519-523,1976.
69. Man, C.M.D., Jones, A.A.. Shelf life evaluation of foods, 1st eddition, Ed. Blackie Academic and Professional, U.S.A., 1994, capitulo 11.

70. Manning, D.M., Dimick, P.S.. Cocoa butter crystal forms affect confection quality. *Science in Agriculture*, 30(4), 13, 1983.
71. Mc Gorrin, R., Pofahl, T.R., Croasmun, W.R.. Identification of the musty component from an off-odor packaging film. *Analytical Chemistry*, 59(18), 1109A-1112A, 1987.
72. Minife, B.W. *Chocolate, cocoa and confectionery: science and technology*, 3rd. edition. Ed. AVI, U.S.A., 1999.
73. Muntener, K.. Cooling tunnels. *The Manufacturing Confectioner*, 68(7), 91-98, 1988.
74. Muresan, S., Eillebrecht, M.A.J.L., de Rijk, T.C., de Jonge, H.G., Leguijt, T., Nijhuis, H.H.. Aroma profile development of Intermediate chocolate products. I. Volatile constituents of block-milk. *Food Chemistry*, 68, 167-174, 2000.
75. Nickless, H., Cocoa butter quality en www.britaniafood.com.
76. Ogunmoyela, O.A., Birch, G.G.. Sensory considerations in the replacement in dark chocolate of sucrose by other nutritive carbohydrates sweeteners. *Journal of Food Science*, 49, 1024, 1984.
77. Olugbenga, A., Ogunmoyela, O.A, Birch, G.G.. Effect of sweetener type and lecithin on hygroscopicity and mold growth in dark chocolate. *Journal of Food Science*, 49, 1088, 1089, 1142, 1984.
78. Ostovar, K., Keeney, P.G.. Isolation and characterization of microorganisms involved in the fermentation of Trinidad's cacao beans. *Journal of Food Science*, 38, 611-617, 1973.
79. Paulicka, F. R.. Phase behavior of fats in confectionery coatings. *The Manufacturing Confectioner*, 50(6), 73-78, 1970.
80. Pease, J.J.. Confectionery fats from palm oil and lauric oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 62, 423-430, 1985.
81. Reddy, S.Y., Prabnakar, J.V.. Effect of the triglycerides containing 9,10-dihydroxystearic acid on the solidification properties of sal fat. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 62, 1126, 1985.
82. Reddy, S.Y., Prabnakar, J.V.. Study on the polymorphism of normal triglycerides of sal fat by DSC. I. Effect of diglycerides.. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 63, 672, 1986.
83. Reddy, S.Y., Prabnakar, J.V.. Isolation of 9,10-dihydroxystearic acid from sal fat. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 64, 97, 1987.
84. Reddy, S.Y., Prabnakar, J.V.. Effect of triglycerides containing 9,10-dihydroxystearic acid on polymorphism of sal fat. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 66, 805-808, 1989.
85. Reddy, S.Y., Full, N.A., Dimick, P.S., Ziegler, G.R.. Tempering method for chocolate containing milk fat fractions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73(6), 723-727, 1996.
86. Sabariah, S., Ali, A.R., Chong, C.L.. Chemical and physical characteristics of cocoa butter substitutes, milk fat and malaysian cocoa butter blends. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75(8), 905-910, 1998.

87. Sato, K., Arishima, T., Wang, Z.H., Ojima, K., Mori, H.. Polymorphism of POP and SOS. I. Occurrence and polymorphic transformation. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 66, 664-674, 1989.
88. Sato, K., Arishima, T., Wang, Z.H., Ojima, K., Mori, H.. Polymorphism of POP and SOS. II. Kinetics of melt crystallization. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 66, 675-679, 1989.
89. Seguíne, E.S.. Tempering- the inside story. *The Manufacturing Confectioner*, 71, 117-125, 1991.
90. Selamat, J., Dimick, P.S.. Acidic characteristics of fermented and dried cocoa beans from different countries of origin. *Journal of Food Science*, 55(2), 547-550, 1990.
91. Schlichter-Aronhime, J., Sarig, S., Gartl, N.. Reconsideration of polymorphic transformations in cocoa butter using the DSC. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 65, 1140-1143, 1988.
92. Stapley, A.G.F., Tewkesbury, H., Fryer, P.J.. The effects of shear and temperature history on the crystallization of chocolate. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76, 677-685, 1999.
93. Tabouret, T.. Detection of fat migration in a confectionery product. *Journal of Food science and technology*, 22, 163-167, 1987.
94. Talbot, G.. Chocolate fat bloom-The cause and the cure. *Food Ingredients*, 66, 321-327, 1994.
95. Tewkesbury, H., Stapley, A.G.F., Fryer, P.J.. Modelling temperature distributions in cooling chocolate moulds. *Chemical Engineering Science*, 55, 3123-3132, 2000.
96. Timms, R. E.. Oils and fats Interactions. Theory, problems and solutions. *The Manufacturing Confectioner*, Junio, 50-64, 2002.
97. Vaeck, S.V.. Cocoa butter and fat bloom. *The Manufacturing Confectioner*, 40, 35-46, 71-74, 1980.
98. Van Langevelde, A., Van Maissen, K., Peschar, R., Schenk, H.. Effect of temperature on recrystallization behavior of cocoa butter. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78, 919-925, 2001.
99. Van Maissen, K., Peschar, R., Schenk, H.. Real-time X-ray powder diffraction investigations on cocoa butter. I. Temperature- dependent crystallization behavior. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73, 1209-1215, 1996.
100. Van Maissen, K., Peschar, R., Schenk, H.. Real-time X-ray powder diffraction investigations on cocoa butter. II. The relationship between melting behavior and composition of β -cocoa butter. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73, 1217-1223, 1996.
101. Van Maissen, K., Peschar, R., Brito, C., Schenk, H.. Real-time X-ray powder diffraction investigations on cocoa butter. III. Direct β -crystallization of cocoa butter: occurrence of a memory effect. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73, 1225-1230, 1996.
102. Van Maissen, K., Van Langevelde, A., Peschar, R., Schenk, H.. Phase behavior and extended phase scheme of static cocoa butter investigated with real-time x-ray powder diffraction. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76, 669-676, 1999.

103. Wille, R.L., Lutten, E.S.. Polymorphism of cocoa butter. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 43, 491-496, 1966.
104. Zak, D. L., Keeney, P.G.. Changes in cocoa proteins during ripening of fruit fermentation, and further processing of cocoa beans. *Journal Agric. Food Chemistry*, 24(3), 483-486, 1976.
105. Ziegler, G.. Fat migration and bloom. *The Manufacturing Confectioner*, 77, 43-44, 1997.
106. Zoumas, B.L., Kreiser, W.E., Martin, R.A.. Caffeine and Theobromine levels in cocoa and carob products. *Journal of Food Science*, 45, 314-316, 1980.
107. <http://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/cacao.asp>
108. <http://www.unctad.org/infocomm/espagnol/cacao/cadena.htm>
109. http://www.chocolate.com.co/pi_boletin_04.htm
110. <http://www.packaging-technology.org/v12n/advanced/html>.
111. PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-186-SSA1-2000, Bienes y servicios. Cacao, productos y derivados. I Cacao. II Chocolate. III Derivados. Especificaciones sanitarias, Denominación comercial.