



300627
UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

13
24

TESIS CON
FALSA DE ORIGEN

ESTUDIO MONOGRAFICO SOBRE LA
TECNOLOGIA EMPLEADA EN LA
INDUSTRIA CHOCOLATERA

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACEUTICO BILOGO
P R E S E N T A :
VICTOR MANUEL ORTIZ VELAZQUEZ

DIRECTOR DE TESIS: Q. IRENE MONTALVO VELARDE

1991



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA

INCORPORADA A LA U.N.A.M

ESTUDIO MONOGRAFICO SOBRE LA TECNOLOGIA EMPLEADA
EN LA INDUSTRIA CHOCOLATERA

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO
PRESENTA

VICTOR MANUEL ORTIZ VELAZQUEZ

DIRECTOR DE TESIS: Q. IRENE MONTALVO VELARDE

1991

I N D I C E

INTRODUCCION.....	1
<u>OBJETIVOS</u>	3
1.0 HISTORIA Y GENERALIDADES DEL CACAO	
1.1 Origen.....	4
1.2 Clasificación del cacao.....	8
A.-Grupo de los criollo.....	8
B.-Grupo de los forastero.....	9
C.-Grupo de los trinitario.....	10
1.3 Aspectos botánicos del cacao.....	11
1.3.1 Longevidad y descripción general.....	11
1.3.2 Partes que componen un cacaotal.....	12
1.3.3 Morfología y fisiología.....	13
A.-La semilla.....	13
B.-Sistema radical.....	16
C.-La parte aerea.....	17
D.-La flor.....	18
E.-El fruto.....	21
1.4 Cultivo del cacao.....	25
1.4.1.Clima.....	26
1.4.2.Suelo.....	27

1.4.3	Establecimiento y manejo del cacaotal...	28
1.4.4	Plagas y enfermedades del cacao.....	29
1.5	La Cosecha y el Desgrane.....	31
1.6	Composición Química del Cacao.....	34
1.6.1	Manteca de cacao.....	34
1.6.2	Sustancias nitrogenadas.....	40
1.6.3	Almidón y sustancias extractivas.....	40
1.6.4	Celulosa.....	41
1.6.5	Sales minerales.....	41
1.6.6	Teobromina del cacao.....	43
1.6.7	Principales zonas productivas de cacao en México.....	44
1.6.8	Principales especies de cacao cultivadas en México.....	45
2.0	PREPARACION DEL GRANO PARA LA INDUSTRIA CHOCOLATERA	
2.1	Apertura del Fruto.....	47
2.2	La Fermentación.....	48
2.2.1	Inicio de la fermentación.....	49
2.2.2	Factores que influyen en la fermentación	52
1.-	Duración.....	52
2.-	Terminación.....	54
A.-	Magnitud de la masa.....	55
B.-	Aereación.....	55
2.2.3	Reacciones internas de los cotiledones..	57
A.-	Muerte del grano.....	57

B.-Desactivación de las enzimas.....	60
2.2.4 Métodos tradicionales de fermentación...	62
A.-Cestas.....	62
B.-Montones.....	63
C.-Cajas.....	63
D.-Pequeñas muestras.....	65
2.2.5 Métodos de fermentación específicos de algunos países.....	66
1.-Método del Ecuador.....	66
2.-Método de Ghana.....	68
3.-Método de Brasil.....	68
4.-Método de México.....	69
2.2.6 Aroma a chocolate.....	70
2.3 El Secado.....	72
A.-Secado natural.....	73
B.-Secado artificial.....	75
1.Secadores no mecánicos.....	79
2.Secadores mecánicos.....	80
2.4.Almacenamiento del cacao.....	84

3.0 PROCESOS DE ELABORACION DEL CHOCOLATE

3.1 Manufactura Artesanal.....	92
3.2 Procesos Tecnológicos.....	95
3.2.1 Limpieza y cernido.....	95
3.2.2 Tostado.....	98
3.2.2.1.Aspectos del procesamiento.....	100

3.2.2.2. Tipos de tostadores.....	102
3.2.3 Descascarillado.....	116
3.2.4 Alcalinización o proceso holandés.....	119
3.2.5 La molienda.....	125
3.2.6 Elaboración de cocoa.....	131
1. Prensado del licor.....	131
2. Pulverización y cernido.....	137
3. Embalaje.....	139
3.2.7 Generalidades de la cocoa.....	140
A. Sustitutos de cocoa.....	142
3.2.8 Elaboración de chocolate.....	144
I.- Mezcla de diversos tipos de cacao... ..	145
A. Cacaos africanos.....	145
B. Cacaos americanos.....	146
C. Cacaos asiáticos.....	150
D. Cacaos de Oceanía.....	150
II.- Mezclado.....	152
1. Azúcar.....	152
2. Leche.....	154
3. Manteca de cacao.....	155
a. Grasas substitutas.....	156
b. Grasas equivalentes.....	157
4. Sabor.....	165
5. Dextrosa anhidra y jarabe de maíz.....	165
6. Sorbitol, manitol y xilol.....	165
7. Emulsificantes.....	165

III-Refinado.....	170
IV.-Conchaje.....	175
V.- Temperado.....	183
VI.-Moldeo.....	184
VII-Desmoldeo.....	185
VIII.Empaque.....	186
3.3 Almacenamiento de Producto Terminado.....	186
3.4 Diferentes Productos del Cacao.....	188
3.5 Principales tipos de chocolate.....	188
A.Chocolate fondant.....	188
B.Chocolate con leche.....	189
C.Chocolate en polvo.....	190
D.Chocolate para cubrir o Cobertura.....	190
4.0 CONTROL DE CALIDAD EN PRODUCTO TERMINADO Y DERIVADOS	
4.1 Control del Sabor.....	195
4.2 Control de Pesos.....	199
4.3 Normas Oficiales Mexicanas.....	200
4.3.1 Chocolate con leche y sus derivados.....	201
4.3.2 Chocolate para mesa.....	206
4.3.3 Chocolate en polvo.....	209
4.3.4 Cacao.....	209
4.3.5 Manteca de cacao.....	213
4.4 Adulteraciones e impurezas en el chocolate ...	217
4.5 Determinación de las impurezas del chocolate..	220
4.6 Ensayo del cacao y de los preparados de cacao.	221

4.5 Principales defectos que se presentan en el chocolate.....	224
5.0 CONCLUSIONES.....	233
6.0 BIBLIOGRAFIA.....	238

INDICE DE CUADROS

1.- Composición Química del Cacao.....	35
2.- Contenido Mineral del Cacao.....	42
3.- Producción de Cacao en México.....	46
4.- Actividad Enzimática de los Granos durante la Fermentación.....	61
5.- Desarrollo del Sabor durante la Fermentación en Montones.....	71
6.- Coloración de la Cocoa a Diferentes pH.....	142
7.- Análisis Químico de Diferentes Tipos de Cocoa.....	143
8.- Comparación de Propiedades Físicas y Químicas entre la Coberine y la Manteca de Cacao.....	161
9.- Comparación de Constituyentes de la Manteca de Cacao con la Manteca Illipe.....	163
10.-Constantes Físicas y Químicas de las Mantecas Illipe y de Cacao.....	164
11.-Principales Materiales de Empaque.....	187
12.-Especificaciones Químicas del Chocolate con Leche Entera y Descremada.....	204
13.-Especificaciones Químicas del Chocolate Semiamargo con Leche.....	205
14.-Especificaciones Químicas del Chocolate para Mesa..	208
15.-Especificaciones Químicas del Chocolate en Polvo...	209
16.-Especificaciones Químicas de la Cocoa.....	214

17.-Clasificación del Cacao según Defectos.....	225
18.-Efecto de la Temperatura de Almacenamiento y Tempe- rado sobre la Formación de Eflorescencias de la gra- sa.....	228
19.-Diferentes Tipos de Chocolate que Presentan Proba - bilidad de Defecto.....	232

INDICE DE FIGURAS

1.- Partes que Componen un Cacaotal.....	14
2.- Diagrama de la Flor.....	19
3.- Formas de las Mazorcas de Cacao.....	22
4.- Garrochas Empleadas en la Recolección de Mazorcas..	33
5.- Transiciones Polimórficas de los Triglicéridos.....	38
6.- Estructuras Cristalinas de los Triglicéridos.....	39
7.- Partículas de Almidón al Microscopio.....	41
8.- Gráfica de la Evolución de la Temperatura a lo lar- go de la Fermentación.....	53
9.- Gráfica de las Condiciones Físicas durante el Secado Artificial.....	77
10.-Gráfica del la Velocidad del Secado Artificial.....	78
11.-Diagrama de un Secador Samoa.....	83
12.-Curvas de Velocidad de Pérdida de la Humedad en el Cacao a Diferentes Humedades Atmosféricas.....	88
13.-Curvas de Absorción de la Humedad por el Secado....	89
14.-Curva de Equilibrio entre la Humedad del Cacao y la Humedad Relativa.....	90
15.-Almacenamiento del Cacao en Silos.....	91
16.-Aspecto de una Fábrica de Chocolate del Siglo XVIII	
17.-Instrumentos empleados para la Manufactura Artesa- nal del Chocolate.....	93
18.-Diagrama de Flujo de la Fabricación de Chocolate y Cocoa.....	96
19.-Mondadora - Separadora Buhler.....	97

20.-Diagrama de los Primeros Tostadores por Conducción.	105
21.-Corte de un Calentador Combinado Conducción - Con - vección.....	106
22.-Sección de un Tostador Esférico.....	107
23.-Sección de un Tostador Thermalo.....	111
24.-Sección de un Tostador Miag.....	112
25.-Sección de un Tostador Probat.....	113
26.-Sección de un Tostador Buhler Str 2.....	114
27.-Diagrama de un Tostador de Lecho Fluido.....	115
28.-Máquina Descascarilladora.....	118
29.-Rodillos Dentados de las Descascarilladoras.....	118
30.-Sistema Buhler LBCT de Alcalinización Continua.....	124
31.-Diagrama del Molino de Muelas.....	126
32.-Molino de Tres Pares de Muelas.....	129
33.-Molino de Cilindros Horizontales.....	129
34.-Prensa Vertical para el Licor de Cacao.....	132
35.-Prensa Horizontal.....	132
36.-Diagrama del Método Expeller.....	136
37.-Gráfica de la Curva de Enfriamiento de la Coberine y de la Manteca de Cacao.....	159
38.-Gráfica de la Curva de Enfriamiento de la Grasa no Compatible con la Manteca de Cacao.....	160
39.-Curva de Eficiencia de la Lecitina.....	168
40.-Diagrama de una Refinadora.....	173
41.-Trayecto de la Pasta de Chcoalate en la Refinadora.	174
42.-Concha Rotativa.....	180

I N T R O D U C C I O N

Uno de los destinos más generalizados del cacao dentro de la industria alimentaria, es sin duda, su aplicación para la elaboración de chocolates, mismos que a su vez se emplean en gran escala en pastelería, helados, confitería, etc, haciendo que su mercado sea bastante amplio.

La elaboración de chocolate ha sido una práctica que se ha llevado a cabo desde hace muchos años. Los primeros que empezaron a utilizar el cacao en forma primitiva para la preparación de chocolate fueron los Aztecas. Fué así como poco a poco el uso del cacao se empezó a conocer en otros países y consecuentemente la preparación y manufactura de este producto se fué perfeccionando cada vez más hasta llegar al proceso actual.

Esto ha sido factible gracias a la evolución que la tecnología en alimentos ha tenido en diferentes partes del mundo. Los avances han hecho imperativo que los productores de alimentos se encuentren al tanto de ellos, para así, no solamente saber que existen, sino, sacar de ellos el máximo beneficio.

A pesar de que el cacao es originario de México y que se cultiva y consume desde tiempos remotos, y más aún, que fué de aquí de donde fué llevado a Europa por los españoles, la industria chocolatera nacional no cuenta con las técnicas de procesamiento que se emplean en países como: Suiza,

Italia, Alemania y Estados Unidos, quienes se encuentran a la vanguardia tecnológica en chocolates. Esto es de suma importancia ya que conduce a tener altos rendimientos de producción, pero principalmente, a obtener productos de buena calidad a precios competitivos.

Sin embargo, para poder entender completamente el proceso del chocolate, es necesario ir desglosándolo poco a poco, analizando cada una de las materias primas que se involucran, el equipo utilizado para su manufactura y el porque de cada técnica. De esta forma se podrá comprender más fácilmente los cambios físicos y químicos que se producen durante el mismo.

Sumando estas partes se tendrá un panorama general del seguimiento que tiene el grano de cacao antes de convertirse en chocolate, producto que es ampliamente consumido y conocido más por sus propiedades organolépticas que por su proceso de elaboración.

Esta recopilación bibliográfica será una guía para obtener mejores productos con las mismas materias primas que se han estado empleando, pero con la ventaja de que los productos finales contarán con características más deseables, que no se habían desallorrido por el empleo de equipo y técnicas inadecuadas.

O B J E T I V O

Recopilar en forma clara y precisa la información tecnológica moderna para la transformación y manufactura del chocolate, los cambios físicos y químicos que ocurren durante y después de los procesos involucrados, para poder difundir el conocimiento que se tiene de este producto hasta el momento, con lo que se logrará comprender más fácilmente este proceso y así poder observar los beneficios que produce el empleo de dicha tecnología en cuanto al incremento de la producción y la calidad.

1.0 HISTORIA Y GENERALIDADES DEL CACAO

1.1 ORIGEN

El cacao es originario de México. Durante la conquista de México por los españoles al mando de Hernán Cortés, en 1516, éstos tuvieron ocasión de observar que al árbol de cacao se concedía ya entonces en aquel país, gran importancia, pues los aztecas lo consideraban como un árbol que les proporcionaba un excelente alimento, y utilizaban sus semillas como monedas, habiendo basado en ellas un sistema monetario completo cuyas unidades incluían:

- a). El countle.- que equivalía a 400 semillas
- b). El xiquipil.- cuyo valor era de 8000 semillas
- c). La carga.- que consistía en 24000 semillas. (1)

Los Mayas y los Aztecas utilizaban el cacao para preparar una bebida llamada "CHOCOLATL" (de choco, cacao, y latl, agua), la cual consistía de cacao tostado y molido mezclado con agua, maíz y especias, pero no incluía azúcar, y sólo raras veces miel.

Según una antigua leyenda azteca, Quetzalcoatl, jardinero del edén donde vivieron los primeros hijos del sol, trajo a la tierra las semillas del quacahuatl (árbol de cacao) para procurar

a los hombres un manjar que no desdeñaban los dioses. De ahí que más tarde el botánico sueco Linneo le diera al género del árbol, en que se incluye a todas las especies de cacao el nombre de: "Theobroma" que significa "Alimento para los dioses" (Theos, Dios y Bromathos, alimento) (2).

Aparentemente la palabra cacao se deriva de dos palabras mayas " kab " y " Kaj ", que significan "amargo y jugo", respectivamente. Su combinación Kajkab se convirtió en kahkah en español. Cuando se agregó el sufijo atl que significa "agua" o "líquido", se obtuvo la palabra kajkabhuatl por la inserción convencional del diptongo hu. En español se convirtió en "kakahuatl" ó cacahuatl, forma que más tarde cambió a cacaoatl y a cacoatl. Finalmente se deshecharon las tres últimas letras, quedando como CACAO (3).

Cristóbal Colón fué el primero en llevar a Europa los granos de cacao, pero únicamente por curiosidad, más tarde Hernán Cortés fué el primero en reconocer el valor comercial de este producto y en una de sus cartas al emperador Carlos V indicó las virtudes del cacao en lo que se refiere a aumentar la resistencia del organismo en las fatigas corporales. El conquistador español lo aprendió de los guerreros de Moctezuma que engullían hasta 20 cuencos diarios para estar prestos, incansables e invencibles en las batallas cotidianas. Los propios funcionarios del monarca azteca, tras un cuenco de cacao, se volcaban con renovado interés

en las laboriosas tareas organizativas del reino. Pero había más aún: el mismo Moctezuma se tomaba un cuenco extra de chocolate cuando se dirigía a su harén.

En 1580 enviaron los españoles chocolate a España. Sin embargo el consumo de éste no se había generalizado. Algunas informaciones indican que fueron las monjas del convento de Oaxaca, las primeras que tuvieron la idea de añadir a aquel brebaje amargo algunas cucharaditas de otro nuevo invento llegado de Europa: el azúcar, en este momento el consumo del chocolate se disparó.

Al igual que estas monjas, los españoles preferían la bebida de chocolate con azúcar, motivo por el que aumentara su popularidad; introduciéndose posteriormente a Trinidad, a pesar del esfuerzo de los españoles por mantener en secreto el cultivo y preparación del chocolate.

La popularidad de este alimento, se extendió hasta Italia, Holanda y Francia a mediados de 1600 y un poco más tarde fué conocido por la aristocracia de Inglaterra, mencionando su existencia en el diario Pepy's en 1664. Probablemente los holandeses lo introdujeron a Indonesia y Ceylán (Ahora Sri-Lanka).

En 1728 el rey Felipe V vendió el monopolio de la venta del cacao a una sociedad internacional.

En Francia ya se conocía entonces el chocolate, porque España había regalado a la corte de París, como valioso presente, cierta cantidad de cacao, siendo Ana de Austria y Maria Teresa introductoras de la moda de tomar chocolate. Con todo, a causa de

su elevado precio, este producto solamente estaba al alcance de los ricos. En 1776 se fundó la primera fábrica francesa de chocolate.

El florentino Antonio Carletti introdujo en Italia, por el año de 1600 la industria del cacao y la dió a conocer después en la Europa Septentrional.

En Inglaterra se fundó en 1657, la primera fábrica de chocolate.

En Alemania, el conocimiento de este alimento se debió a un libro del holandés Bontekoc, publicado en el año de 1679, que hablaba sobre diversos frutos coloniales; la primera fábrica alemana de chocolate fué fundada en 1756 por el príncipe Guillermo de Lippe, habiéndose mandado buscar portugueses para que trabajaran en ella.

En el año de 1810, Venezuela se convierte en el primer productor de cocoa en el mundo; llegando a producir la mitad de los requerimientos mundiales. De esta producción la tercera parte era consumida por los españoles.

Para el año 1890, el cultivo del cacao se introduce a la Costa de Oro (actualmente Ghana en, Africa) constituyendo en nuestra época una zona importante de producción de cacao.

En el año 1900, España deja de ser el primer país consumidor de chocolate para llegar al primer sitio Alemania, seguido por Estados Unidos, Francia y Gran Bretaña. En esta misma década, el chocolate fabricado por los suizos comienza a tener prestigio

internacional. Algunos autores indican que posiblemente en este país se inventó la tablilla de chocolate con leche, como actualmente la conocemos.

El gusto por el chocolate varía de país a país e incluso en las diferentes regiones del mismo. También la preferencia del chocolate oscuro y claro se ha ido mejorando con el paso de los años (4) (5).

1.2 CLASIFICACION DEL CACAO

El cacao pertenece a la familia Esterculiaceae, al género Theobroma y a especie Theobroma cacao L. Dentro del género Theobroma se agrupan alrededor de 20 especies de pequeños arbustos y árboles, sin embargo, solamente a la que pertenece el cacao tiene valor comercial.

Dentro de esta especie la mayoría de los autores clasifican los diferentes tipos de cacao cultivados en tres grandes grupos:

- a). Criollo
- b). Forastero amazónico
- c). Trinitario (6)

A continuación se dan generalidades de estos grupos.

A.- GRUPO DE LOS CRIOLLO.

El apelativo "Criollo" (indígena) fué en su origen atribuido por los españoles al cacao cultivado inicialmente en Venezuela. Este es el que comercialmente se designa como cacao fino.

El cacao Criollo tiene granos gruesos, de sección casi redonda, con los cotiledones frescos de color blanco o muy ligeramente pigmentados.

Las mazorcas son de color rojo o verde antes de la madurez, de forma generalmente alargada con una punta muy acentuada en el extremo inferior, y marcados por diez surcos muy profundos iguales o a veces repartidos en dos grupos alternos de cinco, uno de los dos menos acentuado.

El pericarpio en general es muy rugoso, delgado y muy fácil de cortar

Se trata de un cacao muy aromático, que no presenta más que un ligero amargor y que es utilizado en chocolatería para la fabricación de productos de lujo.

Se cultiva poco debido a que es más susceptible a las enfermedades. En México, ya no existen prácticamente plantaciones puras de Criollo, a excepción de algunas pequeñas muy antiguas, que solamente presentan grupos de árboles aislados con una gran variabilidad en la forma y en la talla de la mazorca. Algunas plantaciones se encuentran aún en Nicaragua, Guatemala, Colombia, Venezuela, Madagascar, Comoras, Sri-Lanka, Java e Islas Samoa (7).

B.- GRUPO DE LOS FORASTERO

A este grupo pertenecen todos los cacaos corrientes del Brasil y Oeste Africano, proporcionan más del 80% de la producción mundial del cacao. Dentro de este grupo también se encuentran: el cacao Nacional del Ecuador y numerosos cultivares

encontrados en los países de América Central y del norte de América del Sur. Parecen ser originarios de la alta Amazonia y haber sido dispersados, naturalmente por la cuenca del Amazonas.

Dentro de las características botánicas de este tipo de cacao se encuentran las siguientes:

Mazorcas de color verde (amarillo en la madurez), de morfología variable que abarca desde la forma del Criollo hasta la forma "amelonado", poco o nada asurcado, superficie lisa y extremidades redondeadas o embotadas.

Pericarpio espeso difícil de cortar a causa de la presencia de un mesocarpio fuertemente lignificado. Granos más o menos aplastados con los cotiledones frescos de color púrpura subido.

El Forastero es rústico y más resistente a plagas y enfermedades (8) (9).

C.- GRUPO DE LOS TRINITARIO

El cacao trinitario es el resultado del cruzamiento entre los cultivos Criollo y Forastero.

La denominación Trinitario está reservada a las formas híbrido de las que los cacaos importados de Trinidad o Venezuela, en el siglo XIX, constituían el primer ejemplo típico.

Actualmente, los Trinitario proporcionan del 10 al 15% de la producción mundial del cacao. Son de calidad intermedia entre los Criollo y los Forastero. Esta calidad es muy variable, cuya heterogeneidad está ligada a su naturaleza híbrida, por tal motivo es difícil definir sus caracteres botánicos.

Los Trinitario se cultivan básicamente en todos los países donde anteriormente se cultivaron los Criollo (México y América Central, Trinidad, Colombia, Venezuela y Oeste de Africa)

Respecto a su heterogeneidad, constituyen un material de excepción para el seleccionador, que puede escoger, entre la multitud de combinaciones halladas, aquellas que asocian el mayor número de caracteres interesantes. Estas combinaciones escogidas solamente se podrán multiplicar por vía vegetativa, puesto que la reproducción sexual de estos cacaos de origen híbrido, entraña una disyunción máxima de los caracteres en la descendencia. También la selección de los Trinitario ha conducido a la creación de clones. Estos llevan en general el nombre de los organismos o centros de investigación donde han sido seleccionados: ICS ("Selección del Imperial College", en Trinidad), UF ("Selección de la United Fruit", en Costa Rica), SNK (Selección de la estación Nkoemuone, e Camerún) (9) (10).

1.3. ASPECTOS BOTANICOS DEL CACAO

1.3.1 Longevidad y descripción general. -El máximo desarrollo de un árbol de cacao se alcanza aproximadamente a los 10 años de edad. Es de pequeña talla, logra una altura entre 5 y 7 metros, aunque algunas veces puede llegar a medir más en estado salvaje.

El medio ambiente es determinante para el desarrollo de su follaje, así como para su talla. En plantación, las separaciones que habitualmente se practican no les permiten desplegar su fronda con tanta amplitud como podrían hacerlo de desarrollarse libremente. Se intenta que los árboles se junten con tanta rapidez como sea posible para formar una cubierta continua por encima del suelo, que elimine así toda vegetación adventicia y permita la instauración de un autosombraje favorable al mantenimiento de la plantación.

La longevidad de un árbol de cacao es difícil de establecer. Se estima que en plantación debe mantenerse de veinticinco a treinta años. Sin embargo, se conocen árboles mucho más viejos, probablemente centenarios, pero constituyen casos aislados y es muy cierto que una plantación no pueda ser mantenida en buen estado de producción por más de cuarenta años (12).

1.3.2 Partes que componen un cacahual. - El árbol de cacao está constituido por las siguientes partes:

- 1.- Tronco
- 2.- Ramas
- 3.- Corona del árbol
- 4.- Sistema radical
- 5.- Hojas de las ramas verticales
- 6.- Hojas de las ramas horizontales
- 7.- Flor

8.- Fruto

9.- Semillas

Los esquemas de éstas partes se representan en la Figura 1.

1.3.3 Morfología y fisiología.- Cada una de las partes que constituyen al árbol de cacao tiene características propias, así como funciones específicas durante el desarrollo de la planta. A continuación se darán las características principales de éstos constituyentes.

A.-La Semilla.- semilla del cacao se llama vulgarmente "haba" o "grano". Generalmente se emplea el término de "grano" ó "haba fresca" para designar la semilla tal como es extraída del fruto maduro, y "haba de cacao" para referirse a las que han sufrido operaciones de fermentación y secado, necesarias para la preparación del cacao comercial.

La semilla se encuentra dentro de la cavidad única del fruto o mazorca, está revestida de una envoltura o tegumento, delgada pero resistente, de color rosado, que constituye la cáscara del haba de cacao. A su vez, ésta se encuentra recubierta por una capa mucilaginoso de color blanco, de sabor agrídulce.

La semilla tiene forma de una haba más o menos gruesa y que presenta los siguientes caracteres:

a).-longitud.- 20 - 30 mm.

b).-ancho.- 10 - 17 mm.

c).-espesor.- 7 - 12 mm.

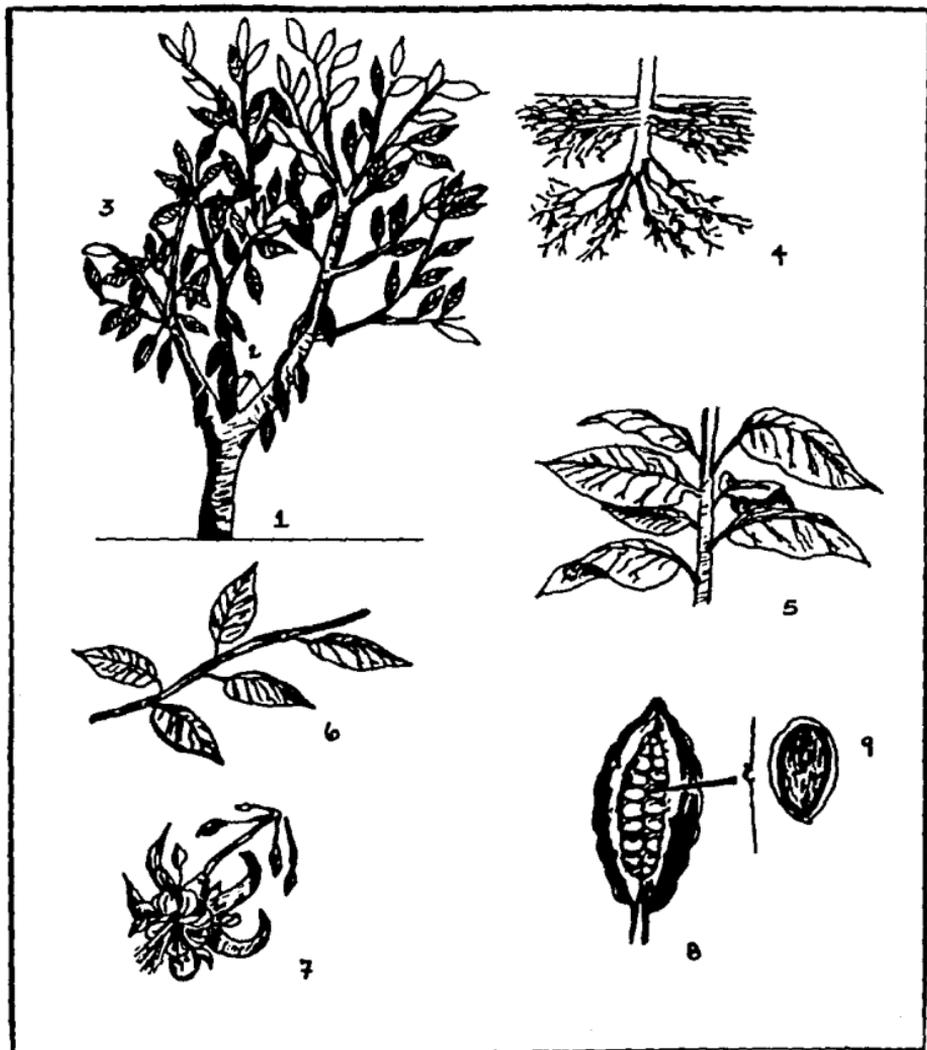


FIG. 1. PARTES QUE COMPONEN UN CACADAL

Todo el volumen interno de la semilla está ocupado por dos cotiledones, cuyos colores pueden variar del blanco de los Criollo a violeta subido de los Forastero, pasando por todos los matices intermedios que es posible encontrar en los híbridos Trinitario. Los cotiledones están fuertemente plegados y presentan numerosos lóbulos. Están recubiertos por una finísima película translúcida brillante que representa los vestigios del endospermo.

El embrión, diferenciado en radícula y plúmula, está en la base de los dos cotiledones.

Los cotiledones son en definitiva la parte empleada en la industria chocolatera.

A.1. Germinación de la semilla.

La semilla de cacao está presta a germinar desde que el fruto está maduro. La madurez fisiológica de la semilla se alcanza incluso mucho antes que la del fruto.

Los granos que se extraen de la mazorca no madura, cuando la pulpa que los rodea está compacta y dura, pueden germinar sin dificultad, aunque su poder germinativo se pierde más rápidamente. Puede, por el contrario, conservar su viabilidad durante varias semanas en el interior del fruto, recolectado o no.

La germinación de la semilla se produce generalmente de 4 a 6 días después de la siembra. La radícula blancuzca se alarga bastante de prisa mientras que los cotiledones son levantados de 5 a 7 cm. por desarrollo del hipocotilo. Los cotiledones salen a la

superficie de 10 a 15 días después de la siembra, aparecen al principio revestidos por el tegumento de la semilla que se desgarran enseguida, con lo cual pueden abrirse. El hipocotilo (tallo) y los cotiledones expuestos a la luz enverdecen poco a poco. Las primeras hojas verdaderas aparecen con el desarrollo del caulículo, de 10 a 15 días después de la germinación (14) (15).

La viabilidad de las semillas de cacao está afectada por dos factores principalmente: la temperatura y la humedad.

Se admite que la temperatura óptima de conservación debe estar comprendida entre los 18 y 30°C (14).

Se ha demostrado, que una exposición a 4°C centígrados durante 20 minutos, basta para inhibir definitivamente la germinación (16) (17).

La humedad relativa de la atmósfera debe ser del 100%.

Para la conservación de las semillas se han diseñado varios métodos, sin embargo, las habas pueden almacenarse mezcladas con polvo de carbón vegetal al 30% de humedad. Pero el embalaje de los granos en sacos de polietileno da los mejores resultados (18) (19) (20).

B.- El sistema radical. - Formado por la raíz principal y las raíces laterales.

Después de que la semilla ha germinado, la raíz sufre un crecimiento muy rápido y se hunde verticalmente en el suelo, mientras que en la base del hipocotilo empiezan a nacer raíces laterales dispuestas en seis series verticales que se desarro -

llan horizontalmente al tiempo de que la raíz principal se alarga.

La raíz principal alcanza su máximo desarrollo a los diez años y las longitudes de éstas pueden oscilar entre .080 a 1.5 m., aunque en algunas ocasiones puede alcanzar hasta 2 m. Esta raíz aparte de llevar nutrientes a toda la planta sirve de anclaje.

Las raíces laterales se desarrollan ostensiblemente sólo en la parte superior de la raíz principal, abarcando los primeros 20 cm. por debajo del cuello de ésta. A su vez se ramifican en raíces terciarias y cuaternarias. Las raíces laterales pueden alcanzar una longitud de 5 a 6 cm., y sirven para la absorción.

El estudio anatómico muestra seis haces liberoleñosos en la raíz primaria y cuatro en las raíces laterales. Todos los tejidos de las raíces contienen numerosas células con mucilago.

C.-La Parte aérea.- Esta parte se encuentra conformada por:

a).-El Tronco.- el crecimiento, en altura, del tallo no es continuo. Su crecimiento queda interrumpido a la edad de 18 meses, desapareciendo la yema terminal, que es reemplazada por 3 a 5 yemas axilares. Además es leñoso, con un diámetro de 15 a 30 cm.

b).-La Corona y las Ramificaciones Secundarias.- el número de ramas de la corona es casi siempre de 5, pero puede variar de 2 a 5, raramente más. La corona a su vez se encuentra conformada por:

1.-Ramas verticales.- con hojas pecioladas y sin flores, con un largo hasta de 50 cm.

2.-Ramas horizontales.-con hojas alternas y con flores.Son más pequeñas que las ramas verticales, alternas y con peciolo corto de 2 a 3 cm.

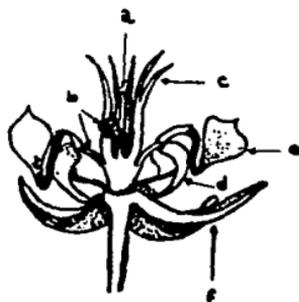
c).-La Hoja.- las hojas jóvenes son a menudo muy pigmentadas, y su color puede variar del verde pálido, más o menos rosado, al violeta subido. De consistencia blanda, estas hojas son péndulas. En la cara superior,el tejido es empalizada comporta grandes cavidades intercelulares llenas de mucilago.

Las hojas directamente expuestas al sol son más pequeñas y espesas que las fuertemente sombreadas. Los estomas de dimensiones muy pequeñas, no existen más que en la cara inferior de las hojas del cacao, estando la epidermis superior fuertemente cutinizada.

La hoja entra en estado de vejez después de un período de máxima actividad de 4 a 5 meses. Su promedio de vida es de un año.

D.- La Flor.- La flor como se ve en la Figura 2, está sostenida por un pedicelo de 1 a 3 cm. Es de pequeña talla su diámetro varia de 0.5 a 1.0 cm., regular, pentámera. Los cinco sépalos, soldados en su base, son blancos o teñidos de rosa. Los cinco pétalos, alternos con los sépalos, tienen una forma muy

característica: muy estrechos en la base, se ensanchan y se hacen cóncavos para formar un pequeño capuchón (cogulla) de color blanco, bordeado interiormente por dos nervios violetas.



- a.- estilo
- b.- estambre
- c.- estaminodio
- d.- cogulla
- e.- limbo
- f.- sépalo

FIG.2.- DIAGRAMA DE LA FLOR DEL ARBOL DE CACAO

Contiene 5 estambres y un pistilo. Sólo un 10% de las flores polinizadas se convierten en mazorcas.

La apertura del botón floral empieza por la tarde cuando comienzan a entreabrirse las extremidades de los sépalos y se completa a las primeras horas de la mañana siguiente.

Los granos de pólen de las anteras, son esferoidales, de un tamaño de entre 16 y 23 micras. Su viabilidad es de corta duración y no sobrepasa las 48 horas bajo condiciones naturales.

Algunos estudios mencionan unas pequeñas mosquitas del género *Forcipomyia* como las responsables de la polinización del árbol de cacao, ya que debido a la disposición de las piezas florales y la cierta viscosidad del pólen, es difícil que se logre por simple acción del viento.

La primera floración puede presentarse a los dos años, pero es más común al tercero o cuarto año. Aunque el cacao puede florecer todo el año, las épocas de este fenómeno dependen de las condiciones climáticas.

La floración es favorecida por temperaturas medias elevadas y lluvias abundantes; depende también de factores genéticos intrínsecos al tipo de cacao.

Las zonas en que aparecen cada año las inflorescencias son visibles sobre los árboles, donde forman unas pequeñas prominencias llamadas cojinetes ó pulvinulos florales. Un cojinete puede traer numerosísimas flores al mismo tiempo.

La germinación del grano del pólen sobre el estigma se efectúa como máximo 24 horas después de la polinización; el fruto comienza a desarrollarse 3 días después de la polinización.

E.- El Fruto .-El fruto del árbol de cacao parece una baya y en castellano se le ha denominado "mazorca".

Se encuentra sostenido por un pedúnculo leñoso que procede del engrosamiento del pedicelo de la flor.

Se distinguen 3 capas en el pericarpio carnoso:

1.-Epicarpio.- carnoso y espeso, cuyo estrato epidérmico exterior puede estar pigmentado.

2.-Mesocarpio.- delgado y duro, ligeramente lignificado.

3.-Endocarpio.- carnoso, más o menos espeso.

Las características de forma, color y talla de las mazorcas son sumamente variables, principalmente en los cacaos híbridos que pertenecen al grupo de Los Trinitario. Sin embargo, pueden describirse estos caracteres de la siguiente manera:

a).- Forma.- determinada por la relación existente entre longitud y anchura, así como por la configuración de los dos extremos. Las formas son tan variadas que pueden ser casi esféricas de los "calabacillo" hasta la forma alargada y puntiaguda de los "cundeamor" ó "angoleta" pasando por la forma oval de los "amelonado", tal como se ve en la figura 3.



Calabacillo



Cundeamor



Angoleta



Amelonado

FIG.3 FORMAS DE LAS MAZORCAS DE CACAO

Cada una de las formas de las mazorcas presentan sus características propias:

- CALABACILLO.- mazorca de forma redondeada, superficie lisa y de surcos muy poco señalados.

- CUNDEAMOR.- mazorca oval, puntiaguda en el extremo, presentando una base angostada como el cuello de botella. Surcos muy profundos y superficie muy verrugosa.

- ANGOLETA.- mazorca alargada, puntiaguda, amplia en la base sin presentar estrangulación a modo de cuello de botella. Surcos muy profundos y superficie muy verrugosa.

- AMELONADO.- mazorca regularmente oval, redondeada por el extremo, con o sin constricción en la base, de anchura inferior a la mitad de la longitud. Superficie lisa o suavemente verrugosa, surcos pocos marcados. (8).

b).- Tamaño.- con una longitud que varía entre 10 y 30 cm. (con media de 12 a 15 cm), y una anchura de entre 7 y 9 cm. (como media).

c.- Color.- la mazorca antes de la madurez puede ser verde, rojo-violeta, más o menos subido de tono, ó verde parcialmente pigmentado de rojo-violeta. Cuando la mazorca alcanza su madurez, el verde pasa a amarillo y el rojo-violeta vira a anaranjado.

d).- Peso.- depende de sus dimensiones, pero puede variar entre 200 g. y más de 1 kg.

Dentro de lo interesante del peso de una mazorca, se encuentra lo que algunos autores ingleses utilizan como medida el

"pod index" (índice de mazorcas), que indica el número de mazorcas necesarias para la obtención de una libra (453 g) de cacao comercial.

e).- Textura.- el pericarpio de la mazorca puede presentar una superficie muy verrugosa (para la mayoría de los Criollo y numerosos Trinitario) o más o menos lisa.

Las mazorcas se encuentran marcadas profundamente por 5 o 10 surcos que van de punta a punta. Los cacaos Criollo presentan surcos más profundos que los Forasteros en los cuales en la mayoría de los casos apenas están señalados.

El fruto cuando es joven, presenta 5 compartimientos en cada uno de los cuales están los granos regularmente repartidos. Después de que el fruto madura, desaparecen las paredes de estas cámaras y solamente subsiste una cavidad única en la cual los granos, rodeados de una pulpa mucilaginoso espesa, aparecen normalmente dispuestos en 5 hileras.

Una mazorca contiene en general de 30 a 40 habas, aunque puede variar de 16 a 60.

La duración del desarrollo del fruto, desde la fecundación hasta la maduración, depende de los caracteres genéticos de cada árbol y varía considerablemente y estando comprendido entre 167, 182 y 200 días (2) (21) (22) (23).

E.1 DESECACION DE LOS FRUTOS JOVENES

Un punto muy interesante que ha sido objeto de numerosos estudios para determinar la causa que lo origina, es precisamente la desecación que sufren las mazorcas jóvenes.

Algunos estudios han demostrado que cierto porcentaje de los frutos se desecan normalmente sobre el árbol en el transcurso de las primeras fases de desarrollo. Existe una competencia entre las mazorcas formadas primeramente, que tienen mayores posibilidades de supervivencia, y las mazorcas formadas posteriormente; así como aquellas que se encuentran situadas en el tronco o ramas grandes pueden llegar a la madurez más fácilmente que las mazorcas localizadas en ramas menores. Todo esto se encuentra controlado por un mecanismo fisiológico regulado por hormonas del crecimiento (21) (24). Esto ocurre como si el cacao se asegurara cierta reserva de mazorcas por encima del número normal que puede llevar a la madurez y que constituye su rendimiento potencial en las condiciones en que es cultivado.

La edad crítica de las mazorcas respecto a la desecación puede estar comprendida entre 50 y 75 días (25).

1.4 CULTIVO DEL CACAO

Para el establecimiento de un cacaotal es necesario considerar en primer término: los factores geográficos (altitud, latitud y relieve); climáticos; en segundo lugar las características del suelo y la forma en que se trató anteriormente y por último ciertos factores de índole económico tales como mano de obra, vías de comunicación y mercados.

1.4.1 Clima.- Para que el cacao tenga un crecimiento adecuado, floración y fructificación abundantes y emisión foliar normal y uniforme en todo el año, la temperatura media anual óptima debe ser de unos 25°C. La floración se reduce cuando la temperatura media es inferior a 23°C.

El cacao es muy sensible a una deficiencia hídrica. Una precipitación promedio anual de 1500 mm. es ideal, siempre y cuando esté bien repartida en todos los meses del año. Sequías de más de 3 meses exigen el uso de agua suplementaria; es decir cuando los meses tienen una precipitación pluvial menor a los 60 mm. El sombrío contribuye a disminuir la pérdida de agua del suelo por evotranspiración.

Una atmósfera cálida y húmeda conviene perfectamente al cacao. La humedad atmosférica está regulada por la precipitación, los árboles de sombrío, la densidad de siembra y los rompevientos. No debe ser excesiva porque favorece las enfermedades criptogámicas. Se ha observado que el rendimiento máximo de un cacaotal adulto se logra con una exposición total a la luz, siempre y cuando se encuentren disponibles en cantidad suficiente todos los elementos minerales y un abastecimiento correcto de agua. Generalmente estas dos condiciones no se cumplen perfectamente y entonces es necesario hacer uso de la sombra.

En los primeros estados de crecimiento, el cacao requiere de sombra relativamente densa, que sólo deje pasar del 25 al 50 % de la luz total. Cuando los árboles alcanzan su mayor desarrollo, ellos mismos se proyectan sombra entre sí y el sombrío debe

reducirse, para dejar pasar un 70 % de la luz. La reacción del cacao a la luz parece pues estrechamente relacionado a su nutrición. Cuanto más elevadas sean las disponibilidades en elementos minerales, mayor será la cantidad de luz necesaria para obtener el rendimiento óptimo y viceversa.

La supresión brusca de la sombra en una plantación desencadena trastornos fisiológicos graves que provocan languidez del cacaotal (26).

Chatt (27), habla acerca del empleo de leguminosas como árboles empleados para dar sombra ya que éstos dejan disponible el nitrógeno del suelo que es muy necesario para el árbol de cacao. Dentro de estas leguminosas se encuentran : las eritrinas, giricidas, ingas, leucaenas, (como ejemplos: Chontal, Coccoite, Cua-jiniquil, Chipilcoite, Huabas, Guamas, Pacays, etc.)

1.4.2. Suelo.- El cacao puede adaptarse perfectamente a los más variados tipos de suelo, incluso a aquellos cuyas cantidades de elementos minerales son muy bajas. Las propiedades físicas del suelo son más importantes que las químicas, ya que éstas últimas pueden mejorarse mediante la fertilización. Sin embargo, se consideran necesarias las siguientes características:

a).- Profundidad.- determina la cantidad de agua almacenada en el suelo. Se recomienda una profundidad de 1 m. para condiciones pluviométricas favorables y de 1.5 m. en caso contrario.

b).- Estructura.- el suelo debe estar ausente de piedras o gravas (no mayor al 40 %) para poder permitir una buena penetración de las raíces.

c).- Textura.- arenoso-arcilloso (de 30 a 50 % de arcilla) para permitir dos condiciones que posiblemente parecen contradictorias: retención de agua por una parte, y estar bien drenado y aireado por otra.

d).- Propiedades químicas.- dentro de éstas se cuentan:

1.-pH.- el cacao puede desarrollarse sobre suelos de reacción muy ácida con un pH inferior a 5 o bien sobre aquellos muy alcalinos con un pH superior a 8, sin embargo, el valor óptimo es de 6.5 (comprendido entre 6 y 7).

2.- Contenido de materia orgánica:- Hardy (32), recomienda como mínimo un contenido de materia orgánica de 3.5 % para una buena productividad.

3.- Elementos nutritivos.- como mínimo un contenido de 5 meq./100 g de bases intercambiables tales como potasio, calcio, magnesio y fósforo a 1 m. de la superficie del suelo (10) (28) (29).

1.4.3.Establecimiento y manejo del cacaotal.- Una plantación de cacao puede establecerse con arbolitos obtenidos a partir de semilla, de estacas o de injertos. La propagación sexual por semilla se emplea principalmente en el cacao de híbridos que combinan características genéticas deseables de dos o más progenitores. La propagación vegetativa por estacas o injertos conserva el genotipo del árbol del cual provienen las ramas o yemas. Las semillas se obtienen de la parte media de la mazorca ya que son más grandes y mejor formadas y se siembran directa-

mente en el campo. Las estacas y yemas se obtienen de las ramas jóvenes cuya corteza comienza a ponerse parda, éstas se plantan en propagadores y se dejan alrededor de 15 días. Después se transplantan a bolsas de polietileno y se establece el vivero, para que después de 7 meses los arbolitos se transplanten al campo.

Cuando los árboles son jóvenes deben efectuarse cuatro o cinco deshierbes en el año, cuidando de no dañar las raíces que se encuentran casi en su totalidad en la capa superficial del suelo.

A diferencia de otros frutales, el cacao requiere de poca poda y se diferencian dos tipos

a).- Poda de formación.- practicada en árboles provenientes de estaca, en donde las ramas laterales que se inclinan hacia el suelo se cortan, favoreciendo la producción de una corona de ramas más altas de lo normal.

b).- Poda de mantenimiento.-consiste en suprimir plantas parásitas y epífitas, mazorcas y ramas secas. (28), (30).

1.4.4. Plagas y Enfermedades del cacao.- El cacao es afectado por una gran número de enemigos naturales que, en muchos casos, pueden mermar considerablemente la cosecha, y aún poner en peligro la vida de la plantación.

Las plagas más importantes son:

1.- Miridos o chinches chupadoras.- sus picaduras producen manchas redondeadas de color negro en cogollos y mazorcas tiernas y maduras.

2.- Chinches pentatómidas.- provocan manchas negras también.

3.- Escolitidos.- llamados también coleópteros barrenadores porque barrenan tronco y ramas causando su secamiento.

4.- Lepidópteros.-son como mariposas; atacan las mazorcas y árboles de sombrio.

5.- Otros.-cochinillas, hormigas, chupadores que causan picaduras en las hojas; además de insectos, monos, ardillas, y ratas que también pueden causar daños al cacaotal.

ENFERMEDADES PRINCIPALES DEL CACAO

Dentro de estas enfermedades se pueden mencionar:

a).- Pudrición negra de la mazorca.-es causada por el hongo Phytophthora palmivora. Este hongo ataca a la mazorca en todas las edades, las hojas y el tronco. En mazorcas, aparece una mancha de color marrón claro que se extiende hasta cubrirla toda con gran rapidez. El hongo provoca el secamiento de las hojas y ulceraciones en el tronco, y es favorecido por exceso de humedad ambiental y temperaturas bajas.

b).- Moniliasis ó ceniza de la mazorca.-esta enfermedad se conoce también con el nombre de Monilia, Pudrición acuosa y Enfermedad de Quevedo, y es causada por el hongo Monilia rozeri.

El hongo se desarrolla en el interior de las mazorcas destruyendo los granos. Al final del crecimiento de las mazorcas aparece una mancha en la superficie de color marrón claro que la cubre totalmente. Posteriormente, las manchas presentan un polvillo de color crema que después se vuelve ceniciento. Esta enfermedad se favorece por picaduras de insectos que permiten la entrada del germen patógeno.

c).- Ceratostomella.- provocada por el hongo Ceratostomella fimbriata. A esta enfermedad se ha conocido en el Ecuador como "el mal del machete" por su asociación con las heridas producidas por éste. El hongo ataca a las mazorcas y tejidos del tronco ocasionando su decoloración; dando tonalidades pardo-azulosas.

d).- Escoba de bruja.- enfermedad producida por el hongo Marasmius pernicius Stahel. El hongo ataca los retoños, ocasionando una proliferación anormal de yemas, hinchazón de los tejidos y supresión del crecimiento, dando origen a la muerte del árbol (31).

1.5. LA COSECHA Y EL DESGRANE

1.5.1 La Cosecha

Generalmente, las mazorcas maduras se reconocen por el cambio de su coloración; las verdes pasan al amarillo y las rojas al anaranjado. En algunos casos, existen mazorcas cuya pigmentación rojo-violeta es muy acentuada y no permiten observar con claridad

el cambio de coloración al llegar a la madurez, por lo que algunos recolectores recurren al sonido seco que emiten éstas cuando son golpeadas con los dedos.

No deben cosecharse mazorcas demasiado maduras, pues existe el peligro de ataques criptogámicos o por insectos que pueden dañar los granos. Tampoco deben cosecharse antes de su madurez, pues los granos inmaduros no fermentan adecuadamente, toman coloración violeta y reducen la calidad del cacao.

La cosecha debe realizarse a intervalos regulares de 10 a 15 días sin excederse de tres semanas.

Para la recolección de las mazorcas se emplea por lo general un cuchillo o machete muy bien afilado, para aquellas que se encuentran en lugares accesibles. Para las situadas en las partes altas, se utilizan instrumentos cortantes en forma de media luna, amarrados en el extremo de varas como se observa en las figura 4.

1.5.2 El Desgrane

Después de la recolección, las mazorcas son transportadas cerca del lugar donde deben ser fermentadas las habas.

Se llama desgrane la operación que consiste en partir las mazorcas y extraer los granos o habas, los cuales, separados de la placenta, se someterán seguidamente a la fermentación.

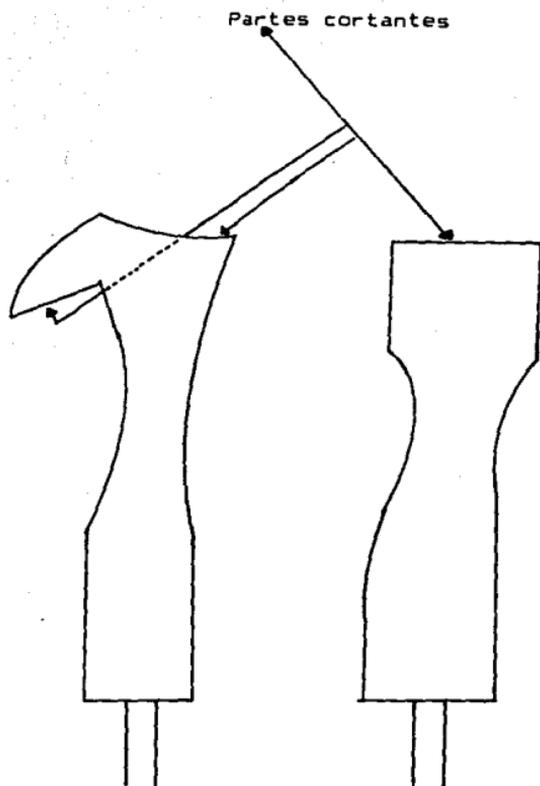


FIG.4 Parte terminal de las garrochas utilizadas
en la recolección de las mazorcas altas

El desgrane se efectúa por regla general a mano, golpeando la mazorca con ayuda de un pedazo de madera para con ello romper la cáscara perpendicularmente al mayor diámetro de la mazorca. Posteriormente se introducen los dedos y se deslizan a lo largo de la placenta por uno y otro lado.

El uso de desgranadoras mecánicas todavía no está muy generalizado. Sin embargo, se han hecho estudios que demuestran que algunas máquinas diseñadas para este fin pueden ahorrar tres cuartas partes de la mano de obra (21) (11).

1.6.COMPOSICION QUIMICA DEL CACAO

El cacao es un alimento energético de primer orden, el cual contiene los tres principales componentes de las sustancias alimenticias, es decir grasas, hidratos de carbono y proteínas, en buen equilibrio y en forma concentrada. En el Cuadro 1, se presenta la composición química según Hardy (32).

A continuación se darán generalidades sobre los componentes químicos del cacao.

1.6.1. Manteqa de cacao.—La F.D.A. define a la manteca de cacao como " la grasa comestible obtenida de los granos puros de cacao (Theobroma cacao ó especies estrechamente relacionadas antes o después de ser tostados ".

CUADRO NO. 1
COMPOSICION QUIMICA DEL CACAO

Composición de las habas frescas de cacao (g/100g de peso fresco)

	Cotiledones	Pulpa	Tegumento
Agua	35	84.5	9.4
Celulosa	3.2	-	13.8
Almidón	4.5	-	46.0
Pentosana	4.9	2.7	-
Sacarosa	-	0.7	-
Glucosa y Fructuosa	1.1	10.0	-
Manteca de cacao	31.3	-	3.8
Teobromina	8.4	0.6	18.0
Proteínas	2.4	-	-
Cafeína	0.8	-	-
Polifenoles	5.2	-	0.8
Acidos	0.6	0.7	-
Sales minerales	2.6	0.8	8.2
	-----	-----	-----
	100.0	100.0	100.0

Fuente : RAMIREZ, Fco. Javier (32).

La manteca de cacao se extrae triturando las semillas, de las cuales se han quitado las cubiertas por torrefacción (TOSTADO), convirtiéndolas en una masa homogénea y pastosa (Licor de cacao). Esta pasta es sometida a prensas hidráulicas para obtener dos productos:

a).- Manteca de cacao.- que es la parte lípida

b).- Cocoa.- que se obtienen al moler los "panes" que quedan después de la extracción de la grasa del licor de cacao. Algunas cocoas se tratan con álcalis (Proceso holandés), con objeto de oscurecer su color y modificar su sabor.

La manteca de cacao también puede extraerse por el Método Expeller o bien por extracción con solventes (33).

A.- PROPIEDADES DE LA MANTECA DE CACAO

La manteca de cacao es una grasa ligeramente amarilla, la cual por debajo de los 20°C es muy frágil y quebradiza. Presenta un punto de fusión de 35 °C pero comienza a ablandarse a una temperatura comprendida entre los 30 y 32 °C.

Está compuesta de glicéridos de ácidos grasos tales como el oléico, esteárico, palmitico y en pequeña proporción linoléico. El principal triglicérido de la manteca de cacao es la 2-oleodisterina (2).

La manteca de cacao tiene la propiedad de la contracción durante la solidificación, lo cual hace posible el moldeo del chocolate. Esta contracción adecuada depende de la cristalización de la grasa líquida, lo cual se logra con el temperado del choco-

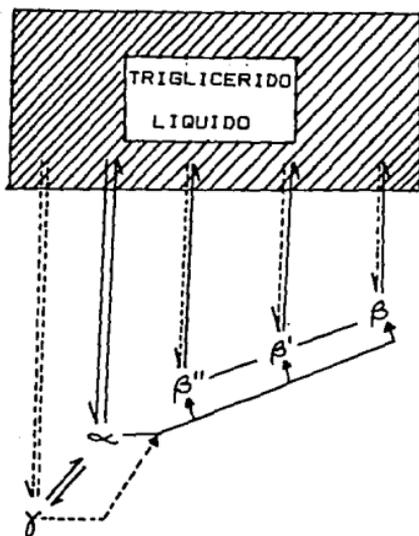
late fundido y de las temperaturas de almacenamiento del chocolate solidificado. La solidificación conduce a obtener un producto de textura suave sin manchas, defecto que se conoce como el "bloom" de la grasa (Cap.4 Defectos que se presentan en el chocolate). Para poder evitar este defecto es necesario obtener formas estables polimórficas de la grasa durante el enfriado y fraguado. Las formas polimórficas de la manteca de cacao son las siguientes:

1.-Forma gamma.- producido por el enfriado rápido de la grasa líquida. Su punto de fusión es aproximadamente 17°C . Esta forma de cristalización es demasiado inestable y se transforma en alfa, aún a bajas temperaturas.

2.-Forma alfa.-su punto de fusión es de $21-24^{\circ}\text{C}$.

3.-Forma beta'.-la forma alfa cambia a temperatura ambiental a la forma beta', cuyo punto de fusión es alrededor de los $27-29^{\circ}\text{C}$.

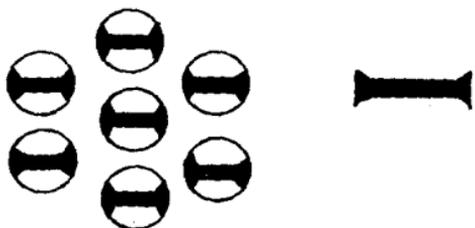
4.-Forma beta.- es la forma estable de los cristales y tiene un punto de fusión de $34-35^{\circ}\text{C}$. Las transiciones polimórficas de los triglicéridos de la manteca de cacao podemos verlas en la fig.5, se observa que el enfriamiento rápido de los triglicéridos fundidos produce generalmente la forma alfa. Todas las transiciones son irreversibles excepto alfa-gamma. Las líneas inclinadas muestran la posibilidad de la cristalización directa a la forma beta estable, dependiendo de la temperatura y velocidad de enfriamiento que tenga el líquido (33).



Formas sólidas de
manteca de cacao

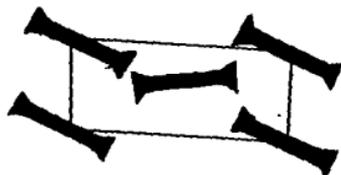
FIG. 5.- TRANSICIONES POLIMORFICAS DE LOS TRIGLICERIDOS

Fuente : CHARALAMBOUS, George (33)



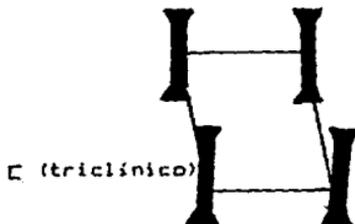
A (hexagonal)

En estas figuras se presenta un corte transversal a través de las cadenas adyacentes de las formas polimórficas alfa - beta' y beta. A).-En cadenas adyacentes, los grupos dimetileno presentan un elevado movimiento torsional y por lo tanto no pueden mantener esa geometría espacial, cambiando a otra.



B (ortorrómbico)

B).-Incrementa el orden de los grupos dimetileno, dando un aumento en la densidad de empaque, disminuyendo la movilidad de las cadenas.



C (triclínico)

C).-Los grupos dimetileno se orientan en su máxima densidad de empaque.

FIG 6.-ESTRUCTURAS CRISTALINAS DE LOS TRIGLICERIDOS

1.6.2. Sustancias Nitrogenadas.—Constituidas en su mayor parte por proteínas, las cuales, se hacen menos digeribles por el tostado. En efecto, con la digestión artificial el 19-23% de éstas, de las semillas crudas, quedan insolubles, mientras que después del tostado tal porcentaje sube a 39-40%. Sin embargo, la fina subdivisión de las partículas de cacao, tal como se obtiene en la preparación del cacao en polvo y del chocolate y, en parte también por el tratamiento con sustancias alcalinas, remedian este inconveniente, permitiendo alcanzar de nuevo una digeribilidad del 80%.

1.6.3 Almidón y Sustancias extractivas.—El almidón del cacao se presenta al microscopio bajo gránulos ovoidales, raramente redondos y a menudo reunidos de dos a tres o de cuatro, de forma que se obtienen "cilindritos" o pequeñas masas tri o cuadrangulares cortadas por líneas en cruz (Fig.7).

Según la procedencia de la semilla será el contenido de las sustancias extractivas que dan un gusto astringente a los cacaos de calidad inferior e insuficientemente trabajado. A tal grupo pertenece también la característica sustancia del cacao, el rojo del cacao.

Los azúcares están presentes en la semilla en bajas cantidades.

Entre los componentes de ácidos del cacao, aparte del ácido acético producido durante la fermentación, merece mencionarse el ácido oxálico presente en polvo de cacao desgrasado, en la

proporción de 450 mg/100g.

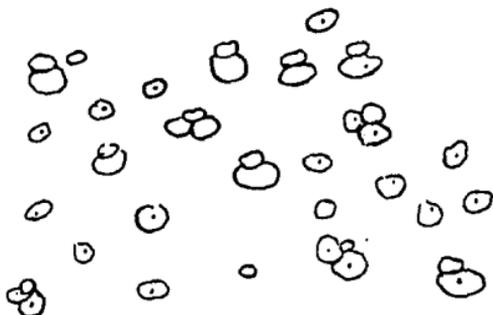


FIG.7.- PARTICULAS DE ALMIDON AL MICROSCOPIO

1.6.4. Celulosa.- La celulosa, presente en cantidad discretamente notable, sería un obstáculo para su digestibilidad, sin el tostado, la solubilización con sustancias alcalinas y las sucesivas operaciones de triturado y refinado no contribuirían a disgregarla.

1.6.5. Sales minerales.- El cacao es riquísimo en sales minerales, entre los cuales se señalan el magnesio y el fósforo. En el Cuadro 2 se enlistan las sales minerales que contiene el cacao.

El valor dietético de éstos elementos es notable, tanto para

el que realiza un trabajo físico , por la función del magnesio en la contractibilidad de los músculos, como para el trabajador mental, por la aportación de fósforo. Como consecuencia del tratamiento con sustancias alcalinas al objeto de solubilizar, el contenido de potasio o de sodio puede adquirir notables proporciones (27) (28).

CUADRO 2
CONTENIDO MINERAL DEL CACAO

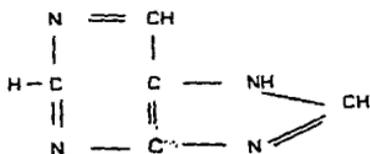
	mg
Potasio	4168
Sodio	169
Calcio	123
Magnesio	824
Hierro	17
Fosforo	1963
Azufre	201
Cloro	70

Fuente: BRAUDEAU, Jean (21).

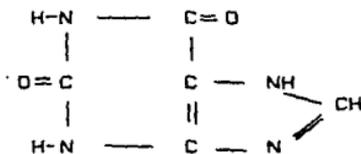
Los datos se refieren a un cacao poco desgrasado, con 28% de grasa, solubilizado con potasa.

1.6.6. Teobromina del cacao.- Se denominan bases purínicas a los alcaloides que se encuentran en el café, cacao y té porque todos ellos son derivados de la misma sustancia original, "purina".

Muchos de éstos alcaloides son derivados de la xantina, que



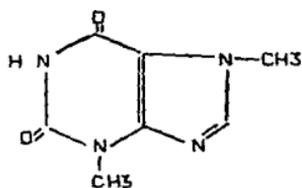
Purina



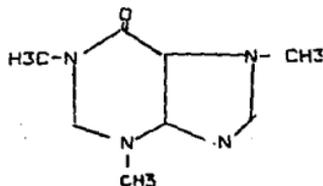
Xantina

Aunque la purina no existe en estado libre en la naturaleza se obtiene por síntesis y respresenta el sistema fundamental de anillos de varios productos elaborados por los organismos vegetales y animales, principalmente del ácido úrico.

La teobromina ($C_7H_8N_4O_2$) es el principal alcaloide del cacao. Es la 3,7 dimetilxantina y con ella se puede producir cafeína 1,3,7 trimetilxantina por metilación.



Teobromina



Cafeína

La teobromina es un polvo cristalino blanco de sabor amargo. Se halla en el cotiledón fresco en forma de compuesto inestable. No existe en la cascarilla de la semilla fresca, o sólo en cantidad muy pequeña aproximadamente 0.28%, calculada sobre la materia seca. Durante la fermentación y su liberación en el cotiledón se difunde a la cascarilla donde puede aumentar hasta 2% (35) (36).

Debido a que la teobromina no es soluble en la manteca de cacao ésta se encuentra en la torta de cacao y finalmente en el polvo de cacao. Tiene acción estimulante al miocardio y es diurética. Su principal uso industrial es como materia prima para la elaboración de cafeína, la cuál tiene mucha aplicación en farmacia y como estimulante en algunos refrescos.

Aún no ha sido posible la fabricación de chocolate o cocoa sin presencia de teobromina, sin destruir el sabor y aroma característicos de éstos. Los productos de reacción que se forman durante la extracción de la teobromina con álcalis hacen que el residuo sea inadecuado para la alimentación (37) (38).

1.7. PRINCIPALES ZONAS PRODUCTIVAS DE CACAO EN MEXICO

En México, las zonas más importantes que producen cacao se encuentran comprendidas entre los 14°20' y los 18°10' de latitud norte. Pueden dividirse de la siguiente forma:

Zona I. - Parte del norte del estado de Chiapas y la Costa del Golfo de México, Tabasco y Chiapas.

Zona II. - El estado de Veracruz, y pequeñas zonas del estado de Oaxaca.

Zona III. - Las costas del Pacífico desde Colima hasta el sur del estado de Chiapas.

Zona IV. - El centro del estado de Michoacán.

Las zonas productoras de Tabasco y Chiapas son las mejores y las condiciones peculiares del suelo (alubión y húmedo) hace que el cacao de ésta zona goce de una fama bien merecida.

1.8. PRINCIPALES ESPECIES DE CACAO CULTIVADAS EN MEXICO

En México, por su vigor y mayores rendimientos, los cacaos más cultivados son el criollo y el guayaquil, ambos generan granos de primerísima calidad con altos niveles de aroma y sabor, por lo que se les denomina "cacaos aromáticos".

A nivel internacional México, como productor, ocupa el décimo primer lugar. En América se ubica como el quinto país después del Brasil, Ecuador, Colombia y de la República Dominicana (Cuadro 3).

En territorio mexicano, Tabasco destaca con una extensión cultivada de cacao de 50 mil hectáreas, mismas que están distribuidas en los municipios de Comalcalco, Cunduacán, Cárdenas, Huamanguillo, Paraíso, Jalpa de Méndez, Nacajuca, Centro, Teapa y Tacotalpa. Aporta a la economía nacional una producción promedio de 32 mil toneladas anuales (según datos de la Unión Nacional de Productores de Cacao de 1989), lo que sig-

nifica el 80% de la producción total en el país.

CUADRO 3
PRINCIPALES PAISES PRODUCTORES

PAIS	PRODUCCION miles de ton.	PARTICIPACION MUNDIAL
Costa de Marfil	820.0	34.0
Ghana	305.0	12.6
Nigeria	160.0	6.6
Camerún	123.9	
Brasil	330.0	13.6
Ecuador	85.0	3.5
Colombia	52.3	2.1
Rep. Dominicana	48.0	1.9
México	40.0	1.65
Venezuela	14.0	0.5

Fuente: Unión Nacional de Productores de Cacao 1989 (26).

2. PREPARACION DEL GRANO PARA LA INDUSTRIA CHOCOLATERA

Una vez que las mazorcas han sido cosechadas deben sufrir una serie de "Operaciones de Beneficiado", las cuales, ayudarán a proporcionar todas las características particulares de olor, sabor, color, etc. del cacao lo cual dara como resultado la obtención de un producto óptimo que servirá como materia prima para la manufactura del chocolate.

OPERACIONES DE BENEFICIADO

2.1 APERTURA DE LOS FRUTOS

La apertura de los frutos se lleva a cabo en el lugar en donde se realizará la fermentación. Lo normal es transportar los frutos enteros y no los granos húmedos, pues toda demora en el transporte de los granos húmedos puede traducirse en pérdidas por exudación prematura. Para evitar dicho problema los granos deben recibirse cuando menos 24 horas después de haber sido extraídos de la mazorca a la intalación donde serán fermentados.

Los frutos se abren mediante machete o leño. Sin embargo, el empleo del machete es una práctica que no debe fomentarse porque tiene el inconveniente de producir daños a los granos, quedando expuestos al ataque de los insectos y hongos, produciendo defectos que se consideran muy graves (39).

Un método mucho más eficaz para abrir los frutos es utilizando un leño. El procedimiento consiste en abrir los frutos con dos golpes secos dados con el borde de éste, precisamente en la parte más distante del diámetro mayor del fruto.

En algunas granjas los granos se fermentan junto con la placente, y aunque esto no tiene efecto adverso sobre la fermentación propiamente dicha, tiene el inconveniente de influir desfavorablemente en el aspecto del producto seco (40).

2.2. LA FERMENTACION

Tal cual son extraídas las habas frescas del fruto, éstas son sometidas a un proceso que se designa corrientemente por "fermentación", siendo un conjunto de operaciones que incluye:

a).-Fermentaciones propiamente dichas.- provocadas por microorganismos que afectan la pulpa.

b).-Reacciones internas.- controladas por las enzimas contenidas en los tejidos de los cotiledones.

Este proceso provocará transformaciones en el grano que tienen por objeto esencialmente:

1.- Eliminar la pulpa mucilaginososa que rodea a las habas frescas.

2.- Provocar la muerte del embrión y por consiguiente impedir la germinación de las habas de cacao con lo que se posibilita su conservación.

3.-Desencadenar profundas modificaciones bioquímicas en el interior de los cotiledones (41).

2.2.1 Inicio de la Fermentación.-Los granos de cacao, así como la pulpa, están estériles en el momento de abrir la mazorca, pero rápidamente se contaminan con microorganismos al contacto con la cáscara de la mazorca y las manos de los obreros. Las vasijas empleadas para transportar el cacao de un lugar a otro, y los insectos que se pasan sobre los granos constituyen nuevas fuentes de inoculación.

La naturaleza química de la pulpa hace que ésta sea un medio ideal para el desarrollo de levaduras y hongos. En el transcurso de la fermentación se originan alteraciones en la composición de la flora bacteriana (61).

Forsyth (62), ha descrito de la siguiente forma la secuencia del desarrollo microbiano en la pulpa:

Primer día.- La infección inicial es rápidamente superada por las levaduras que, en condiciones prácticamente anaerobias transforman por fermentación los azúcares de la pulpa en alcohol.

LEVADURAS

El pH bajo, elevado contenido de azúcares y la insuficiencia del aporte de oxígeno en la pulpa durante las fases iniciales de la fermentación, favorecen la actividad de las levaduras, las cuales comprenden más del 90% del total de los microorganismos. Se han detectado 24 especies diferentes en una masa de cacao en

fermentación del Deste Africano. Estas levaduras transforman los azúcares en alcohol etílico con desprendimiento de anhídrido carbónico.

Segundo día. - Se intensifican las condiciones anaerobias que conducen a una breve activación de las bacterias lácticas, sin embargo, las células de la pulpa se licúan rápidamente y como consecuencia de ello se facilita la aereación, lo que, conlleva a que predominen las bacterias acéticas. Simultáneamente los granos mueren por la acción combinada del calor y del ácido acético.

Tercer día. - Se establece un equilibrio entre las bacterias acéticas y las levaduras aerófilas así como con los bacilos aerófilos que persiste a partir de entonces, y los cotiledones muertos quedan en continuo contacto con el licor ácido a alta temperatura.

BACTERIAS

La desasimilación del ácido cítrico existente en la pulpa por las levaduras ocasiona una elevación del pH y junto con el aumento de temperatura resultante de la fermentación alcohólica, proporciona condiciones apropiadas para las bacterias lácticas. Estas bacterias fueron aisladas primeramente en Java y eran del género *Betabacterium*, que es un tipo heterofermentativo, que producen también ácido acético y favorece la creación de un medio anaerobio. La elevación de la temperatura y el pH de la pulpa, consecuencia del desarrollo de éstas bacterias no favorece la actividad de las levaduras y la menor absorción de oxígeno de

éstas, unidas al colapso de las células de la pulpa le permite una mejor aereación a la masa. En estas condiciones nuevas prosperan las bacterias acéticas y las lácticas sólo compiten con aquellas por unas cuantas horas (63).

El metabolismo de los microorganismos contenidos en la pulpa, origina un aumento en la temperatura, y cuando llega a 40-45° C, las bacterias acéticas quedan inactivadas, esto sucede antes de que todo el ácido acético se oxide, por lo que queda un residuo del mismo durante toda la fermentación (64).

Durante el transcurso de la fermentación el pH de la pulpa sigue aumentando y al llegar a 5.0 las bacterias *Aerobacter* se vuelven activas, éstas desdoblan los aminoácidos con formación de amoníaco y aminas, y dan a la masa un color pardo oscuro característico, así como un olor muy desagradable.

La constante elevación del pH de la pulpa durante la fermentación, se ha atribuido a la desasimilación del ácido cítrico por las levaduras y las bacterias lácticas, y su sustitución por los ácidos láctico y acético menos disociados. Las bacterias acéticas aparecen primero en las zonas superficiales de las masas de fermentación, y en mayor número en el centro. Es posible que en la superficie exista una mejor aereación desde el inicio de la fermentación que suprime casi por completo las bacterias lácticas. Con un pH inferior a 5.0 se indica una fermentación defectuosa (44).

2.2.2 Principales factores que intervienen en la fermentación.

1.-DURACION DE LA FERMENTACION

Existen diversas opiniones de varios autores con respecto a este punto:

Duthie (21), sugirió que la duración de la fermentación se encuentra relacionada con una cantidad de pigmento de color púrpura presente en los granos frescos de modo que cuanto más oscuro es dicho color, más larga debe ser la fermentación. En efecto, es ya tradicional que los los granos Criollo poco o nada pigmentados fermenten mucho más pronto que los tipo Forastero de color púrpura, pero no se sabe exactamente si sólo ha sido el color el que ha influido en la duración de la fermentación.

Palma (21), opina, que la duración de la fermentación del cacao depende de la cantidad de que se trate, de la variedad, así como también de la temperatura.

Para caracterizar la duración de la fermentación y las temperaturas alcanzadas, se utiliza el "número de grados x horas" indicando, para una fermentación dada o un período arbitrariamente escogido cuya duración expresada en horas es anotada en un paréntesis, la suma de las temperaturas medias, en grados centígrados registradas en cada hora del período considerado. Esto coadyuva a caracterizar el régimen térmico de las habas en fermentación que queda patentizado por la superficie limitada en una gráfica por la curva de evolución de la temperatura en función del tiempo, tal como lo muestra la figura 8 (21) (53).

° C

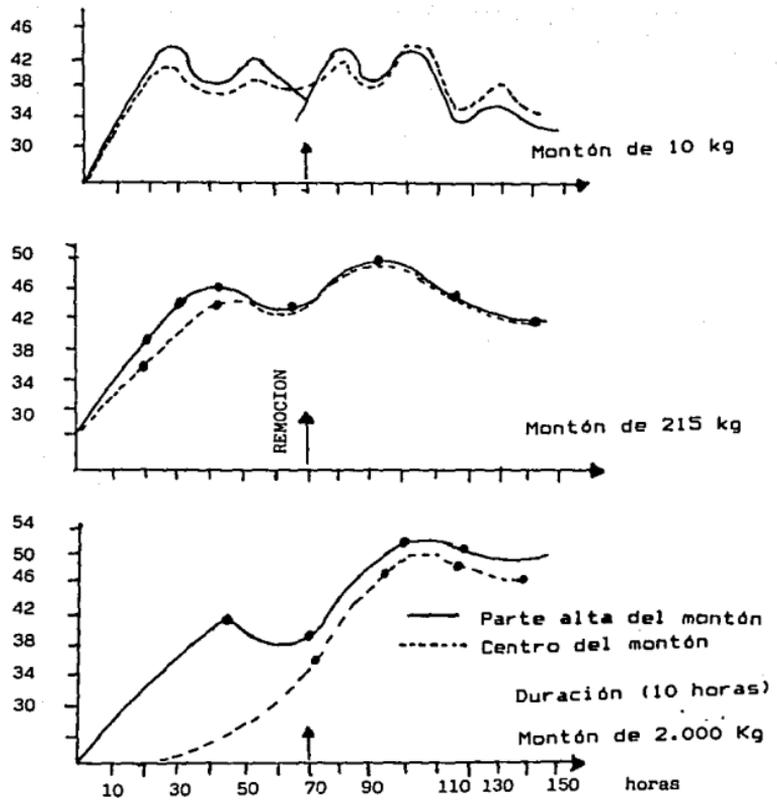


FIG.8.-EVOLUCION DE LA TEMPERATURA A LO LARGO DE LA FERMENTACION

Fuente : BRAUDEAU, Jean (21).

Forsyth y Quesnel (54), elaboraron un histograma de frecuencia con los datos obtenidos por diferentes productores de cacao, para determinar la duración de la fermentación. Encontraron que este proceso en el cacao criollo se concluía entre 2 y 3 días y en el tipo forastero entre 6 y 8 días.

Si la fermentación se prolonga demasiado hay el peligro de pérdida del sabor del cacao, la producción de malos sabores y desarrollo de mohos externos. Conforme avanza la fermentación, aumenta el pH de la pulpa, y cuando llega a aproximadamente 5.0, comienzan a aparecer bacterias putrefactas.

El metabolismo de éstas bacterias hace ascender aún más el pH, y a valores superiores de 7.0, los granos se oscurecen considerablemente y huelen muy mal.

Wickens (55), halló un incremento el desarrollo de los mohos cuando el tiempo de la fermentación se elevaba a 8 días, lo cual producía una pérdida de sabor.

2.- TERMINACION DE LA FERMENTACION

Forsyth y Quesnel (54), analizaron una serie de resultados a partir de los cuales dedujeron que hay seis métodos para determinar cuando finaliza la fermentación y comienza el secado:

a).- Fijación del tiempo.- es decir el proceso se normaliza para que dé iguales resultados en un tiempo determinado o de otro modo se prescinde de las variaciones naturales.

b).- Color externo de las cáscaras

c).- Apertura de muestras de granos para el examen del color

interno. Cuando se ha completado la fermentación en los granos pigmentados, es decir Forastero y Trinitario, los pigmentos antociánicos desaparecen y las habas ya no presentan el color violeta. Siempre es preferible detener la fermentación antes de la desaparición total del color violeta ya que así se evitan los problemas causados por la sobrefermentación.

d).- Olor de la masa fermentada

e).- Descenso de la temperatura

f).- Hinchamiento de los granos

Otros factores muy importantes que se encuentran interrelacionados y tienen un efecto considerable en la duración de la fermentación son: la magnitud de la masa y la aereación

A.- MAGNITUD DE LA MASA

Si se tienen pequeños montones de granos de cacao, la fermentación no se realiza en forma adecuada, debido a que no se alcanza la temperatura óptima para que ésta se efectúe correctamente. El límite superior de la cantidad de cacao fermentado lo determina la facilidad de la manipulación, pero hay pruebas de que es más importante el espesor de la masa que su peso. En las cajas de fermentación se recomienda un espesor no mayor de 0.90 m. para que sea efectivo. Si son demasiado hondas, en su centro la fermentación será pequeña, mientras que en las orillas, se verificará rápidamente.

B.- AEREACION.

Una buena aereación de la masa fermentante se logra por medio del volteo. Para realizar éste se han propuesto varios mé -

todos, ya que se considera una operación fundamental para conseguir una buena fermentación. Tiene como finalidad la aereación de la masa, lo cual permite que la fermentación sea homogénea en todas las habas ya que proporciona una elevación uniforme de la temperatura.

El volteo se logra en el método de fermentación en montones, trasladando el cacao a mano o mediante palas hacia otra base nueva de hojas de plátano. En cuanto al método por cajas el volteo se logra, por el transvase de los granos de una caja a otra. Estas cajas se pueden disponer en distintos planos, teniendo cada una de ellas una trampa corrediza para facilitar la operación.

Se ha observado que el volteo a las 24 horas es el más adecuado dando una fermentación óptima al cabo de 5 días.

Otro efecto benéfico de estas removidas a la masa, es que evita la proliferación de mohos y la desecación de las habas que se encuentran en la superficie (41).

En años más recientes, los investigadores han expuesto pareceres diversos acerca de la influencia del anhídrido carbónico que se acumula en el centro de la masa de cacao en fermentación. Wadsworth (56), cree que en presencia de este gas, no se forman sustancias precursoras del sabor y del aroma. Si esto es así, es probable que constituya un problema en la fermentación en montones en la que el anhídrido carbónico desaparece por difusión. En la fermentación en cajas, donde la aereación es menor, dicho gas podría tener influencia, de no voltearse la masa del grano.

El objetivo primordial de la aereación es fomentar los cambios que originan la muerte del grano.

2.2.3 Reacciones internas de los cotiledones durante la fermentación

A.- Muerte del grano. - Por muerte del grano se entiende no sólo la pérdida del poder germinativo, sino también, los cambios en la sustancia celular de los cotiledones que origina la difusión del contenido de las células violetas en el tejido circundante. Esta fase va acompañada de la acumulación de un jugo de color púrpura en el interior del grano que se hincha apreciablemente. Se han expuesto varias teorías para explicar la muerte del grano durante la fermentación y como otros factores importantes de tal muerte, se mencionan la temperatura y la acidez causadas por el ácido acético.

Es importante que el grano muera durante la fermentación para que se originen los cambios de permeabilidad de las paredes celulares y de esta forma, se dé inicio a las reacciones que producen el aroma a chocolate (57).

Al parecer los polifenoles (taninos, catequinas, antocianina, leucoantocianina) están relacionados en cierto modo con el desarrollo del aroma y sabor de cacao, pero es fundamental que durante la fermentación sean liberados de las células en que están contenidos. Si ésto no ocurre así, el producto seco no tendrá ni el sabor ni el aroma del cacao bien curado. (58)

Forsyth (59), por ejemplo, opina que es necesario una temperatura y una acidez mínima determinadas en la masa fermentante para que los granos mueran en un tiempo razonable. Cuando se incubaron granos lavados en una solución de ácido acético al 2.5%, ajustada a un pH de 4.6, sólo los granos que se expusieron a una temperatura de 36°C murieron en un lapso de 2.5 días; a temperaturas inferiores los granos vivieron más tiempo.

Knapp (53) , encontró que 5 horas a una temperatura de 50°C eran suficientes para producir la muerte del grano y provocar la difusión del color púrpura de las células del pigmento.

También este investigador ha propuesto que la temperatura de la masa fermentante se eleve tan rápidamente como sea posible para destruir cuanto antes el poder germinativo de las semillas.

Quizás el cambio más importante que se produce con anterioridad a la muerte del grano, es la destrucción de un pequeño disco circular de la cáscara que cubre al germen.

Se ha observado que la demora entre la recolección y apertura de las mazorcas, conduce a un aumento más brusco en la temperatura y a máximos de temperatura más altos durante la fermentación. En estas condiciones se requiere de una fermentación mucho más corta que cuando se abren diariamente las mazorcas recién cosechadas.

Es necesario que únicamente se cosechen las que se encuentran perfectamente maduras para no sufrir alteraciones durante la fermentación. Los granos insuficientemente maduros presentan un aumento en la temperatura al iniciarse la fermentación a 40°C y luego un rápido descenso a 30°C, temperatura que se mantenía hasta el final de la fermentación (60).

Una vez que las habas han muerto, las paredes celulares se hacen permeables y por lo tanto los constituyentes de las células comienzan a difundirse a través de los tejidos. De ésta forma las enzimas del grano entran en contacto con los polifenoles.

Entre los polifenoles, los pigmentos antociánicos, están hidrolizados en productos no coloreados que, por oxidación ulterior, toman un color pardo característico. La destrucción de los antociános es relativamente rápida, en cambio la desaparición de los compuestos fenólicos es atribuida a una pérdida por ósmosis a través de los tegumentos de las semillas. Aunque se encuentre presente una oxidasa en los tejidos, la oxidación de la fracción no hidrolizada de los polifenoles parece que no interviene fuera del tiempo de secado. Tras una primera fase anaerobia, en el curso de la cuál se producen las reacciones de hidrólisis, interviene una segunda fase aerobia que comienza al final de la fermentación y que continúa durante el secado. En esta segunda fase, las reacciones de oxidación afectan a todos los compuestos fenólicos, comprendidos los productos de

degradación de los antocianos. Los cotiledones toman entonces un color pardo y su astringencia disminuye considerablemente. Esta disminución, que es una de las características de un cacao bien fermentado, resulta de la insolubilidad de los productos de oxidación de los polifenoles (61) (43) (65).

En lo que se refiere a los compuestos nitrogenados, se observa a lo largo de la fermentación una disminución regular del contenido total de nitrógeno, debido a la pérdida de teobromina y a la degradación de las proteínas, las cuales se transforman en péptidos y aminoácidos. Estos productos se pierden por difusión.

Alrededor del 40% de la teobromina presente en los cotiledones frescos, se pierde en el curso de la fermentación por difusión en los tejidos y migración a los tegumentos de las habas, cuyo contenido aumenta considerablemente.

En cuanto al contenido de grasa, Humpries (66), demostró un incremento de aproximadamente 4% en el cacao Trinitario, tomando como base el porcentaje en peso seco del caco.

Se debe tener en cuenta que por cada día que transcurre la fermentación, hay una pérdida de peso del cacao de 1.54% .

B.-Desactivación de las enzimas durante la fermentación.-De Witt y Cope (67), demostraron que la destrucción de las enzimas en granos frescos por ebullición en agua, origina una falta completa del desarrollo del sabor de cacao durante la fermentación subsiguiente. A la muerte del grano, es cuando las enzimas entran

en contacto con los sustratos. Los granos frescos contienen: diastasa, una enzima parecida a la emulsina, peroxidasa, lipasa, maltasa y albumilasa.

Forsyth (54), ha demostrado que la temperatura óptima para la actividad de la enzima beta-glicosidasa causante de la escisión hidrolítica de las antocianinas, se halla próxima a los 45°C. La actividad enzimática disminuye rápidamente a medida que la temperatura sobrepasa este valor y la destrucción térmica de los pigmentos adquiere más importancia, tal y como se puede ver en el Cuadro 4.

CUADRO 4

ACTIVIDAD ENZIMATICA DE LOS GRANOS DE CACAO DURANTE LA
FERMENTACION

Tiempo de Fermentación en horas	Actividad enzimática como porcentaje de la original en el grano fresco.	
	OXIDASA	GLICOXIDASA
40	55	80
60	40	70
80	22	55
100	10	40
120	5	30
160	2	10

Se ha demostrado que este efecto de inactivación, es mucho más rápido en la superficie de los montones en fermentación en donde los granos mueren con mayor rapidez y después de 68 horas la inactivación de la amilasa, beta glucoxidasa, catalasa y peroxidasa es casi completa, en tanto que se observa un 20% de actividad residual de la polifenoloxidasa (68).

2.2.4 Métodos Tradicionales de Fermentación.-Esencialmente se emplean tres métodos hoy en día para la fermentación del cacao bruto:

- a).- en cestas o canastas
- b).- en montones
- c).- en cajas

A.-FERMENTACION EN CESTAS

Este método de fermentación es usado principalmente en Nigeria y a veces también en Ghana. Las cestas son elaboradas con fibras naturales, generalmente de mimbre, y las dimensiones son muy variadas, pudiendo contener desde 10 hasta 150 kg de habas.

Las cestas se llenan completamente con los granos húmedos y se recubren con hojas de plátano. Estas se colocan en el suelo a la intemperie. Las exudaciones escurren por las aperturas de las cestas y la remoción de las habas se hace por trasiego de los granos de una a otra cesta. Este método dá buenos resultados siempre y cuando se trabaje con cuidado.

B.-FERMENTACION EN MONTONES

Posiblemente este método sea el más popular para fermentar el cacao en las pequeñas plantaciones, pues no requiere sino un equipo sencillísimo y práctico. Este proceso es más empleado en Ghana, Costa de Marfil y Nigeria que el de fermentación en canastas ó cestas.

Algunas plantaciones colocan los montones de grano sobre una base de hojas de plátano directamente sobre el suelo, pero se recomienda elevar el montón de cacao sobre una capa de tiras de madera. Sobre éstos se disponen las hojas que constituyen la base, las cuáles se perforan con varios orificios pequeños para facilitar el escurrimiento de las exudaciones. Los granos húmedos se amontonan luego sobre esta base y las hojas se doblan de manera que cubran la masa de los granos.

C.-FERMENTACION EN CAJAS

Este método es el más aplicable en forma práctica a las fincas o a las plantaciones muy extensas donde se dispone de cantidades de cacao considerablemente grandes. Es el método más extendido por América y cuyo uso se ha comenzado a divulgar en Africa cerca de los pequeños plantadores.

Las cajas son construídas de madera y varían de tamaño ya que deben ser adaptadas a las posibilidades de recolección de la plantación. Por lo general se construyen de forma tal que puedan contener una tonelada de cacao húmedo vigilando siempre que la altura de la masa de cacao no sobrepase unos 80 ó 90 cm. Las cajas pequeñas con dimensiones interiores de 45x45x45 cm. pueden

contener de 80 a 85 kg de habas frescas y permiten obtener una fermentación en buenas condiciones. Necesariamente las cajas deben contener agujeros en el fondo para asegurar el drenaje de los jugos y permitir también una buena aireación de la masa. Cuando la caja está llena el cacao se recubre con las hojas de plátano antes de colocar eventualmente por encima de un cobertor , no impermeable, que solo asegura una función de protección contra la disipación del calor.

Las remociones se efectúan por transvase de una caja a otra. Generalmente, se utiliza una batería de cajas que, para facilitar estas operaciones , pueden estar colocadas en forma de cascada. Si por ejemplo la fermentación dura tres días, basta con disponer con una batería de tres cajas. Cada dos días, la caja de la cabecera, vaciada en la caja intermedia, queda disponible por una nueva carga, mientras que el cacao de la última caja es transferido al secador.

Es importante hacer notar que los tres métodos empleados para la fermentación de los granos de cacao involucran como característica común el empleo de las hojas de la palma de plátano. Hasta el momento no se ha definido concretamente la función que tiene. Es posible que no juegue más que un papel de aislamiento y que su empleo tan generalizado se deba a que constituye un material muy práctico y siempre disponible. Sin embargo, no queda del todo excluido que juegue un importante

cometido en la inseminación sobre la masa del cacao de levaduras y bacterias, que favorecen el rápido desencadenamiento de la fermentación.

La necesidad de esta inseminación aparece de una manera muy clara cuando se utiliza por primera vez una caja nueva en la preparación del cacao. La fermentación discurre muy mal y la temperatura sólo se eleva muy lentamente. Una caja de fermentación únicamente dá buenos resultados cuando ha sido utilizada anteriormente dos o tres veces.

Algunos estudios ponen de manifiesto el hecho de que la presencia de alrededor de 10% de restos de cáscaras de mazorcas en la masa de cacao, en la fermentación dá efectos benéficos; sin embargo, se recomienda también que los fragmentos sean cuidadosamente eliminados de la masa de cacao ya que se presenta el inconveniente de poner en contacto directo a los granos con los pesticidas que pueden estar presentes en la superficie de la mazorca (42) (43) (44).

D.- FERMENTACION DE PEQUEÑAS MUESTRAS

La fermentación de los granos de cacao por los métodos tradicionales siempre requiere de una cantidad considerable de habas para que puedan dar resultados satisfactorios. Sin embargo, los investigadores que se encargan de probar nuevos tipos ó híbridos de cacao no pueden emplear estos métodos para probar que el producto investigado dará buenas características sensoriales después de haber sido fermentados. Debido a esta necesidad muchos

autores han desarrollado métodos de microfermentación, tales como los de Wadsworth y Howat (49), Quesnel (50), Griffiths (51) y Hahn (52).

El método más sencillo y el más antiguo, consiste en colocar la muestra envuelta en un saco de muselina, en el centro de una masa de fermentación. Aunque no se asegura que las habas de la muestra no han sido influenciadas por la pulpa de la masa en que se hallan.

El método de fermentación en bateas se presta mejor al aislamiento de una pequeña muestra en el seno de una masa en fermentación, pudiendo ser realizado fácilmente un entabicado de las dimensiones deseadas en una de las bateas.

Todos estos sistemas de microfermentación proporcionan resultados más o menos satisfactorios, pero ninguno de ellos puede ser realmente aconsejado para un empleo generalizado (45).

2.2.5 Métodos de fermentación específicos en algunos países.- Dentro de los métodos particulares que se emplean en diferentes regiones pueden incluirse los siguientes:

1.-Método aplicado en Ecuador al cacao "Nacional"

El cacao que se cultiva en Ecuador pertenece al género de los Forastero y se llama "Nacional".

Este método consiste en que primeramente las mazorcas recolectadas se abren generalmente en las plantaciones y no en el lugar donde se va a realizar la fermentación. Las habas frescas se

introducen en sacos y se transportan el mismo día en lomos de mulo, hacia el área de secado. El secadero está constituido en distintas formas:

a).-Algunas veces consta de una plataforma de cemento con una ligera pendiente que permite la evacuación de los jugos.

b).-Otras veces, está hecho de varas de bambú "yuxtapuestas" encima de una capa de arena.

Los granos frescos que provienen de la plantación se colocan en montones sobre el secadero y se protegen con hojas de plátanero o bien por un techo inmóvil formado por dos chapas fijas sobre un armazón de madera. El cacao permanece así una noche y al día siguiente las habas se extienden sobre el mismo secadero para la remoción, la cual se realiza al pasar un hombre de uno al otro lado del secadero arrastrando los pies. Para el atardecer las habas nuevamente se agrupan en montones y se cubren de igual manera para que sean desplegadas otra vez para su remoción a la mañana siguiente.

De 2 a 3 días el cacao se considera lo suficientemente seco como para ser ensacado y transportado, por vía fluvial a Guayaquil, para que se complete el secado de manera habitual.

Este método proporciona al cacao "Nacional" características óptimas que lo hacen un producto de excelente calidad y que es responsable de la reputación de los cacaos designados con el nombre de "Arriba", que es la principal región de Ecuador que lo cultiva.

2.-Método empleado en Ghana (Fermentación en Bateas).

Alison y Rohan (45), desarrollaron este método de fermentación en el año de 1968. Las bateas son elaboradas de madera con una profundidad de 10 cm. y el fondo se encuentra constituido por un cañizo de listones de bambú dispuestos paralelamente y con una separación de 0.5 cm. aproximadamente. Cada batea se encuentra dividida en dos partes iguales por un tabique móvil, también manufacturado de madera, y únicamente una mitad de la batea se rellena de cacao.

Estas bateas se colocan una encima de la otra en pilas de doce, de forma tal que las mitades que contienen el cacao queden del mismo lado. La capa superior de las habas de una batea está en contacto con el cañizo que constituye el fondo de la batea colocada encima, y las ranuras del cañizo funcionan como chimeneas de aireación por las cuales puede penetrar el aire a la masa de cacao.

Después de 24 horas, la pila es cubierta con una tela de saco, que protege todo el conjunto de la disipación de calor, pero a su vez permite un aireado suficiente.

Al término de la fermentación las bateas se separan de la pila y son expuestas al sol y el cacao se extiende por todo el recipiente quitando el tabique central de separación.

3.-Método empleado en Brasil

Este método de fermentación con la caja tabicada tipo CEPEC fué experimentado con muy buenos resultados en Bahia en Brasil. En esta caja la masa de cacao queda dividida en rebanadas verticales

de 25 cm. de espesor por medio de rectángulos movibles formados por una doble rejilla con un espacio intermedio de 15 mm. de amplitud. Estos tabiques están hechos de madera de 12 mm. de espesor y 17 mm de ancho, separados entre sí por un intervalo de 6 mm. y encolados a uno y otro lado de un travesaño de 15 mm. de espesor (46).

En el fondo de la caja coincidiendo con el emplazamiento de los rectángulos, unas hileras de agujeros de 2 cm. de diámetro permiten el acceso directo del aire en el espacio existente en medio de cada tabique. Por último una de las paredes de la caja puede ser quitada fácilmente cuando ésta debe ser vaciada.

Una vez que se ha llenado la caja, no es necesaria ninguna remoción hasta el fin de la fermentación. Los agujeros se dejan abiertos durante 38 horas. Luego se cierran completamente. La duración de la fermentación varía en este tipo de método de 3 a 4 días y medio según las condiciones climáticas y la estación de la cosecha (47) (28) (22) (48) (45).

4.-Metodo empleado en México

Este método consiste en colocar las habas de cacao húmedo dentro de una larga artesa de madera o tronco de árbol hueco, donde se hacen los orificios del desagüe.

Después de 24 horas, los granos se lavan y se secan al sol. Este método de fermentación es recomendable para el cacao Criollo que era el tipo de cacao que se cultivaba hace algún tiempo en México, pero da un producto de mala calidad cuando se aplica a híbridos de Forastero cultivados hoy en día en nuestro país.

Para la fermentación de este tipo de cacao se recomienda el método de cajas donde después de 76 a 96 horas se obtiene un producto de elevada calidad (9).

2.2.6 Aroma a chocolate.-La química exacta de las reacciones que se producen en la etapa de fermentación todavía no son bien conocidas ni entendidas y hoy en día se continúan realizando experimentos que conduzcan a la comprensión de los cambios ocurridos en los granos de cacao durante esta operación de beneficiado.

Como anteriormente se mencionó, los factores de acidez y temperatura son determinantes para el desarrollo óptimo de la fermentación, la cuál dará como principal consecuencia al cacao, la aparición de los precursores del aroma de chocolate. Estas sustancias, de constitución aún mal conocidas, se forman desde el momento en que mueren las habas. Sólo ellas son capaces de dar a las habas de cacao, tras el tostado, el sabor y aroma que la gente encuentra tan característicos en éste producto. En el Cuadro 5 se presenta como varía el sabor de las habas de cacao durante el transcurso de la fermentación.

Es importante hacer notar que ni las células con pigmentos, ni las de reserva de los cotiledones de las habas frescas, contienen alguna de las sustancias que darán el aroma de chocolate. Las habas no fermentadas son incapaces de producir un aroma tal, incluso después del calentamiento, lo cual confirma que las sustancias aromáticas del cacao únicamente se crean durante el

CUADRO 5

DESARROLLO DEL SABOR DURANTE LA FERMENTACION EN MONTONES

DURACION DE LA FERMENTACION (horas)	POSICION EN EL MONTON	TEMP. °C	CARACTERES DE SABOR
22	Superficial	43	Amargo, astringente, débil, sabor de chocolate terroso.
26	Superficial	44	Ligeramente amargo, regular, sabor de chocolate; a nueces.
30	Superficial	45	Ligeramente amargo, bastante buen sabor de chocolate.
44	Superficial	47	Buen sabor de chocolate.
22	Central	41	Muy amargo, astringente, poco o ningún sabor a chocolate
46	Central	45	Ligeramente amargo, bastante buen sabor de chocolate.

Fuente: FORSYTH, W. G., QUESNEL, V. C. (59).

proceso de fermentación (62) (69) (70).

Según Rohan (53), los azúcares reductores que se encuentran en las habas fermentadas forman parte de los precursores.

2.3 EL SECADO

Después de que la fermentación de los granos de cacao ha concluido, la humedad existente es de alrededor del 60% , y las habas fermentadas deben someterse a la siguiente operación de beneficiado que es el Secado.

El objetivo de esta operación es la disminución del contenido de humedad a un porcentaje menor de 8%, recomendándose un valor entre 6-7%, con lo que se asegurará una buena conservación del cacao.

Esta operación se encuentra estrechamente ligada con la fermentación, ya que el secado debe adaptarse a la forma en que el cacao fué fermentado, debido a que en esta fase se continúan las reacciones internas que se iniciaron durante la fermentación, las cuales condicionan en gran parte la calidad final del producto y su aroma. Por eso en la descripción de un método de preparación de cacao debe constar necesariamente la descripción de estas dos fases: fermentación y secado.

Al igual que la fermentación; el secado, debe llevarse a cabo cuidadosamente para no estropear lo ganado durante la primera operación de beneficiado. De lo contrario la calidad del producto final no será la adecuada ya que cuando la humedad se

reduce demasiado, la cáscara se vuelve excesivamente quebradiza, y cuando no se le reduce lo suficiente, existe el peligro de que se desarrollen mohos durante el almacenamiento posterior.

Son varios los métodos que se emplean para secar el cacao fermentado, sin embargo se pueden agrupar de manera general en dos tipos:

A).-Secado Natural

B).-Secado Artificial. (15)

A.- SECADO NATURAL

Este tipo de secado es el más comúnmente empleado en todos los países productores, porque se realiza bajo el sol.

Según las condiciones climáticas de cada lugar, será el tiempo necesario para lograr la humedad final, sin embargo, los lugares donde se produce el cacao, generalmente presentan muchas lluvias y una insolación insuficiente, siendo entonces necesario un tiempo de 8 a 10 días para completar el secado.

Las pequeñas plantaciones realizan el secado simplemente extendiendo las habas fermentadas sobre esteras hechas con tiras de bambú, elevadas del suelo para evitar la intromisión de los animales domésticos. Durante el día las habas se extienden en capas poco profundas y durante la noche o bien cuando sobreviene una lluvia las habas quedan envueltas al enrollar la estera, la cual puede ser transportada a un techo o simplemente recubrirla con hojas. De ésta forma es como se controla la velocidad del secado.

Una operación que se recomienda durante el secado es la eliminación de todas las impurezas, tales como restos de mazorcas o placentas, habas indeseables (como rotas, abortadas, etc.) que contribuyen a dar un mal aspecto al producto final.

Existen varios tipos de secadores solares, pero la mayoría de ellos tienen como modelo el secadero "autobús". Está formado por una pequeña choza hecha de madera, cubierta de pajizos, de cuyos lados sobresalen unos rieles de madera, sobre los cuales pueden deslizarse los cañizos de secado. Estos cañizos están contruidos por un zarzo de tiras de bambú sujeto a un armazón de madera, tienen la dimensión de la choza y pueden ser puestos muy rápidamente bajo techo cuando hay necesidad de ello.

Este secadero es muy utilizado en Africa. En las grandes plantaciones, el secadero autobús, está mejorado ya que los cañizos están elaborados con dimensiones mayores, además de estar provistos de ruedas y deslizarse sobre rieles metálicos.

El tipo de secaderos más empleados en América consiste en que la parte móvil es el techo, y la parte fija son las plataformas, que están hechas de cemento y que es el método utilizado en Venezuela y Ecuador. Corrientemente las plataformas de secado se encuentran hechas de madera. Unos rieles permiten desplazar el techo para descubrir o recubrir el cacao.

Otro tipo de secadero empleado principalmente en la Costa de Marfil y Camerún, es aquél que está contruido por un marco de madera de 4 a 5 m. de largo por 0.8 m. de ancho, dividido en dos porciones paralelas por un lienzo de madera. El fondo de este

marco se encuentra forrado de rejilla metálica o bien de una red plana hecha de bambú sobre el cual se pone el cacao a secar, recubierto por un toldo de polietileno. Este secadero reposa en su parte media sobre una barra horizontal situada a poco más o menos de 1 m. por encima del suelo y sobre la cual puede balancearse para quedar inclinada (como un "sube y baja") de manera que reciba el máximo de energía solar (19) (71) (72).

B.- SECADO ARTIFICIAL

En la mayoría de los países productores de cacao, la escasez de las precipitaciones pluviales, durante la época de la recolección, permite el secado natural, sin embargo, algunos otros países como Camerún, tienen el problema de lluvias permanentes que hacen imperativo otro método de secado, utilizando para este fin el Secado Artificial.

Un punto importante de este secado, es que presenta una gran ventaja de economía de tiempo y espacio, pues incluso en los países donde es corriente el natural, se necesita un considerable espacio para cuando la campaña se encuentra en toda su plenitud.

Los factores más importantes que intervienen en el secado artificial son:

- 1.- La diferencia de temperatura entre el aire secante y el producto.
- 2.- La diferencia de presión de vapor entre el aire secante y el producto.
- 3.- La superficie del producto expuesta al aire secante.

4.- La humedad del aire de secado. (47)

En experimentos preliminares, se encontró, que el secado del cacao húmedo en bandejas, en un tunel de aire caliente, no era satisfactorio, porque los granos tendían a pegarse, reduciendo así la uniformidad del secado y aumentando su duración.

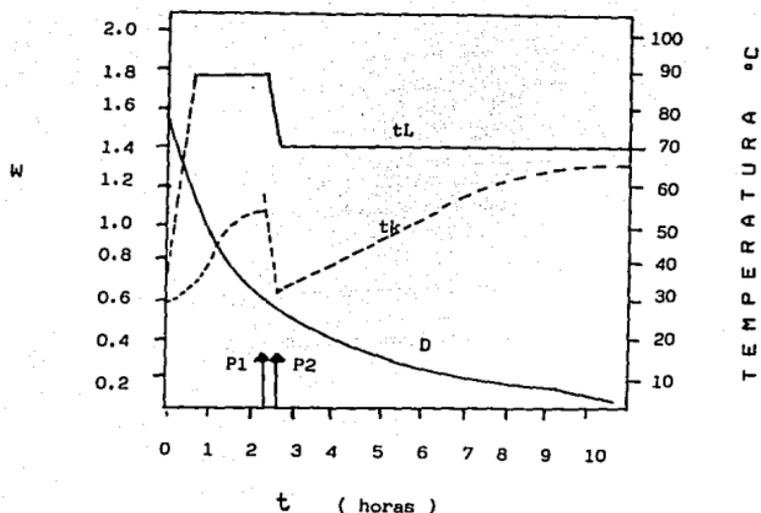
De Voss (53), realizó un secado previo de los granos en un secador Gordon modificado, a una temperatura de 90°C, hasta que desaparecía esta tendencia (de 1 a 3 horas) . La humedad de éstos era de 40% en esta fase. Posteriormente pasaban a un secador de tunel de tipo de contracorriente, extendidos en bandejas.

Así, este investigador, registró la temperatura del aire secante y también la de los granos durante en proceso en una gráfica (Fig.9), en donde se observan claramente las condiciones físicas reinantes durante el secado artificial en las fases iniciales. La temperatura del aire secante era de 90°C, la del grano no subía de 55°C, e incluso en las últimas fases, se acercaba a la temperatura del aire pero muy lentamente. También se observa que el tiempo necesario para todo el proceso variaba entre 8 y 11 horas.

De Voss también registro los datos necesarios para trazar una curva de velocidad de secado durante el proceso, datos que se pueden observar en la figura 10.

Para el secado artificial pueden utilizarse varios tipos de secadores, los cuales quedan agrupados en forma general en:

- 1.-No mecánicos
- 2.-Mecánicos.



W = Disminución del contenido de agua (g de agua por g. de materia seca) en función del tiempo t (horas).

t_L = Temperatura del aire del secador

t_k = Temperatura de los granos de cacao

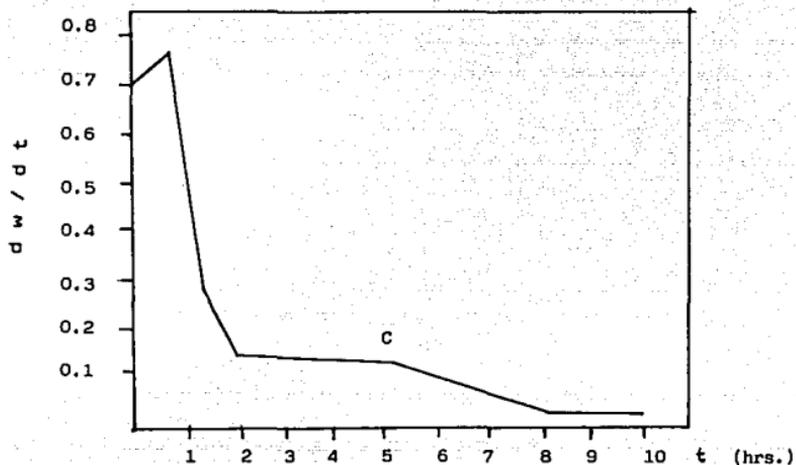
P1 = Fin del período previo de secado

P2 = Inicio del período final de secado

D = Duración

FIG. 9.- CONDICIONES FISICAS DURANTE EL SECADO ARTIFICIAL

Fuente : ROHAN, T.A. (53).



dw/dt = Velocidad de secado. Modificación de la humedad por unidad de tiempo

P1 = Fin del período previo de secado

P2 = Inicio de la fase final de secado

C = Contenido crítico de humedad

FIG.10.- VELOCIDAD DEL SECADO ARTIFICIAL

Fuente : RDHAN, T.A. (53).

Dentro de éstos secadores se encuentran:

1.- Secador Banda.- es un secador muy sencillo que consiste únicamente en una tarima de secado establecida sobre un basamento construido de ladrillos donde se coloca leña. El humo del fuego atraviesa los granos.

La desventaja de este secador es que el humo entra en contacto directo con los granos de cacao impregnándoles un sabor muy desagradable que no se puede remover con las operaciones subsiguientes por las que pasa el cacao, dando así un producto final de muy mala calidad.

Este método se empleaba antiguamente en Camerún.

2.- Secador del Brasil.- Como el nombre lo indica es un método empleado en Brasil. Consiste en una plataforma larga y angosta construida de hojas de aluminio perforadas, debajo del cual hay una cámara cerrada por la que pasa aire caliente que a su vez atraviesa la plataforma.

La eficiencia de este tipo de secadores depende en gran escala del grosor de la capa de granos que se coloque sobre la plataforma. Para emplear capas gruesas de habas es necesario una agitación mecánica aunque este procedimiento no es de uso general (2) (31).

3.- Secador Samoa.-Este tipo de secador es de fácil construcción así como de montaje cómodo y barato. Es empleado principalmente por pequeñas comunidades. Está fabricado con ba-

riles o tambóres de aceite sin fondo soldados entre sí para formar una chimenea, la cual se coloca en una fosa hecha de ladrillos y encima se ubica una plataforma secadora hecha de madera en donde se colocan las habas. El espacio entre la plataforma y la chimenea está cerrado con una pared para conservar el calor. Los barriles sirven como conductos de humo y de superficie de calentamiento (73).

Las temperaturas alcanzadas por este secador son alrededor de 60-70°C (75). Un diagrama de éste se muestra en la figura 11.

SECADORES MECANICOS

Dentro de los secadores de grano de cacao que están mecanizados se emplean principalmente dos tipos:

1.-Secador Büttner.-Este tipo de secadores es el más complicado que actualmente se emplea en el Congo. Consiste de una chimenea o torre cilíndrica de aproximadamente 1.3.m. de diámetro. En su interior se encuentran bandejas que están sujetas a una cadena sin fin que permite el ascenso y descenso. En el nivel inferior se colocan los granos húmedos sobre las charolas, las cuales viajan en forma inclinada hasta lo alto de la torre y posteriormente descienden helicoidalmente a través de tres secciones de temperatura regulada, la que se produce por tubos calientes y turbinas. En la base de la torre se descargan los granos secos para volver a colocar granos húmedos.

Con este tipo de secadores se logra una producción de secado de 9 toneladas en 16 horas. Es económico, pero presenta el inconveniente de cuidados de ingeniería para su mantenimiento, lo cual hace que no pueda usarse en cualquier región tan fácilmente.

2.-Secador Lister.- Algunos países emplean éste, que consiste de tambores giratorios. Dentro de éstos tambores se coloca el grano húmedo y se hace pasar una corriente de aire precalentado. El aire es producido por un ventilador con una capacidad de 990 m³/min.

En todos los casos de secado de cacao se ha encontrado que la temperatura ideal para lograr este procedimiento es aproximadamente de 80°C.

Existen varios métodos para poder determinar si los granos de cacao están lo suficientemente secos para poder ser ensacados. El más sencillo de ellos consiste en comprimir un puñado de granos y escuchar la crepitación característica que hace el producto en tal caso. Este método se usa en muchas zonas donde el cultivo de cacao es en pequeña escala. Sin embargo, como es natural, se puede prestar a muchos errores. Durante el secado, la humedad de los cotiledones sólo puede pasar a la cáscara, la cual, a su vez la cede a la atmósfera. Cuando hace mucho sol, especialmente en las últimas fases del secado, la velocidad de la pérdida de humedad de la cáscara puede ser mayor la velocidad a que ésta absorbe la humedad de los cotiledones. No es improbable

que en estos casos extremos, el equilibrio se altere hasta el punto de que la cáscara parezca seca en tanto que los cotiledones tienen todavía humedad superior a la permisible.

Otro método más eficiente para determinar el contenido de humedad en el cacao es empleando un aparato llamado "Psicrometro K.P.M." (Fabricado por K.P. Munding, en Alemania). Este aparato está diseñado especialmente para ser empleado en café y cacao. Esencialmente consiste en un conductímetro, el cuál se fabrica con dos tipos de electrodos:

a).- Electrúdo de capa.- al usar este electrúdo, los granos de cacao se comprimen en una pequeña célula que se conecta con el aparato medidor.

b).- Electrúdo de aguja.- especialmente diseñado con agujas largas para ser introducidos en los sacos de cacao, prestándose para hacer determinaciones en producto almacenado.

El aparato dá lectura directa sobre una escala graduada que va de 2 a 12 % de humedad, con una precisión de más o menos 0.2%

Otros aparatos similares son el Marcono y el Higrómetro instantáneo Scotmec-Oxley. Registran la humedad superficial y sus lecturas son afectadas por los cambios de temperatura y presión.

Es necesario tener una buena información sobre la humedad final del cacao después de haber sido secado para que se pueda conservar el producto en óptimas condiciones durante su almacenamiento posterior (88) (21) (74).

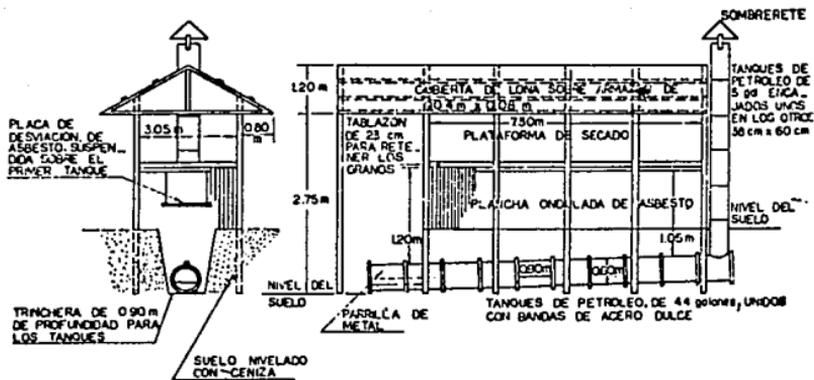


FIG. 11.- SECADOR SAMOA

Fuente. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (75).

2.4. ALMACENAMIENTO

El cacao fermentado y seco es un producto delicado cuya calidad puede malograrse rápidamente a causa de malas condiciones de almacenamiento. La semilla de cacao contiene un elevado contenido de materia grasa, que es muy susceptible a fijar fácilmente olores extraños y adquirir así un sabor desagradable que no puede desaparecer con ningún tratamiento ulterior.

Un factor de suma importancia que debe vigilarse durante el almacenamiento, es el impedir el deterioro de los granos provocado por el ataque de hongos e insectos.

El problema de los hongos se presenta debido a que los granos de cacao por lo regular están muy infectados de esporas que penetran a éstos por la forma en que son fermentados y secados. Estas pueden en algunos casos destruirse con tratamientos térmicos o bien con métodos químicos. No obstante la forma más fácil de prevenir la germinación de las esporas es restringiendo el agua de que éstas puedan disponer, puesto que la destrucción de las mismas no excluye la posibilidad de reinfección. La humedad necesaria para obtener un grano de cacao sin peligro de germinación de mohos es de 6 a 7%. A valores de 8% comienza haber desarrollo de mohos.

No solamente el contenido final de humedad determina la proliferación de mohos, también la velocidad de secado juega un papel muy importante en este punto. Si la desecación del producto

se realiza en forma lenta, el desarrollo interno de mohos, es inevitable, de aquí que el cacao secado artificialmente sea más resistente a este tipo de deterioro que el secado al sol. Las investigaciones más recientes han mostrado que el cacao puede secarse artificialmente en tan sólo 10 horas, dando así un producto de buena calidad. Sin embargo la humedad atmosférica también influye en la velocidad de secado, tal y como se ve en la figura 12

Aún a temperatura ambiente se produce una rápida pérdida de humedad en los granos y es únicamente en las últimas etapas de la desecación cuando la velocidad de esta pérdida se hace más lenta. Posiblemente sea en esta fase, en que la velocidad de pérdida de humedad es baja, cuando el peligro de que se desarrollen los mohos sea máximo (75) (76).

El cacao seco es extremadamente higroscópico y el principal problema que presenta su almacenamiento en trópicos, es la reabsorción de la humedad atmosférica por el grano, lo cual favorece que se favorezca el desarrollo de los mohos (fig.13).

De acuerdo con estudios realizados, la humedad relativa máxima para lograr un almacenamiento seguro es de 82% . En la figura 14 se presentan los resultados de estos estudios acerca del equilibrio de la humedad del cacao y la relativa.

El almacenamiento de cacao generalmente debe hacerse en sacos de yute nuevos, sin embargo si no se dispone de éstos, pueden emplearse sacos viejos, pero con la seguridad de que se

encuentren perfectamente limpios y sobre todo libres de olores extraños. Se recomienda jamás utilizar sacos que hayan pertenecido a fertilizantes o pesticidas.

Los sacos no deben apilarse sobre el suelo directamente ya que el producto puede contaminarse.

El grupo de estudio del cacao de la F.A.O. ha anexado a las normas internacionales los siguientes puntos:

a).- El cacao será colocado en depósitos contruidos de madera, que conserve su proporción de humedad tan baja como sea posible teniendo como máximo 8%. La colocación se efectuará sobre entarimados que dejen por encima del suelo un espacio de por lo menos 7 cm. para la circulación del aire.

b).- Se tomarán medidas para impedir la infestación de insectos, roedores y otros animales perjudiciales.

c).- Los sacos de cacao serán amontonados de la siguiente manera:

- Cada calidad y cada marca estarán separadas unos de otras por un pasillo de un ancho de 60 cm. como mínimo, similar al que debe dejarse entre los sacos y la pared del depósito.
- Cuando haga falta podrá ser efectuada la desinfección por fumigación (con bromuro de metilo por ejemplo), y/o la pulverización prudente con insecticidas convenientes (por ejemplo a base de piretrinas).
- Que sea imposible la contaminación por olores, sabores o polvos procedentes de otros productos, tales como articu-

los alimenticios, petróleo, cemento, alquitrán, etc.

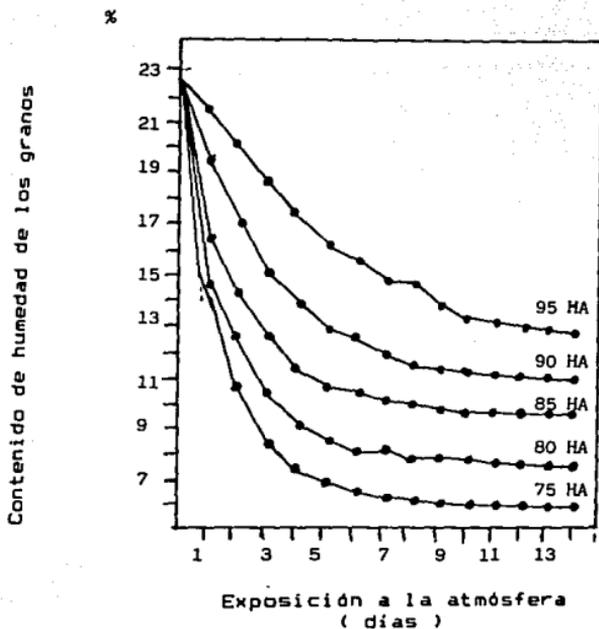
- Con periodicidad durante el depósito, e inmediatamente antes del embarque, deberá ser verificada la proporción de humedad de cada lote para comprobar que no exceda del 8% (21) (75).

Otra forma de almacenamiento del cacao es en silos, los cuales deben de estar provistos de circulación de aire tal y como se muestra en la figura 15.

El movimiento de aire no permite que los parásitos aniden, ni tampoco la formación de mohos, mientras la continua afluencia de aire contribuye a eliminar la humedad.

Al apilar las semillas en los silos o en los almacenes hay que tener en cuenta la resistencia mecánica de las cortezas; cuando ésta es fuerte, se pueden hacer pilas de 10 a 15 sacos; de otro modo habrá que limitar su altura.

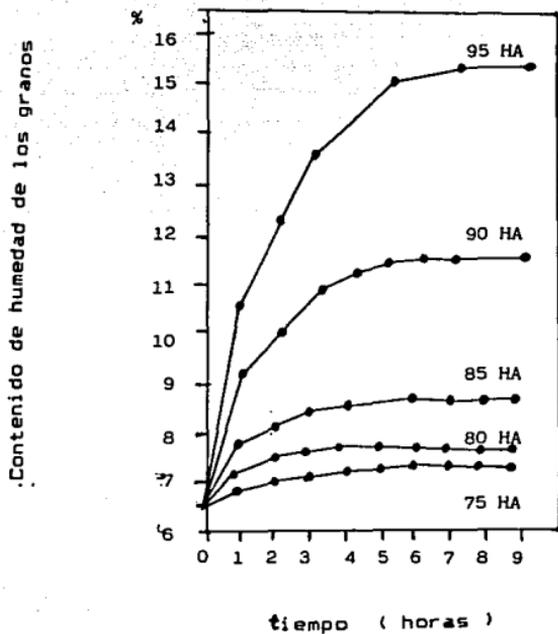
La ventaja que presenta el almacenamiento de granos en silos es que al circular aire acondicionado, el contenido de humedad de los mismos es más homogéneo.



84

FIG.12.- VELOCIDAD DE PERDIDA DE LA HUMEDAD EN EL CACAO A DIFERENTES HUMEDADES ATMOSFERICAS

Fuente: Organización de Naciones Unidas (75).



87

FIG. 13.- CURVAS DE ABSORCION DE LA HUMEDAD POR EL CACAO SECO

Fuente: Organización de Naciones Unidas (75).

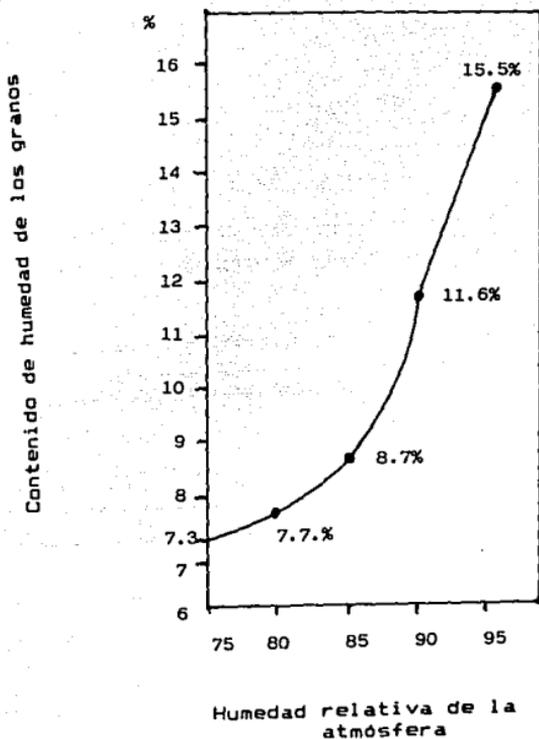


FIG.14.- CURVA DE EQUILIBRIO ENTRE LA HUMEDAD DEL CACAO Y LA HUMEDAD RELATIVA

Fuente: Organización de Naciones Unidas (75).

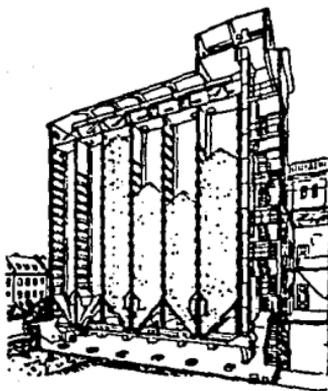


FIG. 15.- ALMACENAMIENTO DEL CACAO EN SILOS

Fuente: ROLLIN, Edmundo (1).

3.- PROCESOS DE ELABORACION DEL CHOCOLATE

3.1 MANUFACTURA ARTESANAL

Durante el siglo XVIII y principios del siglo XIX la preparación del chocolate era totalmente manual ,tal y como se observa en la figura 16, que muestra una fábrica de chocolate de aquella época.

Las principales operaciones de manufactura que se realizaban son las que actualmente se continúan usando en el proceso y que son el tostado, el molido, y el mezclado (77).

En aquellos tiempos el tostado de los granos de cacao se realizaba en un recipiente abierto que era calentado sobre carbón vegetal y se agitaba con una vara de madera.

El molido se hacía también en un recipiente abierto donde se colocaba una pequeña cantidad del grano tostado y se hacía presión manual con un instrumento similar al empleado actualmente para hacer el " puré de papa ". Esta operación se hacía meticulosamente para lograr que el grano de cacao adquiriera un tamaño de partícula pequeño.

También puede observarse en esta figura el tipo de prensa empleado para separar el exceso de manteca de cacao.

Una vez obtenida la cocoa se realizaba la mezcla de todos los ingredientes (manteca de cacao y azúcar) a manera de obte -

ner una pasta que se "amasaba" sobre una mesa que tenia una piedra grande con muchos canales y que a su vez se calentaba por la parte inferior con carbón vegetal. De esta forma la pasta se friccionaba con un palo sobre la piedra para así lograr la mejor incorporación del azúcar.

La mesa de piedra, que puede observarse en la figura 17, fué la base para el desarrollo de lo que actualmente se conocen como conchas. Esta figura muestra también los demás utensilios que se usaban para la manufactura de este producto.

Después de estas operaciones, la pasta se hacía más fluida por el calor y se procedía al moldeo (77) (88).

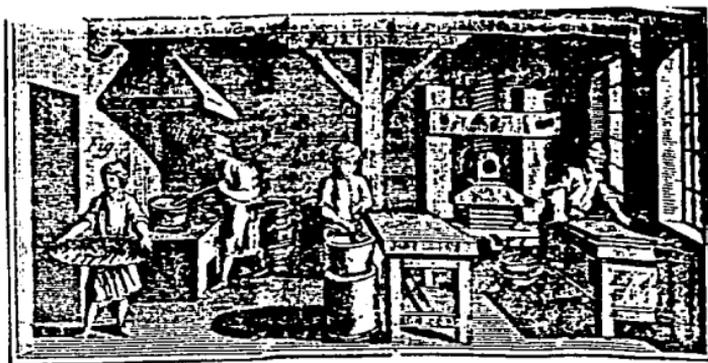


FIG.16.-ASPECTO DE UNA FABRICA DE CHOCOLATE DEL SIGLO XVIII

Fuente: Chocologie (88)

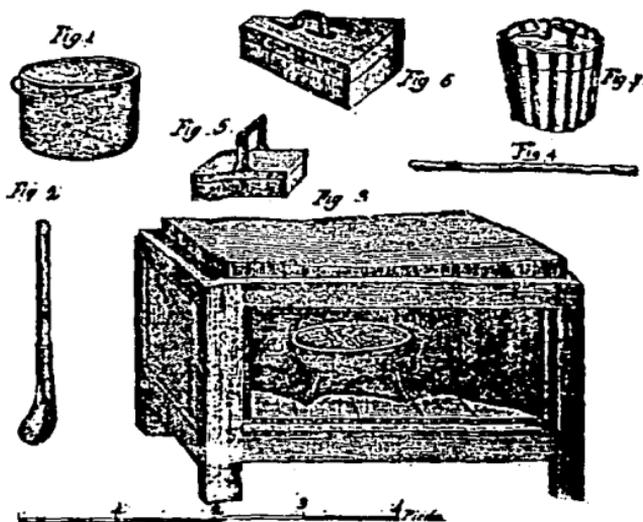


FIG. 17.- INSTRUMENTOS EMPLEADOS PARA LA MANUFACTURA ARTESANAL
DEL CHOCOLATE

Fuente: Chocologie (88).

3.2. PROCESOS TECNOLOGICOS

Con el desarrollo de nuevas tecnologías, los pasos involucrados en el proceso de elaboración del chocolate se han incrementado y a su vez se han ido mejorando para lograr la máxima calidad del mismo y también la automatización del proceso.

En el capítulo anterior se describieron los procesos a que se somete el grano de cacao para ser empleado en la industria chocolatera, sin embargo, con estas operaciones sólo está listo para ser enviado a las plantas procesadoras. Una vez que el grano se recibe en la fábrica de chocolate es necesario que atraviese por otra serie de operaciones antes de obtener el producto final. (Fig.18).

3.2.1. Limpieza y Cernido. -Estas dos operaciones pueden efectuarse en una sola, mediante máquinas que por lo general consisten de un cepillo circular que cepilla las semillas, un aspirador que extrae el polvo, un calibrador de criba móvil (tamices) y por último en tapetes móviles para el complemento manual del cribado. La función del cepillo circular es la de tallar energícamente las semillas, para librarlas de los eventuales restos de pulpa y polvo, tales materiales son recogidos por el aspirador. La criba divide las semillas en dos o tres grupos por tamaños, mientras los cuerpos extraños de reducido volumen son eliminados por una boca separada. Por último las semillas calibradas pasan por unos tamices que se mueven lentamente, donde son eliminadas a mano las semillas averiadas así como los cuerpos

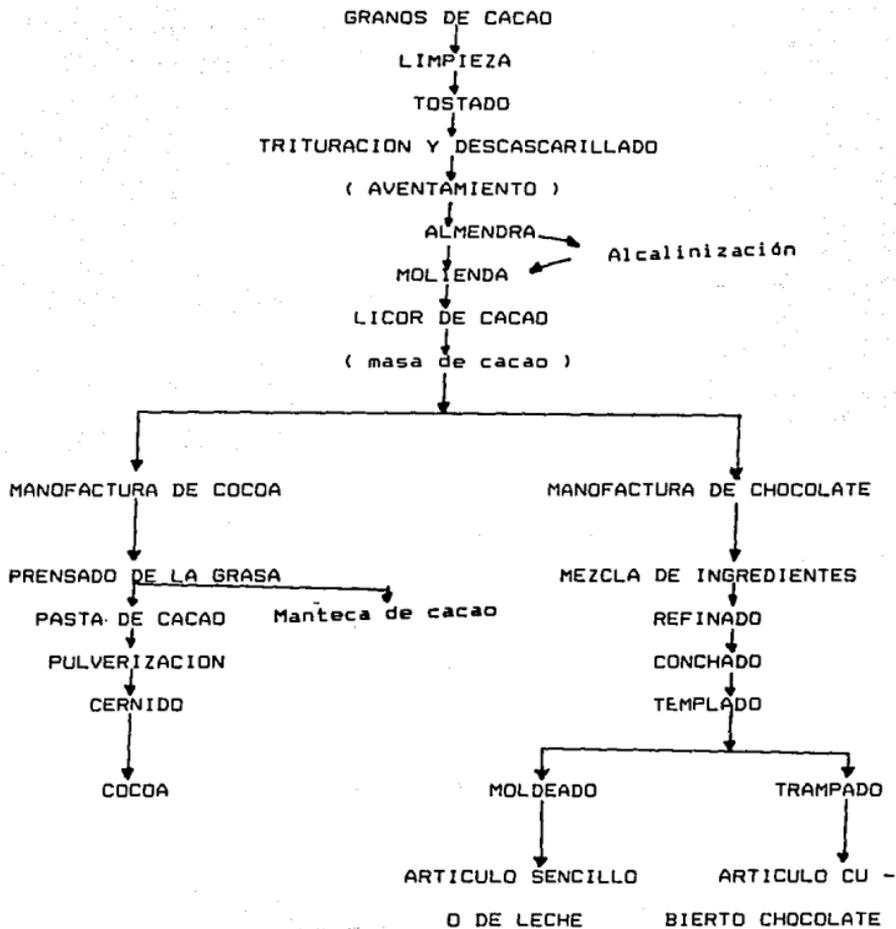


FIG.18.- DIAGRAMA DE FLUJO DE LA FABRICACION DE CHOCOLATE Y COCOA

extraños que por tener el mismo tamaño que las semillas no hubieran sido eliminados por los cribados anteriores.

Estas máquinas también están equipadas con electromagnetos los cuales eliminan todo tipo de material ferroso (1).

El calibrado de semillas tiene por objeto crear grupos de tamaño homogéneo, para mejorar el tostado; además se separan así las semillas pequeñas, las que no están perfectamente maduras y por tanto son menos aromáticas y más astringentes que las perfectamente desarrolladas, por lo que deben reservarse para la fabricación de productos de inferior calidad (B0).

En la figura 19, se muestra una máquina empleada para la limpieza de los granos de cacao.

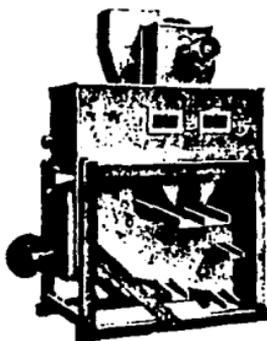


FIG.19.- MONDADORA - SEPARADORA BUHLER

Fuente: ROLLIN, Edmundo (1).

3.2.2 Tostado

El tostado de los granos de cacao tiene como objetivos:

- a).- Esterilizar las semillas
- b).- Eliminar la humedad y los ácidos volátiles
- c).- Obtener una parcial dextrinización del almidón y descomposición de las sustancias tánicas
- d).- Hacer más frágil la celulosa
- e).- Desarrollar el aroma

El tostado del cacao es la parte más delicada de esta industria, ya que dentro de sus varios objetivos está el de desarrollo del aroma.

El tratamiento de tostado puede ser dividido en tres etapas:

1.- SECADO.- Se ha definido como el removimiento de la humedad sin cambio químico, el grano está rodeado por un fuerte y compacto recubrimiento en la semillas que actúa en cierta forma como una barrera contra la humedad, por lo que se emplean temperaturas de 100°C para esta etapa.

2.- TRATAMIENTO DE CALOR.- Se define como el tratamiento del haba de cacao usando temperaturas mayores y tiempos menores que aquellos requeridos únicamente para secar, las temperaturas de cualquier manera son menores que las que se requieren para tostar, y el tiempo de procesamiento es correspondientemente mayor.

Este tratamiento es usado para lograr ligeros cambios en el material no volátil del grano.

Las temperaturas del aire o del gas usado deberán ser entre 110 y 150°C aproximadamente, el efecto en la estructura de la almendra es facilitar el removimiento de la cáscara y el triturado del grano.

3.- TOSTADO.- El tostado requiere temperaturas considerablemente mayores, el aire usado tiene una temperatura mínima de 125°C, pudiendo así describirse como un tratamiento de calor seco; además de quitar la humedad y otras sustancias volátiles, se desarrollan componentes deseables de olor y sabor.

Las temperaturas dadas anteriormente en el proceso de tostado son aproximadas y de ningún modo invariables, ya que el proceso está gobernado por varios factores tales como: el estado exacto del haba fresca, el contenido de humedad, etc., que hacen que se tengan muchas variaciones en el mismo. Por lo tanto, esta operación exige experiencia para evitar estropear el sabor, quemando las sustancias amiláceas y proteínicas o hacer menos digerible el cacao por la coagulación de las mismas sustancias proteínicas (1) (43).

La temperatura y duración del tostado varían además, según la calidad del cacao y el uso a que va a destinarse; los cacaos más selectos, perfectamente maduros, destinados a la fabricación de chocolates finos, deben tostarse a temperaturas que no destruyan su delicado aroma (con una pérdida por tostado de 3-4 %), mientras que el cacao destinado a la fabricación de cacao en polvo debe tostarse a temperaturas más bien fuertes (con una pérdida del 4-6 %).

Actualmente con el perfeccionamiento de los molinos para cacao, prevalece la tendencia a emplear temperaturas más bien bajas, hasta 80°C para los cacaos finos bien madurados y fermentados y de contenido tánico muy moderado (poco astringentes).

El contenido de humedad promedio de los granos de cacao durante el almacenamiento es aproximadamente 6%. Con el tostado se consigue eliminar una buena parte de dicha humedad, sin embargo, la pérdida por tostado no es imputable sólo a la evaporación de agua, sino en parte es debida a la descomposición de las sustancias orgánicas.

El tostado origina cambios químicos en el color haciendo que el grano tome un tono morado oscuro o pardo rojizo. Altera también gran parte del sabor astringente y amargo, destruye el poder adhesivo de la materia mucilaginosa que mantiene la cáscara pegada al grano, hidroliza algunos glicósidos naturales y se debilita la pared celular, además de facilitar el subsecuente triturado del grano (71)(81).

3.2.2.1. Aspectos del procesamiento del tostado. - El método de tostado óptimo está determinado tanto por el tipo y la consistencia de los granos de cacao que se van a emplear. Por consiguiente sería muy difícil dar los parámetros exactos de temperatura y tiempo del proceso, ya que los granos difieren tanto en su origen y tipo, como por cada marca que tiene su propio

punto de vista del sabor final que se requiere obtener. Sin embargo, se pueden dar a grandes rasgos los requerimientos para el procesamiento:

a).- Tipo de producto final.- El producto que se quiera obtener finalmente será el parámetro a seguir para el tratamiento que se le dará a los granos de cacao. Para obtener polvo de cocoa es necesario que las habas se sometan al tostado bajo temperaturas mayores que las que se emplean para elaborar chocolates, la razón es que el polvo de cocoa está hecho generalmente de los tipos de cacao más baratos.

b).- Origen de los granos.- Los granos finos, son más tiernos y tienen mayores características aromáticas; para conservar estas propiedades generalmente se tostan a condiciones más suaves que los granos ordinarios.

c).- Grado de fermentación.- Los granos muy ácidos o los que están muy avanzados en su grado de fermentación, tienen que ser tostados a temperaturas mayores que los granos de primera calidad, para eliminar el sabor astringente, aún a riesgo de que los componentes responsables del buen sabor se volatilicen.

d).- Métodos de secado para granos crudos.- Después de la fermentación, los granos se secan natural o artificialmente. Cuando la cáscara se adhiere sólo un poco al grano crudo podemos asumir que el producto ha sido secado artificialmente y que tal grano requiere de un tratamiento suave de calor.

e).- Efectos de almacenamiento.- El almacenamiento que tiene el grano de cacao ocasiona que éste gane o pierda humedad dependiendo de las condiciones del ambiente. Esto debe tomarse en cuenta en el tostado ya que con granos muy secos la cáscara se adhiere menos y existe también menor cantidad de humedad que eliminar por lo que se requerirán condiciones más suaves.

f).- Forma y tamaño del grano.- Los granos de cualquier carga que se van a tostar, nunca son uniformes en tamaño, forma y contenido de humedad, por lo tanto no podrán ser tostados absolutamente de una manera uniforme. Si las condiciones son fijadas para dar un tostado perfecto con granos grandes, entonces los pequeños tenderán a estar sobretostados y viceversa.

Los diferentes contenidos de humedad producirán variaciones similares bajo cualquier condición dada de tostado, los granos más secos estarán más afectados que los que tienen más humedad (43).

3.2.2.2 TOSTADORES

Los aparatos para tostar los granos de cacao pueden clasificarse de dos formas:

a).- Según la manera por la cuál se aplica el calor.- que a su vez se agrupan en:

- 1.- por Conducción
- 2.- por Convección
- 3.- por Radiación
- 4.- con Alta Frecuencia

b).- Según el método de operación.- y que pueden ser

I.- Continuos

II.-Intermitentes

Estos serán explicados brevemente a continuación.

1.-TOSTADO POR CONDUCCION.- Como su nombre lo indica el calor es transmitido por conducción. Los granos son tostados en un tambor que a su vez es calentado desde el exterior; el calor es transmitido a los granos por contacto con el tambor tal y como se muestra en la figura 20.

Este fué de los primeros que se emplearon y presenta la desventaja de que requiere de una supervisión muy cuidadosa, sobre todo en los estados finales, para así evitar el sobrecalentamiento de los granos y prevenir la introducción de sabores ahumados.

2.-TOSTADO POR CONVECCION.- En este método, el aire caliente o el gas de combustión se pasa a través de los granos.

En éstos hay una combinación de conducción y convección porque el tambor es calentado directamente y los gases de combustión pasan a través de los granos, como se observa en la figura 21

La aplicación de estos tratamientos también requiere de una supervisión cuidadosa y una gran experiencia. En la práctica moderna el tostado se hace únicamente por convección.

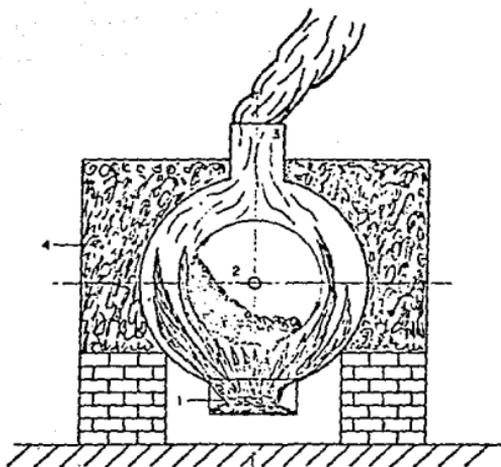
3.-TOSTADO POR RADIACION.- Este tipo se logra con radiaciones infrarrojas dando buenos resultados, sin embargo, estos tostadores se emplean poco en la industria del chocolate debido al incremento en el costo.

4.-TOSTADO CON ALTA FRECUENCIA.- Para lograr un tostado homogéneo el grano deberá calentarse tan uniformemente como sea posible en el campo de la alta frecuencia. La cantidad de energía está correlacionada con la humedad del grano que se está tratando. Debido a los altos costos de estos tostadores su uso está muy restringido.

I.- TOSTADORES DISCONTINUOS O INTERMITENTES

Dentro de este tipo de tostadores se encuentran clasificados los de tambor, como el que se ilustra en la figura 20, y los de combinación de convección-conducción, como el que se ilustra en la figura 21

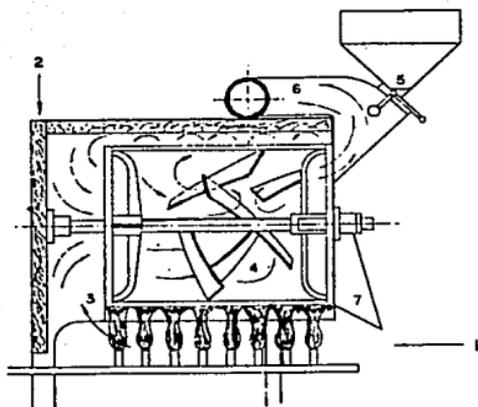
En la figura 22, se muestra un tostados de tipo discontinuo de forma esférica en donde los granos son únicamente tostados por convección con una corriente de gas caliente. Aquí los granos van de la tolva de alimentación a la esfera de tostado, el aire está calentado en una cámara especial por medio de gas y un compresor envía el gas caliente a mucha presión y a una gran velocidad desde el lado opuesto a la alimentación de los granos.



- 1.- Combustible
- 2.- Tambor rotatorio
- 3.- Tiro para desalojo de gases
- 4.- Chaqueta aislante

FIG.-20.-DIAGRAMA DE UNO DE LOS PRIMEROS TOSTADORES
POR CONDUCCION

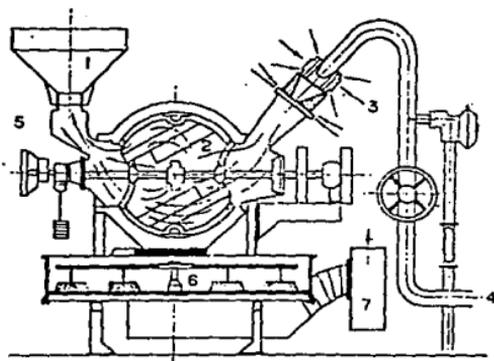
Fuente: VADETZSKY, Eleanore (82).



- 1.- Calentador de gas
- 2.- Chaqueta exterior
- 3.- Aire caliente
- 4.- Tambor de tostado
- 5.- Tolva alimentadora
- 6.- Ventilación
- 7.- Salidad de las habas tostadas

FIG.21.- CORTE DE UN CALENTADOR COMBINADO CONDUCCION-CONVECCION

Fuente : VADETZSKY, Eleanore (82).



- 1.- Alimentación
- 2.- Esfera de Tostado
- 3.- Cámara para calentamiento de aire
- 4.- Alimentación de aire a alta velocidad
- 5.- Salida de aire
- 6.- Enfriador
- 7.- Cámara de aire frío

FIG.22.- SECCION DE UN TOSTADOR ESFERICO

Fuente : VADEZSKY, Eleanore (82).

El aire es continuamente removido de la esfera por medio de un escape situado abajo de la tolva; como resultado la circulación de aire caliente sigue el flujo indicado con las flechas en el diagrama de la figura 22, después del tostado, un obturador situado en la parte inferior de la esfera es abierto y los granos calientes son vaciados en un enfriador que está equipado con un fondo perforado y un agitador rotatorio, los granos son enfriados a la temperatura del medio ambiente o del aire refrigerado.

Posteriormente se sacan del tostador por medio de una abertura en el fondo de la tolva del triturador y ventilador.

II.- TOSTADORES CONTINUOS

Este tipo de tostadores han sido desarrollados para hacer el proceso de tostado más eficiente y unirlo más fácilmente con los otros pasos durante la fabricación del chocolate y ahorrar así mano de obra.

Dentro de esta clasificación se encuentran los siguientes:

A).-CONTINUOS DE CONDUCCION.-En éste, los granos se alimentan desde la tolva, por medio de una unidad medidora, al tambor de tostado y al de enfriado; ambos actúan como transportadores de tornillo; las espirales contenidas en el interior de estos tambores ayudan a mover los granos a través del tostador y

enfriador. Los granos se calientan principalmente por contacto con las paredes del tambor rotatorio. En la figura 23 se puede apreciar un esquema de éste tipo de tostador.

B).- CONTINUOS DE CONVECCION.- A excepción de los tostadores de cámara fluida, todos trabajan con el principio de caída vertical; los granos van desde la parte superior a la inferior a través de una etapa de precalentamiento, seguida de una de tostado y etapas de enfriamiento, esto se muestra en las figuras 23, 25 y 26.

TOSTADOR MIAG

A diferencia de los tostadores verticales, los granos se calientan, en la etapa de precalentamiento, por contacto directo con las superficies mediante por conducción). Posteriormente se tratan con calor en la etapa de tostado, por medio de aire caliente y después se enfrían con aire del medio ambiente o refrigerado (Fig. 24).

TOSTADOR PROBAT

Es un tostador también de tipo vertical, pero aquí los granos se calientan únicamente por una corriente de aire, convección, tal y como se ilustra en la figura 25.

El producto es alimentado desde la tolva hacia un canal constituido de varias cascadas hechas de metal perforado; éstas terminan en el mecanismo de expulsión en el fondo. Los canales de cáscaras se mueven a través de la zona de precalentamiento, la de

tostado y la de enfriamiento.

El aire es precalentado y después tiene un calentamiento adicional con tres calentadores. Luego el producto se enfría con aire del medio ambiente o bien refrigerado.

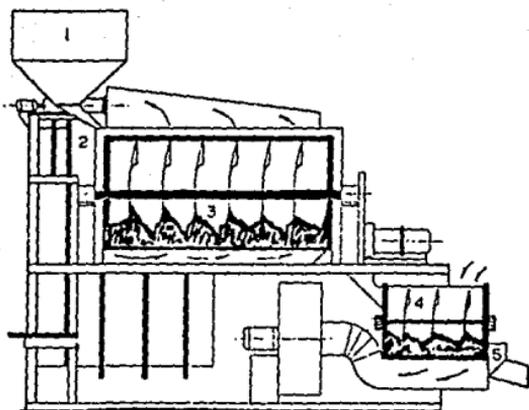
TOSTADOR BUHLER STR 2

En éste, las habas son precalentadas, tostadas y enfriadas enteramente por convección. El diagrama de este tostador se muestra en la figura 26.

C).- TOSTADORES DE CONVECCION DE LECHO FLUIDO.- En éstos, el producto se transporta por suspensión en una corriente de aire caliente por convección, mientras está en un estado de flujo turbulento, ésto se ilustra en la figura 27.

Una capa uniforme de granos crudos se alimenta dentro del tostador en una banda transportadora por medio de un vibrador de zona.

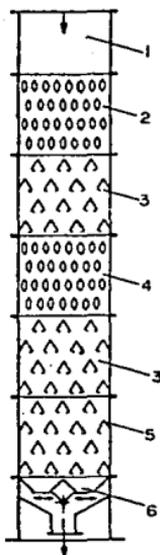
La vibración ayuda a separar los granos y entonces van a la zona de tostado; mientras se inyecta verticalmente aire caliente, que envuelve completamente los granos. Enseguida son enfriados de la misma manera, en este proceso los granos son calentados y enfriados completamente por convección (1) (43) (82). Después del tostado los granos pasan al Descascarillado.



- 1.- Alimentación
- 2.- Unidad dosificadora
- 3.- Tanque de tostado
- 4.- Tanque de enfriamiento
- 5.- Aire frío

FIG.23.-SECCION DE UN TOSTADOR TERMALD

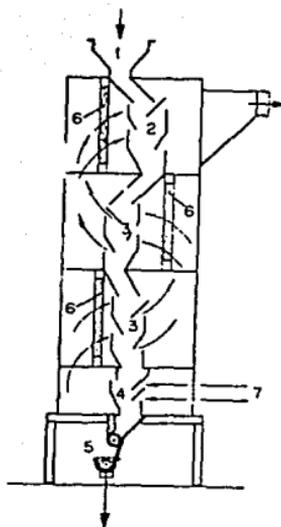
Fuente: VADEZSKY, Eleanore (82).



- 1.- Alimentación
- 2.- Sección de calentamiento por contacto
- 3.- Sección de tostado convección
- 4.- Sección de tostado contacto
- 5.- Sección de enfriado
- 6.- Salida de las habas

FIG. 24.-SECCION DE UN TOSTADOR MIAG

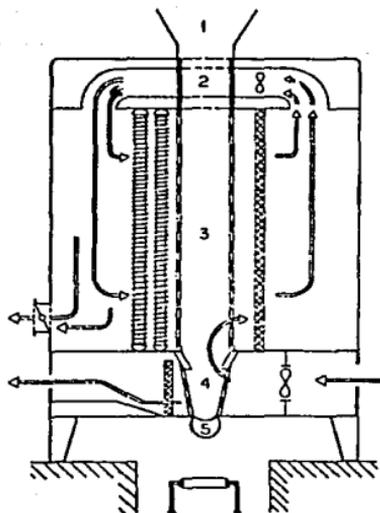
Fuente: VADETZSKY, Eleanore (82).



- 1.- Alimentación
- 2.- Etapa de precalentamiento
- 3.- Etapa de tostado
- 4.- Etapa de enfriado
- 5.- Salida
- 6.- Calentador de aire
- 7.- Entradas de aire

FIG.25.-SECCION DE UN TOSTADOR PROBAT

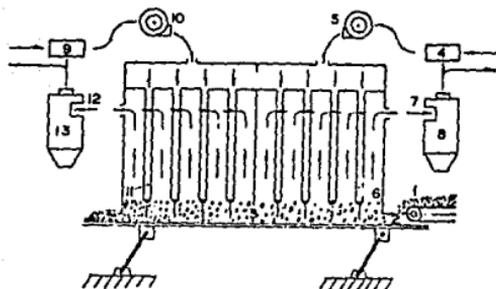
Fuente: VADETSKE, Eleanore (82).



- 1.- Alimentación
- 2.- Sección de precalentamiento
- 3.- Sección de tostado
- 4.- Sección de enfriado
- 5.- Cilindro para control de velocidad

FIG. 26.-SECCION DE UN TOSTADOR BUHLER STR 2

Fuente: VADEZSKY, Eleanore (82).



- | | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| 1.-Alimentación | 8.-Separador |
| 2.-Vibradores | 9.-Enfriador de aire |
| 3.-Cama de aire | 10.-Ventilador |
| 4.-Calentador de aire | 11.-Inyector de aire frío |
| 5.-Ventilador | 12.-Retorno de aire |
| 6.-Inyectores de aire
caliente | |
| 7.-Salida de aire | |

FIG. 27.-DIAGRAMA DE UN TOSTADOR DE LECHO FLUIDO

3.2.3 Descascarillado

El objeto que tiene el Descascarillado es el de separar las envolturas corticales o cáscaras de las semillas (almendra), así como el gérmen o corazón que tiene un sabor más amargo y que es de consistencia leñosa, presentando dificultades para la molienda.

Un requisito indispensable para lograr que esta operación se efectúe óptimamente, es que el cacao esté completamente frío, ya que de lo contrario al introducir las semillas calientes a la máquina, éstas se untan y quedan adheridas, por encontrarse medio fundida la manteca de cacao. Por otra parte, se debe evitar de cualquier forma abandonar las semillas tostadas al aire por más del tiempo necesario, porque las cáscaras absorberán la humedad de medio ambiente haciéndolas menos frágiles y más pesadas y por tanto, más difíciles de romper y separar de las semillas.

El principio de la máquina descascarilladora consiste en exponer las semillas, mediante dos rodillos ajustables a una breve compresión, evitando en lo posible el machacamiento de las mismas, a fin de obtener fragmentos grandes y un mínimo de fragmentos pequeños de corteza, que luego son difíciles de separar de la masa. Sin embargo, los fragmentos de la corteza varían de tamaño, desde polvo hasta fragmentos de 2.5 cm. de largo, que son separados para formar corrientes homogéneas haciéndolas pasar por diferentes mallas con orificio de diámetro graduado.

Las corrientes separadas son individualmente colocadas en conductos donde se pasa aire a contracorriente a una velocidad controlada suficiente para arrastrar consigo las cáscaras y evitar arrastrar las almendras. Esta operación se conoce con el nombre de Aventamiento. (Fig.28).

Las partículas muy finas y el polvo de corteza que se logra separar de las almendras durante el aventamiento son sometidos a un proceso capaz de recuperar la manteca de cacao y la teobromina contenida en estos fragmentos.

La Dirección General de Normas no permite más de 2.0% de cascarilla en las almendras, además de que los fabricantes de chocolate no desean exponer su equipo de molido a la abrasividad de la cascarilla, se prefiere que durante el aventamiento la corriente de aire arrastre consigo algo de almendras, que posteriormente tratan de recuperar en una serie de tamices.

Existen otros tipos de descascaradoras aparte del descrito anteriormente. Algunas sustituyen la malla vibratoria por una de tipo rotatoria, sin embargo las principales diferencias estriban en el diseño concerniente al quebrado del grano.

También existen máquinas que usan rodillos dentados contra una barra, (Fig. 29).La desventaja que presenta este sistema es que se producen partículas más finas que con el sistema de rodillos (1) (83) (84).

Otro diseño se basa en el uso de dos discos corrugados, un rotor y un estator, pero permite que se forme un compuesto gomoso

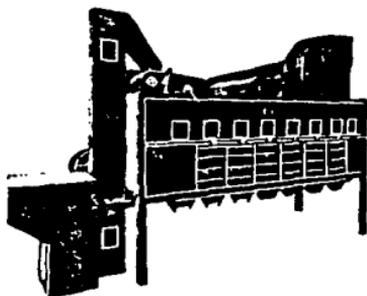


FIG. 28.- MAQUINA DESCASCARILLADORA

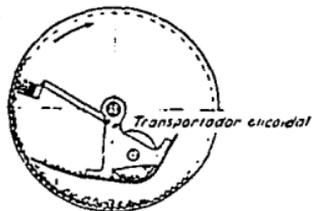


FIG. 29.- RODILLOS DENTADOS DE LAS DESCASCARILLADORAS

Fuente: ROLLIN, Edumndo (1).

así como una cantidad excesiva de basura.

Existen las quebradoras de impacto, éstas usan discos giratorios para arrojar los granos contra el impactador, pero tiene la desventaja de que algunos granos se adhieren al impactador y talla unos contra otros creando polvo; emplea fuerza neumática en lugar de discos giratorios (2).

Una vez que las almendras se encuentran perfectamente limpias, se someten a la siguiente operación que es la Alcalinización.

3.2.4 Alcalinización o Proceso Holandés

Como su nombre lo indica la alcalinización o proceso holandés, es un tratamiento que se dá al cacao por medio de soluciones alcalinas.

Su objetivo primordial para los fabricantes de chocolate, es el cambio en el color y sabor del cacao.

Los cambios producidos por este proceso en el sabor, difícilmente pueden ser descritos con palabras. Sin embargo, se debe evitar la falacia común de que el proceso holandés hace el sabor de cacao más fuerte, ya que precisamente produce lo contrario. Es decir se logra un sabor más suave porque se neutralizan los ácidos fuertes del cacao natural. Los granos de cacao fermentados que se reciben en las fábricas, se encuentran dentro de un rango de pH entre 5.2 y 5.6. Con este tratamiento el pH queda entre 6.8 y 7.5. Es importante para quién compra estos productos hacer notar que el pH no es factor de control en

producción y se pueden encontrar variaciones mayores en un producto dado por lo que restringirlas a una variación pequeña no es posible; ya que si se mantiene uniforme una mezcla de granos, no siempre se empieza con el mismo pH y el seguimiento rápido de una fórmula o procedimiento nos dará igualmente un pH variable en el producto terminado.

Otros cambios que produce la alcalinización es la conversión de los taninos en tanatos solubles; los almidones son parcialmente dextrinados y se realiza cierta descomposición del ácido oxálico. Todo esto por supuesto repercute en el sabor final del cacao.

En cuanto al color, el cacao se vuelve más oscuro. Esto se debe a la modificación de las sustancias polifenólicas, de aquí la creencia de que el sabor del producto se hacía más fuerte (75) (85).

Los factores que intervienen en el proceso y que son determinantes para el desarrollo óptimo de sabor son:

- a).- Clase de cacao empleado
- b).- Tipo y cantidad de álcali empleado
- c).- Relación entre agua y álcali
- d).- Tiempo que tarda el álcali en penetrar
- e).- Temperatura.- las cuáles deben estar entre 80 y 85°C
- f).- Aereación

Por tal motivo no puede darse un seguimiento exacto del proceso, sin embargo, si se dan generalidades como el empleo de los álcalis (2) (34).

A.-SOLUCIONES ALCALINAS EMPLEADAS EN EL PROCESO HOLANDES

Las soluciones alcalinas que son usadas son las siguientes:

- 1.- Solución Amoniacaal.- se emplea una en agua destilada.
- 2.- Carbonato de Amonio
- 3.- Carbonato de calcio
- 4.- Hidróxido de Calcio
- 5.- Bicarbonato de calcio
- 6.- Carbonato de potasio
- 7.- Oxido de magnesio
- 8.- Bicarbonato de sodio
- 9.- Carbonato de sodio

Los álcalis que se emplean más son los carbonatos de sodio y potasio.

La cantidad de álcali empleada está restringida por las leyes en algunos países. Sin embargo, la máxima cantidad de carbonato de potasio empleada es de 2.5 a 3 partes por 100 partes de cacao. Las reacciones que se producen todavía no son perfectamente conocidas (1)(86).

B.-MODO DE EFECTUAR LA ALCALINIZACION

Esta operación de alcalinización debe realizarse cuidadosamente y requiere de experiencia. Lo principal que debe evitarse es la excesiva adición de sustancias alcalinas, lo cuál provocaría que el producto tuviese un sabor a lejía, así como, el enriquecimiento de sustancias minerales fácilmente detectadas por el análisis químico, a excepción del amoniaco, del cuál las can-

tidades en exceso se evaporan sin dejar traza. Sin embargo, el empleo del amoniaco no se ha difundido ampliamente debido a su desagradable olor fuertemente irritante.

Un punto de discusión en el que no se ha podido llegar a un acuerdo entre los fabricantes es el del momento propicio para realizar la alcalinización. Algunos de ellos la realizan antes del tostado del cacao; otros la efectúan sobre las semillas al momento de salir de la máquina descascarilladora, otros prefieren realizar la alcalinización ya que el cacao está molido y desgrasado (panes de cacao). Generalmente el método que da mejores resultados, es éste último porque se obtiene una alcalinización más uniforme.

En los dos primeros métodos el cacao se humedece con una solución que contiene de 1 a 2% de álcali, calculado sobre la masa de cacao y disuelta en una cantidad igual al 5-30% de la masa a tratar; el producto se deja reposar una hora, o bien se somete a un tratamiento térmico, el cual no debe alcanzar la temperatura de saponificación de la manteca de cacao, posteriormente el producto se pone a secar en estufas.

En el tercer caso el pan de cacao humedecido con la solución alcalina es trabajado de nuevo enérgicamente en un mezclador calentado hasta que se seca, o sea durante 4-5 horas, o sólo 2 ó 3 horas cuando se disponga de un mezclador al vacío.

Cualquiera que sea el método o álcali elegido, conviene hacer antes de la elaboración, un ensayo con una pequeña cantidad, porque nada podría comprometer más el sabor de un cacao

que un sabor de lejía debido al exceso de álcali. Constituiría un grave error querer fijarse en un porcentaje de álcali dado y emplearlo indiferentemente con cualquiera que fuera la calidad del cacao.

Actualmente existen máquinas que realizan el proceso de alcalinización en forma continua (Fig.30).

Generalmente el grano de cacao requiere de un tiempo considerable para que el álcali penetre, sin embargo, con este sistema el grano es trabajado bajo presión y a temperatura elevada lo cual hace que el tiempo de absorción se reduzca considerablemente. También es posible emplear soluciones alcalinas más fuertes. La ventaja es que aparte de reducir el tiempo se logra disminuir la carga bacteriana (1) (87).

En la Fig. 30 se pueden observar las siguientes partes del sistema:

- 1.- Precalentamiento de almendras
- 2.- Descarga neumática
- 3.- Tinajas de reacción
- 4.- Alimentador para secador
- 5.- Secador
- 6.- Condensador
- 7.- Tanque de álcali
- 8.- Dosificador de álcali
- 9.- Bomba de álcali
- 10.- Salida de aire

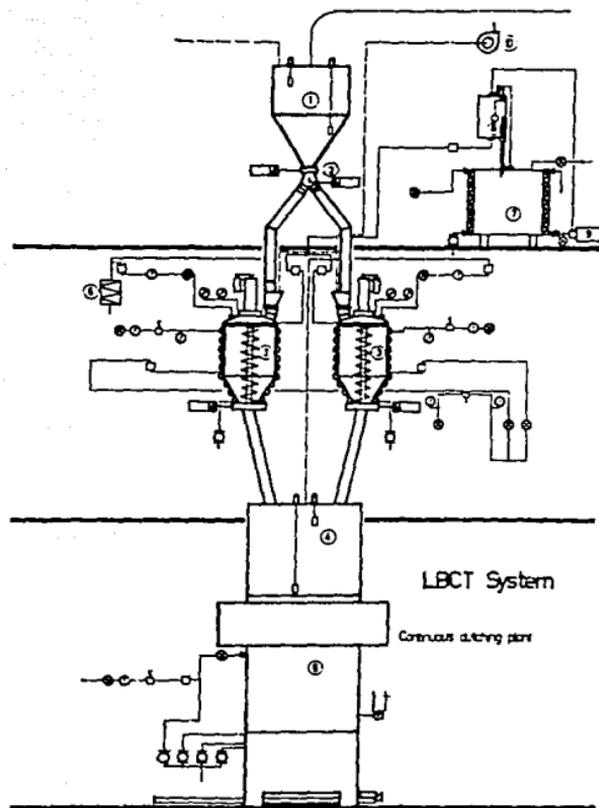


FIG. 30.-SISTEMA BUHLER LBCT DE ALCALINIZACION CONTINUA

Fuente: MINIFIE, Bernard (2).

3.2.5. La Molienda

El cacao descascarillado y degerminado es un conglomerado que contiene aproximadamente 50% de manteca de cacao, que se encuentra contenida dentro de sus células. Cuando las paredes celulares se rompen mediante el aplastamiento o la molienda se hace patente la grasa, que humedece las partículas celulares fraccionadas. Con la desintegración sucesiva queda mayor cantidad de manteca libre que sirve de vehículo de las partículas de cacao formandose así una pasta impalpable cremosa que fluye libremente en una corriente medianamente delgada cuyo olor y color es de las características del chocolate terminado. Esta pasta fluida se conoce con el nombre de " licor de cacao ".

Lo recomendable es realizar la molienda inmediatamente después de la limpieza por aventamiento aunque algunos productores la realizan antes de la alcalinización y otros sobre el licor de cacao.

Para que se realice perfectamente, es indispensable que las semillas estén completamente secas; un contenido de agua del 3% es suficiente para dificultarla en extremo.

Debido a la fricción generada durante este proceso, se produce calor, el cual ayuda a que la manteca de cacao suba por arriba de su punto de fusión, dando así, las características cualitativas del licor.

Para su realización , existen diversos tipos de maquinarias, sin embargo, el tipo más común, es el molino de muelas de piedra redondos que suele constar de tres pares de muelas dobles (Fig. 31).

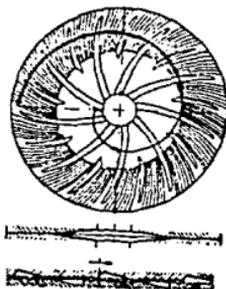


FIG.31.- DIAGRAMA DEL MOLINO DE MUELAS

Fuente: Chocologie (88).

En la parte alta del dibujo se observa la muela desde arriba, (la flecha indica el recorrido del cacao); en el centro, la sección de las muelas superpuestas; abajo, la sección de la muela aumentada.

Una muela de cada par es fija y la otra gira en íntimo contacto con ella. Se introducen los fragmentos de cacao por una abertura central y pasan por trituración entre las dos muelas al borde extremo. La acción de la molienda aumenta considerablemente si las muelas tienen surcos que distribuyan y regulen la alimentación. La finura del molido está en razón inversa de la velocidad de alimentación (83) (84).

La piedra o muela inferior de cada par es un estator y la superior es un rotor. El líquido del cacao se descarga alrededor de la circunferencia de cada par de muelas, fluye a través de una batea circular rodeando al estator, en una caída corta que alimenta al par siguiente de muelas, o a una bomba que transporta el licor hasta un recipiente donde es almacenado para su uso posterior. La figura 32 presenta un molino de tres pares de muelas.

Las desventajas que presenta éste, es que deja algo que desear en lo que respecta a la uniformidad de las partículas, además de que es difícil prevenir que el licor alcance una temperatura mayor a los 90°C, originando sabores fuertes, Otra desventaja es que trabajan lentamente. La temperatura a la que el licor de cacao llega a salir de la molienda es de 85-115°C.

En muchos casos, el líquido caliente que sale del molino es espumoso, desprende humedad y vapores picantes de ácido acético. Si se recogen estos vapores y se condensan, se advierte que son muy ácidos, lo que indica ácido piroleñoso, pero con un leve olor a chocolate. En tal caso el líquido se hace pasar por un par de muelas sobre planchas frías o por un tubo enfriador, antes de pasar al siguiente par de muelas, pues por el contacto puede ser excesiva la temperatura.

Actualmente, se han ido supliendo los molinos de muelas por los de discos verticales. En éstos, la recíproca distancia entre cada uno puede regularse con gran precisión y están fabricados de acero inoxidable.

Los molinos más modernos están equipados con cilindros horizontales de acero inoxidable. Estos se ajustan para disminuir o aumentar la distancia entre ellos haciendo que el molido sea mayor o menor (Fig.33).

Los granos de cacao se alimentan por la parte superior y van pasando por los cilindros. En la parte inferior se recibe el producto. En los cilindros de acero circula agua por la parte interna, con lo cual se logra controlar la temperatura, que no debe exceder de 40-45°C.

Posteriormente, la masa molida o licor de cacao, puede almacenarse en un depósito de aislamiento térmico provisto de agitador.

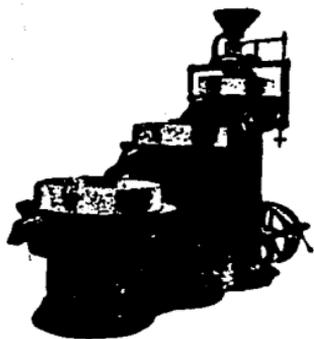


FIG.32.-MOLINO DE TRES PARES DE MUELAS

Fuente: ROLIIN, Edmundo (1).

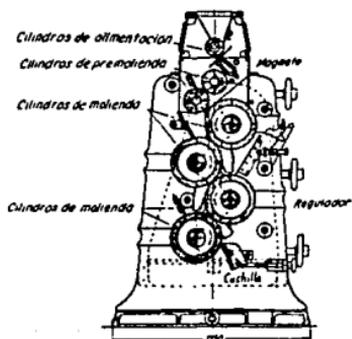


FIG.33.-MOLINO DE CILINDROS HORIZONTALES

Fuente: RAMIREZ, Diaz Fco. (32)

Un punto de suma importancia es el tamaño de partícula al que se debe moler el grano, que estará determinado por el uso específico al que se vaya a dirigir el licor de cacao.

Por ejemplo, si el licor de cacao se emplea para la elaboración de chocolate, debe molerse más finamente, para así liberar toda la manteca de cacao, que es de alto precio, y así contribuir al máximo a la reducción de la viscosidad. El costo adicional de la molienda es menor que la manteca adicional liberada. En cambio, si con este licor se va a elaborar polvo de cocoa, está debe ser menos rigurosa, ya que el prensado no liberará toda la manteca de cacao que el molido burdo pudo dejar atrapado en las células, adicionalmente los pulverizadores para obtener cocoa no reducirán completamente el tamaño de las partículas. El tamaño recomendado para la elaboración de cocoa es de un 99.5 a un 99.9% a través de una malla 200.

Si el licor va a utilizarse para la manufactura exclusiva de chocolate, algunos productores acostumbra moler el cacao junto con el azúcar, lo que puede constituir una ventaja, especialmente cuando se trata de azúcar cristalino, que contribuye a pulverizar las partículas de cacao (84)(89).

Hasta este momento, los procesos tecnológicos por los que pasa el cacao para la elaboración de chocolate y cocoa han ido de la mano, sin embargo, es precisamente en este punto en el que cada producto tiene una trayectoria diferente. Por lo tanto se

darán y explicarán primeramente los procesos que involucra la manufactura de cocoa y posteriormente los del chocolate, ambos parten del licor de cacao, como principal constituyente.

3.2.6 Elaboración de cocoa

La cocoa es el cacao en polvo después de ser desengrasado, con sabor amargo característico y de color café oscuro. Para poder obtenerla se siguen los siguientes pasos:

1.- PRENSADO DEL LICOR

Antes de ser bombeado el licor a las prensas, éste es calentado a una temperatura de 90-100°C. Posteriormente se bombea bajo presión para que inmediatamente se vayan llenando los recipientes de la prensa y proceder a la extracción.

Anteriormente el prensado se realizaba en máquinas verticales (Fig.34). La desventaja, es que no se podía tener una buena exactitud en la cantidad de grasa que se quería dejar en el residuo de cacao, además, de que tienen que cargarse y descargarse manualmente y la cantidad de producto obtenido es menor, así como el tiempo en obtenerlo es mayor.

Con el desarrollo de nuevas tecnologías estos inconvenientes pasaron a un segundo plano. Actualmente se emplean las prensas hidráulicas horizontales (Fig.35).

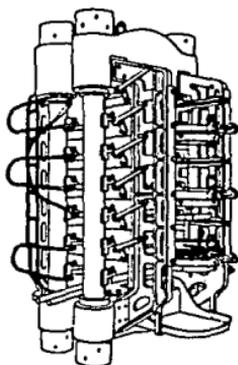


FIG.34.- PRENSA VERTICAL

Fuente: ROLLIN, Edmundo (1)

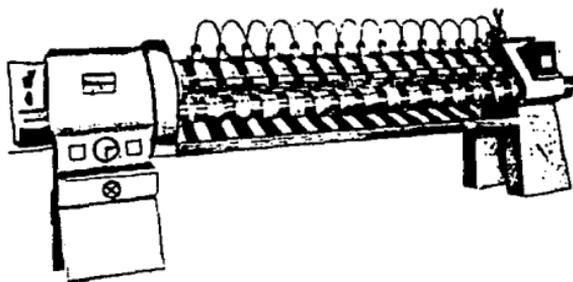


FIG.35.- PRENSA HORIZONTAL

Fuente: MINIFIE, Bernard (2)

Este tipo de máquinas contienen arriba de 20 recipientes redondos de acero inoxidable colocados en una armadura o estructura horizontal. Cada uno tiene de cada lado un filtro de acero inoxidable, cuya finura es creciente.

El licor pasa a presión a través de éstos con lo que se va obteniendo por un extremo de la prensa la manteca de cacao. La presión aplicada del martillo es de alrededor de $6,000 \text{ lb/in}^2$.

Cada recipiente tiene una capacidad de 40 lb. El residuo que se obtiene en cada uno se conoce como "panes de cocoa", los cuales tienen que pasar por otras etapas antes de poder obtener el producto final, la cocoa.

Con las máquinas horizontales, el llenado es automático y se puede controlar perfectamente la cantidad exacta de manteca de cacao que se desea extraer, la cual está determinada por el tiempo de presión, el peso del licor de cacao y por el recorrido que realiza éste a través de los filtros. Todo este procedimiento se logra completar en aproximadamente 15 minutos, logrando obtener panes de cacao con un 22-24% de grasa, sin embargo, el tiempo variará dependiendo de la cantidad de grasa a extraer.

Las prensas pueden producir panes de una gran variedad de contenido de manteca de cacao, dentro de un rango comercial de cerca de 2%.

Aunque pueden encontrarse contenidos inferiores, un mínimo práctico es del 10 al 12% de grasa.

El límite superior del contenido de grasa, está gobernado por el espesor máximo al cual la torta puede ser descargada de la prensa, ésto es, por supuesto variable y dependerá del equipo, pero generalmente es cerca del 35%. El valor promedio de 22-24% dará al producto final un gran aroma, sabor delicado y un bonito color café oscuro. El valor nutritivo de la cocoa con este porcentaje estará en 4.500 cal/kg.

Aparentemente, debido a las altas temperaturas generadas durante el prensado, ocurren cambios químicos en el licor, por lo tanto la temperatura de la manteca no debe ser superior a los 100°C.

Mientras más manteca de cacao se separa, la cocoa se vuelve más suave y menos aromática, hasta que se alcanza un punto en el cual se empieza a crear una aspereza en el sabor. En cualquier parte la mayoría esta de acuerdo en que esta aspereza se presenta con un 15% o menos de manteca de cacao contenida en la torta.

Esta suavidad inicial y pérdida del aroma nos puede llevar a concluir, que la manteca de cacao se ha llevado consigo la delicadeza y el sabor original de chocolate. Esto es cierto y puede ser fácilmente demostrado recombinaando la manteca de cacao sin filtrar, con el polvo del cual vino, encontrándose que no se obtiene de nuevo el sabor original (91).

Un problema que puede tenerse al prensar licor alcalinizado, es que los filtros se tapen debido a que la solución de álcali no está completamente dispersada. Esto puede ser solucionado pasando el licor a través de un filtro muy fino o por un molino coloidal.

Otros sistemas de extracción de la manteca de cacao es por el método Expeller, que consiste de un tubo en cuyo interior hay un tornillo sinfin que hace que los granos enteros viajen por el interior y en la parte final se acumula el pan, mientras que la manteca de cacao fluye a través de los canales del tubo (Fig.36). Con este método se logra obtener cocoa hasta con un 8% de grasa.

Después de la presión los recipientes de la prensa se vacían automáticamente y los panes de cacao son transportados hacia la molienda.

La manteca de cacao obtenida por cualquiera de los tipos de prensa es turbio, sin embargo, se puede emplear tal cual para hacer chocolate. En cambio, cuando se destina directamente a la venta, es necesario volverla a someter por un filtro prensa calentado a 30°C o por un filtro de caída mantenido en ambiente cálido (30-35°C). También puede emplearse el sistema de centrifugación.

Otro método de clarificación consiste en dejarla durante algunos días en tanques termostáticos, para luego decantar las impurezas que se acumulan en el fondo de los recipientes.

Durante el enfriamiento en las sartenes de acero inoxidable o aluminio purísimo (hay que evitar el contacto con hierro) es necesario remover la manteca de vez en cuando para obtener bloques uniformes exentos de estratificaciones o grietas (2) (92) (93) (94).

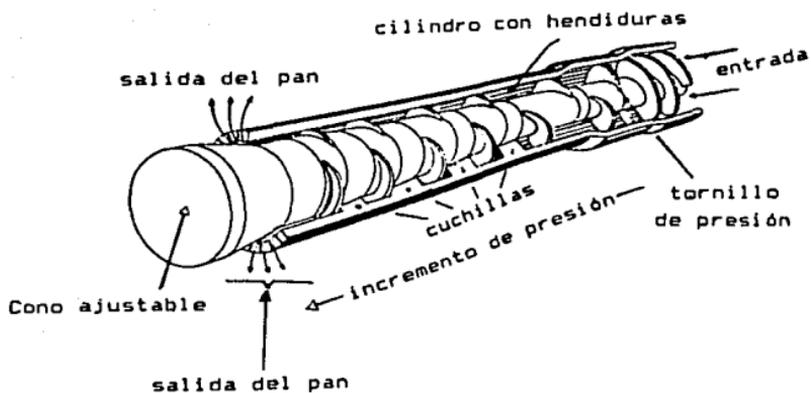


FIG.36.-DIAGRAMA DEL METODO EXPELLER

Fuente: MINIFIE, Bernard (2).

2.- PUVERIZACION Y CERNIDO DE LA COCOA

Los panes de cacao ó tortas que salen de las prensas se enfrían por lo menos a 23°C, para endurecer la manteca de cacao contenida en ellos y para evitar que se espese y reseque en el pulverizador. Mientras mayor sea el contenido de grasa mayor tendrá que ser el enfriamiento durante la molienda. Esto se debe, a que la temperatura sube por la fricción producida, y si llega a ser superior a los 34°C, la manteca se fundirá y hará que el producto quede adherido al equipo. Aparte se tiene el problema de que aparecerá en la cocoa una variación en el color.

El enfriamiento no será necesario para tortas con menos del 20% de manteca de cacao.

Es importante mencionar, que el aire de enfriamiento se debe ajustar para que la temperatura del polvo a la salida del molino sea alrededor de 21-24°C. Este debe estar seco, con una humedad relativa que no sea superior a 50-60% en el molino, de lo contrario, la cocoa aumentará su contenido de humedad, trayendo consigo problemas de tipo microbiológico, que pueden hacer que se desarrollen mohos en los ductos del molino.

Por otro lado, una humedad relativa muy baja, hará que se produzca una enorme cantidad de electricidad estática, que los dispositivos ordinarios a tierra no pueden disipar completamente, como el polvo de cocoa es explosivo, sino se cuenta con diseños de descarga a tierra, magnetos y demás protecciones, el peligro de explosión o fuego estará siempre presente. Una protección adicional es el llevar el contenido de humedad a un 4 ó 4.5%. Si

el polvo de cocoa tiene este promedio, como resultado de haber sido producido a 2% y después haya absorbido humedad del aire, la condición actual probablemente reflejará la desuniformidad y una variación del 2 al 8% en masa. Esta condición dará lugar al apelmasamiento durante el almacenamiento, así como, a la pérdida del sabor, ya que al absorber mayor cantidad de agua se facilita el desarrollo de sabores rancios.

Otro requisito que debe cumplir el aire de enfriamiento es que debe estar completamente exento de olores extraños.

El equipo utilizado para la molienda puede variar según el fabricante. Por lo general, lo primero que se necesita es una máquina "quebradora", que consiste de rodillos giratorios que tienen muelas. Esta se encarga de disgregar los panes de cacao trozándolos en pedazos del tamaño de una nuez. Posteriormente éstos se pasan a la pulverización en molinos comunes de martillo o bien de disco. Ambos son los más empleados para este fin.

Los pulverizadores (molinos de martillo o disco) generalmente están equipados con cámaras clasificadoras, donde las partículas de mayor tamaño al deseado son separadas para molerlas posteriormente.

A no ser que el clasificador haya completado el cernido de basura de los remanentes, el polvo de cocoa es enviado directamente ya sea a un cernidor de viento o primero a un enfriador.

Esto último es necesario si el templado se pierde durante la pulverización; para permitir que el cacao sea enfriado a 1°C y a una velocidad consistente con un buen templado.

Un enfriador típico consiste de varias capas en un arreglo horizontal de cintas anchas, el cacao es alimentado en la capa superior, que se mueve lentamente hacia una estructura en forma de caja donde unas tablas voltean el cacao hacia la siguiente capa que se mueve en dirección opuesta.

Este enfriamiento lento continúa hasta que la última capa lo deja en la descarga. En este punto una corriente de aire frío a 4°C transporta el polvo a través de un ducto hacia el cernidor de viento. Aquí el polvo es transportado en una corriente de aire en forma de ciclón, esta corriente se forma por medio de unas navajas rotatorias rápidas.

La fuerza centrífuga separa el polvo fino del grueso, dejando caer el fino dentro de unas máquinas pesadoras para empacarlo y enviar de nuevo los remanentes hacia el pulverizador.

El verdadero tamaño de partícula del polvo de cacao es aquel que se ha logrado durante la molienda del licor de cacao. Lo único que hacen los pulverizadores es realmente disgregar las tortas de cacao obtenidas durante el prensado del licor. De aquí la importancia de este proceso, ya que un molido fino del licor dará el tamaño de partícula final de la cocoa (93) (94).

3.- EMBALAJE

Para la cocoa se emplean sacos de pergamino dentro de cajas de cartón, de cartón parafinado o botes de hojalata con tapa o

rosca a presión. Estas últimas son siempre preferibles, sobre todo para los formatos grandes, porque son los únicos que pueden dar una protección contra la humedad atmosférica, los parásitos y los olores extraños, los que son fácilmente absorbidos y retenidos por el polvo de cacao.

En tales recipientes el producto en polvo se conserva con todas sus características organolépticas inalterables durante uno o dos años, mientras que en los empaques de cartón se pierde el aroma rápidamente, se absorbe humedad a la vez de aromas extraños. Si en la tienda donde se vende el producto se venden perfumes, la cocoa los asimilará rápidamente.

Para el almacenamiento conviene que el local esté provisto de aire acondicionado para asegurar la regularidad de la temperatura y de la humedad (93).

3.2.7 Generalidades de la cocoa

La cocoa o polvo de cacao desgrasado tiene actualmente un gran número de usos. El principal de ellos, es para la fabricación de chocolate en polvo, que se obtiene por la mezcla de cocoa con otros ingredientes en polvo tales como leche, azúcar y vainilla. El chocolate en polvo, a su vez, está ampliamente difundido en el uso de bebidas, helados, pasteles y principalmente en la industria de la confitería como cobertura.

En la antigüedad, para preparar bebidas de chocolate se ponían los granos de cacao enteros a hervir en agua, lo que ori -

ginaba que hubiera separación de grasa, haciendo esta bebida muy poco digerible.

Sin embargo, en 1828 Van Houten (88), desarrolló el sistema de remoción de exceso de grasa de los granos de cacao por el prensado, de esta forma se podía obtener un mejor producto. Fue así como se incrementó el uso de la cocoa para la preparación de bebidas.

A la cocoa se le deben vigilar características de color, sabor y principalmente tamaño de partícula, ya que de esto dependerá la solubilidad de la misma tanto en agua como en leche, lo que es deseable porque de lo contrario, se formará inmediatamente un sedimento de producto. Un tamaño de partícula mayor dará una apariencia "manchada" en la leche o en los helados. Esto no es deseable ya que en confitería y pastelería se requiere de un agradable color a chocolate para la cobertura de estos productos.

El proceso de alcalinización o proceso holandés que se aplica a los granos de cacao ayudará a obtener colores agradables para la cocoa. Dependiendo de la concentración y el tipo de alcali empleado será la coloración que tomará el grano de cocoa (Cuadro 6) (86) (93).

La composición química de la cocoa se verá afectada por factores tales como el prensado, la alcalinización, el aventamiento, etc., sin embargo, un análisis representativo de diferentes tipos de cocoa se presentan en el Cuadro 7 (86).

CUADRO 6

COLORACION DE LA COCOA A DIFERENTES pH

Concentración de la solución de K ₂ CO ₃ %	pH del grano	Color
8.5	7.3	Café claro
5.6	7.1	Café lig. obscuro
3.4	7.2	Café-rojizo
12.5	7.6	Café muy obscuro
8.3	7.7	Café-rojo obscuro
5.0	7.6	Rojo obscuro

Fuente :MINIFIE, Bernard (2).

A.-SUSTITUTOS DE COCOA

Debido a los altos costos que tiene actualmente el polvo de cacao, han ido apareciendo en el mercado productos que pueden sustituirla. Generalmente, son productos inofensivos que se han difundido y que pueden ser utilizados para reemplazar parte de cocoa o sustituirla completamente.

CUADRO 7

ANÁLISIS QUÍMICO DE DIFERENTES TIPOS DE COCOA

ALCALINIZADA

%	NATURAL	1	2	3	NOTAS
Humedad	3.0	3.5	3.5	4.3	Sin exceder del 5%
Manateca de cacao	11.0	10.0	23.5	21.5	Según el prensado
pH (al 10%)	5.7	7.1	6.7	6.8	
Cenizas	5.5	8.5	6.3	7.7	
Cenizas solubles en agua	2.2	6.3	-	5.8	Depende de la alcalinización.
Fosfato	1.9	1.9	1.4	2.0	
Cloruros	0.04	0.9	0.7	1.0	Sal adicionada para resaltar el sabor
Cascarilla	1.4	1.0	<0.5	1.0	Depende del aventamiento
Nitrogeno total	4.3	3.9	3.5	3.7	
Proteína	21.2	18.7	17.5	18.7	
Teobromina	2.8	2.7	2.3	2.3	

Fuente: MINIFIE, Bernard (2).

Ultimamente, se han estado haciendo investigaciones sobre diversos materiales, sin embargo, el más empleado para sustituir cocoa es el algarrobo molido, así como también y de menor uso es el germen de trigo desengrasado.

Ambos productos se combinan con una parte de cocoa aumentando así el rendimiento de ésta, o bien al polvo de algarrobo o al de germen de trigo se les adicionan sabores y colores artificiales y fácilmente se puede sustituir la cocoa.

El algarrobo es un árbol de la familia de las leguminosas. Tiene hojas compuestas y persistentes y alcanza una altura de hasta 8 a 10 metros. Se cultiva en los países del mediterráneo. Este árbol produce unos frutos en forma de vaina de 10 a 20 cm de largo y de 2 a 2.5 cm. de ancho, de color oscuro y consistencia seca, su sabor es dulce por su alto contenido de hidratos de carbono. Este fruto molido es el que se emplea como sustituto. También es empleado en muchos países como fruta forrajera.

3.2.8 Elaboración de Chocolate

El chocolate es una mezcla de licor de cacao y azúcar, con o sin adición de manteca de cacao y eventualmente de aromatizantes. El arte del chocolatero está en obtener una mezcla íntima de estos ingredientes, aunque también dependerá de la naturaleza del cacao empleado, así como, del cuidado que se le haya dado en su elaboración; mezclado, fermentado, tostado, etc.

El chocolate tiene la propiedad de formar con agua caliente una masa fluida uniforme como una emulsión (96).

El proceso involucra los pasos siguientes:

I .- MEZCLA DE DIVERSOS TIPOS DE CACAO

Es muy raro que algún chocolate o producto de cacao sea formulado con un sólo tipo de cacao, ordinariamente se fabrican con mezclas a fin de conseguir determinado sabor o para lograr que el producto tenga tales o cuales características.

Hoy existe en el mercado una variedad muy extensa de cacaos y al trabajar con ellos se descubren las buenas y malas propiedades de cada clase. Hasta se puede lograr con una mezcla juiciosa, sabores y especialidades nuevos. La combinación constituye un secreto de cada fábrica. Los cacaos vienen de muchas partes y son a veces muy diferentes unos de otros. Los cacaos africanos son diferentes que los americanos y por tanto se clasifican de la siguiente manera:

A).- CACAOS AFRICANOS

Dentro de los cuales se encuentran las siguientes variedades:

1.- Fernando Poo.- externamente son de color pardo agrisado ó violáceo, interiormente color violeta pardo, de sabor amargo aromático, alta acidéz acética y elevado contenido graso (56%).

2.- Santo Tomé.- calidad y sabor similar al Fernando Poo

3.-Costa de Oro (Accra).- color canela ó pardo oscuro. Es moderadamente ácido y acre, el aroma es de mediana intensidad.

4.-Nigeria (Lagos).- cacao Forastero similar al Accra.

5.-Togo y Camerún.- color canela claro. Sabor muy amargo.

6.-Congo.- cacao pococ apreciado. Color marrón oscuro.

7.-Costa de Marfil.- Similar al Accra pero de sabor más acre y color amarillento (97).

B).- CACAOS AMERICANOS

1.-Venezuela.- son Criollos de calidad muy estimada. Son de sabor agradablemente dulce.

2.-Maracaibo.- muy apreciado, semillas grandes de color pardo, sabor amargo suave, gran contenido de teobromina. Dentro de este tipo se encuentran las siguientes calidades:

a).- Primera selecto

b).- Segunda superior

c).- Tercera Corriente

3.- Puerto Cabello.- cacao muy apreciado, semillas grandes redondeadas, de color ocre, de sabor muy blando y poco ácido; aroma finísimo. Su contenido de manteca de cacao es bajo (45%).

4.- Caracas.- cacao Forastero mestizo de calidades finas; un poco inferior al Puerto Cabello. Se le atribuye un elevado poder nutritivo.

5.- Brasil.- son de calidad media de los que se distinguen los siguientes:

a).- Bahía.- buena calidad. Externamente de color marrón

claro y obscuro, a veces brillantes y manchados. Sabor áspero aromático; rico en manteca de cacao.

b).- Para y Maranha.- de calidad inferior al Bahia. Su color interno es pardo rojo. Sabor amargo.

Los cacaos brasileños se clasifican en tres variedades:

- Primera Superior.- sin defectos externos y con no más del 4% de semillas con defectos internos.

- Segunda Good Fair .- con no más del 8% de defectos internos.

- Tercera Fair ó Fair Fermented.- no más de 25% de defectos internos.

6.- Ecuador.- Llamados Guayaquil, son de los más apreciados. Se distinguen por su fuerte aroma, sabor astringente, olor vinoso, y por el aspecto característico de las semillas que son de forma larga y redondeada en los extremos. Según su procedencia se distinguen :

a).- Arriba.- Se considera uno de los mejores cacaos del mundo. Las semillas son muy grandes, anchas redondeadas y nunca de superficie hueca. Externamente son de color marrón claro con restos oscuros o negros de la pulpa pegados a la cáscara, cuya permanencia es debida a la fermentación muy ligera; internamente son de color violeta oscuro o pardo oscuro, de sabor fino, ligeramente acre, de aroma fuerte. Las semillas defectuosas son de color violeta puro o de color pizarra. El perfume y el sabor son finos y fuertemente aromáticos. Hay que distinguir entre el

Arriba Superior, de la recolección principal, y el Arriba Navidad ó Epoca, mucho menos apreciado, con semillas más pequeñas, procedentes de la cosecha secundaria.

b).- Machala.- las semillas son menos grandes y mas oscuras que los del Arriba; también presentan restos negros de pulpa; su aroma es distinto y menos fino. Son ricos en manteca (54%).

c).- Caraquez o Bahía de Caraquez.- de calidad parecida al Machala y al balao, con semillas pequeñas, llenas, redondas, de perfume agradable dulzaino.

d).- Esmeraldas.- calidad finisima que raramente se encuentra en el comercio. Se caracteriza por las semillas pequeñas pardas y pesadas, en forma de oliva.

7.- México y Guatemala.- Son de primerisima calidad, raramente se encuentran en el comercio europeo. Sus semillas son redondeadas, con la cáscara poco adherida; el interior es pardo y de aroma muy delicado. La calidad más apreciada es la Soconusco.

8.- Colombia.- son parecidos externamente a los cacaos mexicanos, pero son de sabor menos fino. La calidad más apreciada es el Cauca, el Tumaca y por último el Madeleino.

9.-Guayana.- tienen semillas grandes, compactas, de color externamente pardo, internamente rojo pardo. Según su procedencia se distinguen:

a).- Surinam.- de la Guayana holandesa

b).- Berbice y Essequibo .- de la Guayana británica

c).- Cayena.- de la Guayana francesa. Generalmente es de

mala calidad salvo el tipo Yoback que es de

calidad discreta.

10.- Trinidad y Tobago.- se distinguen tres calidades:

- a).- "Plantation".- de las mejores calidades del comercio.
- b).- "Estate".- calidad intermedia
- c).- "Plain shipping".- común.

Por lo general, este tipo de cacao tiene semillas grandes ó medianas, a veces de sección oval, pero generalmente aplastadas ó precisamente ahuecadas. Sabor fuertemente aromático y moderadamente amargo. Son apreciadas por su color marrón violáceo.

11.- Santo Domingo.- Cacao insípido que se emplea mezclado con calidades fuertes.

12.- Haití y Sanchez.- poco apreciados, similares al Santo Domingo.

13.- Granada.- excelente Forastero, casi equivalente al Trinidad.

14.- Jamaica.- de aroma delicado; más barato que el Trinidad

15.- Cuba.- Similar al Jamaica.

16.- Costa Rica.- buen cacao, de sabor dulce.

17.- Nicaragua.- de buena calidad si está bien preparado.

18.- Panamá.- de sabor dulce, pero a veces es de preparación defectuosa.

19.- Martinica, Guadalupe, Santa Lucía.- calidades poco estimadas, de sabor amargo poco agradable, con elevado contenido de manteca.

20.- El Salvador, Honduras.- similares al Panamá (98) (99).

C).- CACAOS ASIATICOS

Son cacao Criollos o híbridos muy apreciados, empleados por su color claro especialmente para los chocolates a la leche de alta calidad. Dentro de éstos se encuentran:

1.- Ceylán.- Red Ceylán.- granos pequeños, ovales o redondeados, de color rojo pardo. La pulpa es muy clara, un poco rojiza, de sabor agradable suave; aroma poco pronunciado, agradable.

2.- Native Ceylán.- producto indígena de calidad inferior.

3.- Java.- similar al Ceylan. La calidad más apreciada es la llamada "Fine Java".

D).- CACAOS DE OCEANIA

Los principales son:

1.- Samoa.- cacao estimado, muy similar al Ceylán. Color marrón claro un poco más oscuro que el Ceylán, de sabor fino aromático.

2.- Célebes y Filipinas.- carecen de interés comercial.

En general, puede decirse que los cacao brasileños se deben emplear con moderación en las pastas de chocolate de leche y dulce, pero son indicados para los chocolates amargos, muy apreciados de los nórdicos. En cuanto a los cacao africanos, son generalmente todos buenos y se pueden lograr buenos chocolates mezclando tres o cuatro variedades de ellos (11).

La mezcla de éstos dependerá del fabricante, así como también, de el momento preciso de realizarla. Por lo general, se realiza justo antes de la molienda; es decir, cuando la almendra está completamente limpia (después del aventamiento). Algunos fabricantes prefieren mezclar los licores obtenidos de los molinos, sin embargo, esto sera dependiendo del proceso, dando así mejores o peores resultados que si se mezclaran los cacaos en algún otro momento del proceso.

Después de obtener la mezcla de los cacaos queda una pasta líquida que contiene cacao en polvo y manteca de cacao. Para la fabricación de chocolates esta puede ser o no prensada, pero generalmente no se prensa a menos que se quiera obtener como sub-producto cocoa.

Esta pasta así preparada, es uno de los ingredientes principales del chocolate, pero es necesario mezclarla con otros que constituyen la formulación del fabricante. Mientras que ésto se lleva a cabo, la pasta se almacena en grandes recipientes con temperatura controlada y agitación, mismos que se conocen con el nombre de temperadoras. Estas dan una homogenidad perfecta a la pasta. Estan provistas de un recipiente de acero de doble pared entre el que se encuentra un serpentín por donde circula vapor, para mantenerla fluida (100).

De esta forma la pasta se encuentra lista para ser bombeada hacia las mezcladoras junto con los demás ingredientes que constituyen la formulacion.

11.- MEZCLADO

En esta etapa del proceso se realiza una combinación de los ingredientes necesarios para la manufactura del chocolate. Es de suponer que dependiendo del tipo de producto a elaborar y del fabricante serán los constituyentes de la formulación, sin embargo, los principales, aparte de la pasta de cacao son los siguientes:

1.- AZUCAR

Constituye el mayor porcentaje en las fórmulas .

Puede emplearse azúcar de primera ó estándar (de segunda). Cualquiera que se emplee es necesario que no se encuentre húmeda porque de lo contrario se incrementaría en forma muy notoria la viscosidad del chocolate.

Se presenta en forma de cristales de gran pureza. La diferencia es que la de primera ha sido más purificada, es decir, se ve más blanca porque se ha lavado más, en cambio, la de segunda fué secada aún teniendo otras mieles o impurezas, de ahí que su color sea más amarillo y oscuro.

El tamaño de los cristales es muy grande, lo que hace que se tengan problemas durante el proceso de refinado, de tal manera que es preciso pulverizarla.

Una operación que es importante mencionar en este momento es que actualmente en el proceso del chocolate se emplea la prerefinación, que entre varios objetivos tiene el de reducir el

tamaño de partícula . Así, se evita el tener que pulverizar el azúcar antes de mezclarla haciendo el proceso de mezclado mucho más rápido.

Ya sea empleando azúcar pulverizada o usando la prerefinación, es necesario que esté en forma de polvo muy fino, para así lograr una mejor adhesión de todos los ingredientes, evitando así, un desgaste de las máquinas refinadoras y también obtener un ahorro en manteca de cacao.

La reducción del tamaño de partícula se logra mediante la molienda a través de una malla 10x.

Debido a lo volátil que es el polvo de azúcar, es necesario mantener el equipo y el área donde se realiza la molienda en perfectas condiciones higiénicas.

Dentro del cuidado que debe darse a este producto durante el almacenamiento, es evitar pisotear los costales que la contienen, ya que éstos, al ser porosos permiten una fácil penetración de microorganismos.

El azúcar que viene de los ingenios, frecuentemente trae pedazos de madera, hilos, etc, motivo por el que es recomendable que se someta a un proceso previo de tamizado, esto ayudará a darle una mejor apariencia y cuidar el equipo.

La forma de almacenarla es en estibas y en costales bien acomodados sobre tarimas, siempre alejadas de la pared 30 cm. y en un lugar fresco y seco para evitar contaminaciones, plagas y humedad (96) (101).

2.- LECHE

La leche fluida no se emplea en la industria chocolatera porque dificulta su manejo. La más empleada es en polvo.

De la leche fresca se emplean productos derivados tales como:

a).- Leche entera deshidratada en polvo.- es aquella que ha sido secada por métodos de aspersion especiales, en donde se extrae la humedad y el resultado es un polvo concentrado de sólidos de leche. Este es el método más común en México, sin embargo, en otros países se emplean rodillos secadores. (Secado Roller).

Debido a que es un producto muy vulnerable al ataque bacteriano, es muy importante tomar en cuenta los cuidados durante el almacenamiento.

Lo primero es evitar rupturas en los sacos que la contienen, y en caso contrario se debe separar éste del residuo del lote, para que se surta inmediatamente. Los costales deben estar en tarimas y los residuos de leche que queden en el suelo deben limpiarse inmediatamente.

Para una adecuada conservación se debe poner atención a su contenido de humedad, a la temperatura de almacenamiento y al acceso de oxígeno. La más vulnerable es la leche entera debido a su mayor contenido de grasa. El contenido de humedad no debe rebasar el 4%. Para un prolongado almacenamiento es necesario una temperatura máxima de 7°C y empacada a prueba de humedad. Un almacenamiento de dos meses aproximadamente requerirá una temperatura de almacen de 20°C como máximo.

De aquí se deriva una necesidad a seguir una estricta rotación de los productos lácteos.

Así mismo, es necesario almacenar la leche en lugares libres de olores extraños debido a que por su contenido de grasa, la leche entera tenderá a atraparlos y a alterarse el sabor.

b).- Leche entera en polvo.- se obtiene de un proceso de secado de la leche fresca en donde se elimina la humedad de 87.4% a 4%. Esta contiene su grasa original.

c).- Leche descremada en polvo.- la leche fresca se desgrasa o descrema por métodos de separación de la grasa por centrifuga, decantación y otros. Se llama descremada porque no tiene su grasa original.

d).- Suero de Leche o suero de queso.- el nombre que se le dá se usa indistintamente para identificar el suero que se obtiene como subproducto en el proceso de fabricación de quesos. Este tiene un alto contenido de azúcar (lactosa). Se emplea para algunas formulaciones de chocolate (96) (102) (103).

3.- MANTECA DE CACAO

En algunas formulaciones es necesario adicionar una mayor cantidad de manteca de cacao a la pasta.

De ésta, ya se han dado algunas generalidades. Aquí se hablará de las grasas que se pueden emplear como sustitutas en los chocolates.

Debido a que tiene un elevado precio, algunos fabricantes de chocolate se han visto en la necesidad de buscar otros caminos para disminuir el costo del producto final. Sin embargo, la mayoría de estos productos están prohibidos para la mayoría de los países. En Inglaterra, por ejemplo, si se han permitido el uso de grasa diferente a la de cacao, siempre y cuando se especifique en el producto el contenido de la misma (2).

Numerosas investigaciones se han centrado en este aspecto y de lo que actualmente se tiene información es de los siguientes puntos:

Es importante reconocer dos tipos de grasas:

- a).- Substitutas
- b).- Equivalentes.

GRASAS SUBSTITUTAS

Son aquellas que pueden mezclarse en pequeñas cantidades con la de cacao, obteniendo resultados favorables.

Sin embargo, el abuso de estos productos provoca los siguientes problemas:

1.- La mezcla de éstas con la de cacao forma mezclas eutécticas, lo cual produce que se disminuya el punto de fusión en el producto final, trayendo como consecuencia el reblandecimiento exagerado del chocolate aun a temperatura ambiente y aún más en épocas de calor.

2.- Se incrementan los efectos polimórficos de la grasa haciendo que se tengan problemas para obtener un buen temperado del producto, ocasionando a su vez que el chocolate tenga presentes manchas blanquesinas por la mala cristalización de la grasa ("Bloom de la grasa").

3.- Propician cambios microbiológicos y oxidativos originando la rancidez del producto así como la aparición de sabores desagradables.

Dentro de estas grasas se encuentran la grasa de coco, de palma, de palma Kernel y de nuez, todas ellas obtenidas por fraccionamiento e hidrogenación de los aceites respectivos. La constitución de estas grasas y aceites es muy diferente a la de la de cacao. Algunas de ellas, tienen un elevado contenido de ácidos grasos de bajo peso molecular haciéndolas más susceptibles al enranciamiento.

Por lo tanto no son empleadas en productos finos, sino que su uso se restringe para: coberturas para pasteles, barras para confitería (marquetas) y para helados.

GRASAS EQUIVALENTES

Son aquellas que tienen propiedades físicas y químicas semejantes a las de la manteca de cacao y cuyos glicéridos constituyentes provienen de otras fuentes ajenas al grano de cacao. Estas no necesitan tener las características de sabor de la grasa de cacao.

Se elaboran a partir de diferentes grasas animales y vegetales, entre las cuales el aceite de palma parece ser la más utilizada.

Un gran desarrollo en este campo fué "La Cobérine" por la firma Unilever, la que se considera una grasa equivalente absoluta de la manteca de cacao. Es obtenida a partir de el aceite de palma, contiene casi los mismos constituyentes glicéridos que los que contiene la de cacao. Puede ser utilizada en cualquier proporción en la manufactura de chocolates sin tener alteraciones en el mismo, de punto de fusión, temperado o enfriado. En la figura 37 se muestra una gráfica con las curvas de enfriamiento de estas grasas con la manteca de cacao. Como se puede apreciar, la curva muestra el comportamiento similar de la Cobérine con la grasa de cacao, así como la curva de la mezcla de ambas en iguales proporciones donde no hay formación del punto eutéctico. Por otro lado la figura 38 muestra las curvas de enfriamiento de las grasas no compatibles. En ésta última se puede apreciar la formación del punto eutéctico (2) (88) (104).

Un ejemplo de algunas de las similitudes de la Cobérine con la manteca de cacao se muestra el Cuadro B.

La Cobérine se emplea en algunos países como Inglaterra y Dinamarca en pequeñas cantidades sin especificarlo en los ingredientes del producto. Las legislaciones de estos países permiten usar ésta grasa en un 5%.

Otras grasas de este tipo fabricadas por la misma firma son las llamadas "Choclin", "Calverine" y "Verberine".

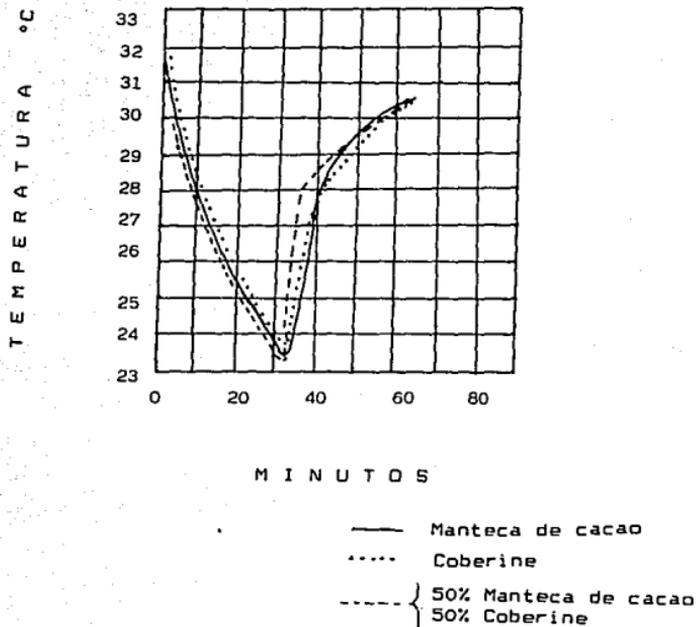


FIG.37.-GRAFICA DE LA CURVA DE ENFRIAMIENTO DE LA COBERINE Y LA MANTECA DE CACAO

Fuente: MINIFIE, Bernard (2).

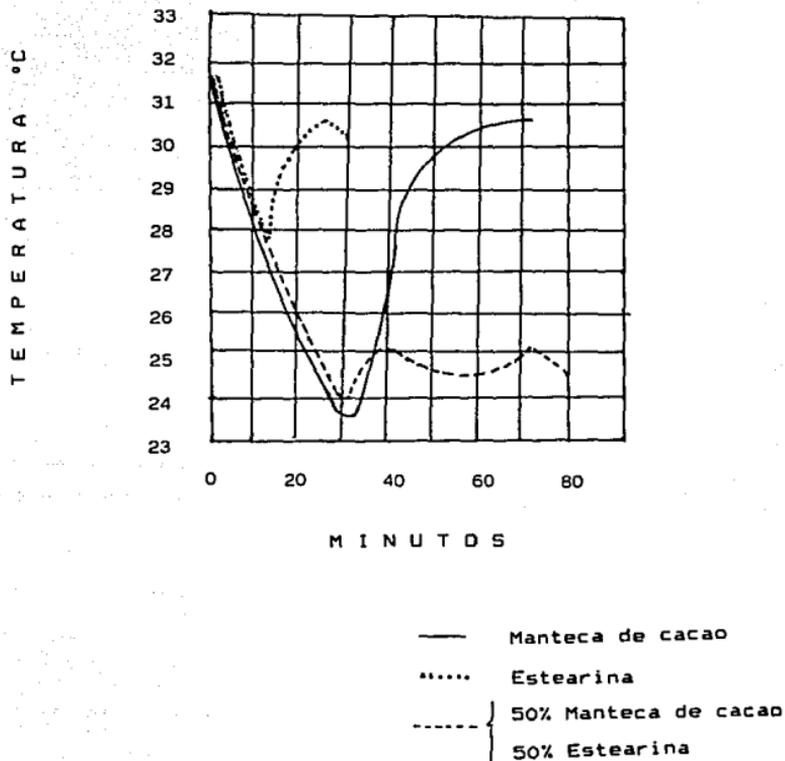


FIG.38.- GRAFICA DE LA CURVA DE ENFRIAMIENTO DE LA GRASA NO COMPATIBLE CON LA MANTECA DE CACAO

Fuente:MINIFIE, Bernard (2).

CUADRO 8

COMPARACION DE PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS ENTRE LA COBERINE
Y LA MANTECA DE CACAO

GRASA	INDICE DE YODO	INDICE DE SAPONIFICACION	TEMPERATURA DE REBLANDECIMIENTO
Cobérine	34	196 - 197	35.2°C
Manteca de cacao	37	193 - 194	35.4°C

Fuente : MINIFIE, Bernard (2).

Algunas otras grasas vegetales pueden igualmente comportarse como la manteca de cacao. Este es el caso de la manteca conocida comercialmente con el nombre de "Illipé".

No se trata, sin embargo, de la verdadera manteca de Illipé, obtenida en la India de las nueces de Bassia longifolia sino del sebo extraído de los frutos de otra sepotácea, Palaequium oblongifolium, o de diversas especies de Shorea. Estas provienen de Borneo, Sumatra y Malasia, y son conocidas por los nombres de "Siak Illipé" , "Tengkawang Illipé" y "Engkaband Illipé".

La manteca Illipé tiene un punto de fusión ligeramente mayor al de la manteca de cacao (37-38°C). Los cambios que produce en el producto que la contiene son muy insignificantes. Organolépticamente hablando es imposible detectarla cuando está contenida en el chocolate en un rango de 5-10% . Se han estado desarrollando métodos analíticos para su detección, sin embargo, ninguno de éstos es totalmente confiable.

Debido a que la manteca de cacao y la manteca Illipe presentan una gran similitud en su composición, es posible preparar mezclas de ambas en cualquier porcentaje, sin el temor de que haya formación del punto eutéctico de la mezcla. Esto es de gran utilidad ya que por lo tanto se incrementa el punto de reblandecimiento del chocolate, que es necesario en el producto en climas cálidos (2)(105). En los Cuadros 9 y 10 y presentan los constituyentes glicéridos y propiedades físicas y químicas respectivamente entre la manteca de cacao y la grasa Illipé.

Por otro lado también en Estados Unidos se han desarrollado otras grasas vegetales que tienen un elevado punto de fusión y que son compatibles con la manteca de cacao. Estas son empleadas para la manufactura de "Chocolates tropicales" en los cuales se requiere que el producto se mantenga firme en condiciones de elevada temperatura ambiental.

Otros ingredientes que se incorporan a la pasta de cacao durante el mezclado en una cantidad menor pero igual de importantes son los siguientes:

CUADRO 9

COMPARACION DE CONSTITUYENTES DE LA MANTECA DE CACAO
CON LA MANTECA ILLIPE

ACIDOS GRASOS	MANTECA ILLIPE %	MANTECA DE CACAO %
Palmitico	19.5	24.3
Estearico	42.4	35.4
Oleico	36.9	38.2
Linoleico	0.2	2.1
Araquidico	1.0	-
GLICERIDOS		
Trinsaturados	1	3
Dipalmitoestearina	2	-
Palmitodiasterina	1	-
Oleoedipalmitina	8	4
Oleoedipalmitoestearina	32	57
Oleodiasterina	40	22
Palmitodioleina	3	7
Estearodioleina	13	6
Trinoleina	-	1

Fuente: MINIFIE, Bernad (2).

CUADRO 10

CONSTANTES FISICAS Y QUIMICAS DE LAS MANTECAS
ILLIPE Y DE CACAO

CONSTANTE	MANTECA ILLIPE	MANTECA DE CACAO
Punto inicial de fusión	34 - 36° C	31.8-33.5°C
Punto completo de fusión	37.5-39° C	32.8-35.0°C
Punto de solidificación	28 - 32° C	27 - 29.5°C
I. de Refracción a 40°C	1.456 - 1.457	1.456 - 1.458
I. de Saponificación	188 - 197	191 - 198
I. de yodo	29 - 38	33 - 39
Materia no saponificable	0.7 - 2.0%	0.5%- 1.1%
Calor específico(4-24°C)	0.51	0.49
Calor latente de fusión de la temperatura del cuarto de almacenamiento	32cals/g	31-33cals/g

Fuente:MINIFIE, Bernard (2).

4.- SABOR

Dentro de este termino se incluyen a todos aquellos productos que se agregan con el fin de incrementar las características organolépticas de las mezclas de cacao. Estos generalmente son: vainilla, canela, aceite de casia, aceite esencial de almendra, aceite esencial de limón, naranja, etc. , lo que dependerá del tipo de chocolate que se va a producir.

Se considera una adulteración del agregar sabores que asemejen el chocolate, leche o manteca, ya que estos no son necesarios cuando el cacao y la manteca de cacao han sido trabajados adecuadamente (106).

5.- DEXTROSA ANHIDRA Y JARABE DE MAIZ DESHIDRATADO

Este tipo de productos no son de uso muy generalizado, sin embargo, pueden agregarse en la formulación para reemplazar parte del azúcar y así tener una disminución en el costo .

6.- SORBITOL, MANITOL Y XILOL

Generalmente, empleados únicamente para la manufactura de productos dietéticos.

7.- EMULSIFICANTES

En la industria chocolatera el principal es la Lecitina.

Es un producto que se encuentra presente en toda materia viva, vegetal y animal, y que tiene propiedades emulsificantes. La yema de huevo contiene un elevado porcentaje de lecitina (8-10%),

la mantquilla contiene alrededor de 0.5% y 2.0%, el aceite de soya contiene hasta 2.5% y es la fuente que actualmente se ha explotado en todo el mundo debido a su bajo costo.

La lecitina es un fosfoglicérido que es un diacilglicerido con una molécula de ácido fosfórico unida al glicerol a través de un enlace éster, y a una base que puede ser nitrogenada, como la colina, la etanolamina o a un alcohol como el inositol.

Puede actuar como emulsionante debido a que su molécula contiene un parte hidrófoba y una hidrófila. El grupo fosfato y la base nitrogenada interaccionan en la fase acuosa, mientras que las cadenas hidrocarbonadas lo hacen con la fase lipida, con lo que se logra un contacto físico más estrecho entre las dos fases inmiscibles (IOB).

El chocolate es una dispersión de partículas muy pequeñas de sólidos en una fase de grasa. Estas son azúcar, cacao y leche principalmente.

Debido a la presencia de estos sólidos el chocolate fundido no se comporta exactamente como un líquido, si no que presenta cierta resistencia a fluir, lo cual se llama Viscosidad.

El grado de fluidez de éste dependerá de la facilidad de las partículas para moverse entre una y otra dentro de la fase líquida de la grasa. Un agente surfactante, como la lecitina, tendrá un efecto notorio facilitando que fluya el chocolate.

Se busca una reducción de la viscosidad de éste con objeto de hacer posible el moldeado, ya que de otra manera no fluiría para extenderse en el molde.

Normalmente, el chocolate tiene un porcentaje de humedad entre 0.5-1.5% . Si se adiciona una pequeñísima cantidad de agua, la viscosidad se verá significativamente incrementada.

Si esta agua se agregara a la grasa sola, este efecto no se percibiría, sin embargo, en el chocolate la viscosidad aumenta debido a la presencia del azúcar. La humedad que hay en la superficie de las partículas de azúcar hace que aumente la fricción entre ellas. Esto se presenta como una mayor resistencia al movimiento , que se traduce en un incremento de las viscosidad.

Cuando se agrega la lecitina, los grupos hidrofílicos se enlazan con las moléculas de agua haciendo que la fricción entre las partículas disminuya y por lo tanto la viscosidad.

La lecitina tiene la particularidad de que disminuye la viscosidad a medida que aumenta su concentración pero sólo hasta un punto determinado. Una vez alcanzado éste la viscosidad comienza a subir nuevamente (Fig.39).

Cualquier desviación del punto óptimo de concentración de lecitina significará un agregado mayor de manteca de cacao para ajustar la viscosidad.

De aquí, que sea necesario pesar siempre la cantidad de ésta requerida por la fórmula, con objeto de no introducir más variables que resulten en una exigencia mayor de manteca de ajuste. Antes de agregar la lecitina a la pasta, es necesario disolverla previamente en un poco de manteca de cacao.

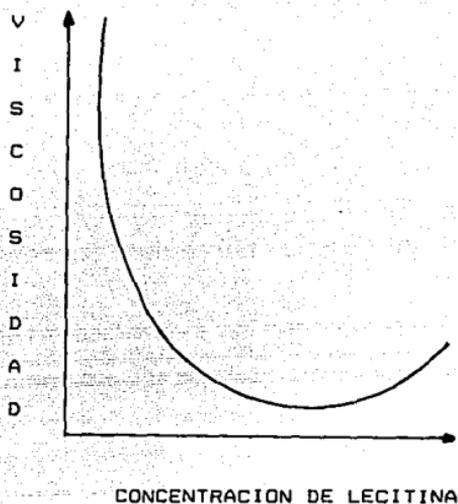


FIG.39.-CURVA DE EFICIENCIA DE LA LECITINA

Es necesario estar concientes de que la lecitina pierde su eficiencia con la acción mecánica y con la temperatura. Cuando el producto se somete al proceso de conchado con toda la cantidad de lecitina requerida por la fórmula, el efecto de reducción de viscosidad no será tan eficiente, como si se agregara casi al final del proceso, que es cuando se necesita que el chocolate fluya pa-

ra moldearse. Por consiguiente, siempre resulta ventajoso adicionarla en dos etapas, dividiendola entre el refinado y el conchado.

Se envasa en tambores metálicos. Su aspecto es el de una masa viscosa amarillenta casi café.

Cuando se abre un tambor para extraer gradualmente el producto es necesario volverlo a tapar herméticamente con objeto de evitar contaminación por polvo, insectos, etc., y para no deteriorar la efectividad debido a que se haya saturado con humedad del ambiente.

Todos los ingredientes mencionados anteriormente se incorporan perfectamente en diversos tipos de maquinarias. Una alternativa es un mezclador de alta velocidad que maneja cargas menores de 2500 lb, y que completa el mezclado en sólo 4 ó 5 minutos.

La mayoría de las fábricas emplean un tipo de mezcladores que consta de dos pesados rulos generalmente elaborados de granito. Estos giran con movimiento rotatorio sobre un recipiente de gran volumen que contiene la pasta de chocolate.

Actualmente el mezclado se realiza en forma continua por medio de un agitador helicoidal, que es una especie de tornillo sinfin, en el que unos alimentadores continuos proporcionan los ingredientes en las cantidades formuladas. La ventaja de éstos es que además de mezclar hacen a la vez la función de transportar la pasta de chocolate hacia el siguiente paso que es el refinado.

En esta etapa la pasta de chocolate se encuentra con un contenido graso de 25 y 30% . Esto dependerá del tipo de producto a elaborar, en el ramo inferior están todos los chocolates relativamente burdos y los recubrimientos para confitería, recubrimientos de helados y chocolate de leche. En el rango superior están los productos muy suaves y aquellos con un contenido relativamente alto de licor o sólidos de cacao.

Una vez que la pasta esta bien mezclada tiene que pasar al proceso de refinamiento (109)(110)(111).

III.- REFINADO

Su objetivo principal es el de reducir el tamaño de partícula de los ingredientes a la dimensión que se requiera, según las especificaciones del producto a elaborar.

Esta operación es muy sencilla, pero debe obtenerse el tamaño de partícula deseado. Es muy importante esta operación ya que proporcionará al chocolate una suavidad muy deseada, evitando así la textura arenosa propia de la pasta no refinada.

Los tamaños de partícula mayores darán mejores resultados en algunos productos que en otros. Sin embargo, numerosas investigaciones en este campo han demostrado que partículas cuyo tamaño sea menor de 25 micras (0.0010 in.) darán una textura pegajosa y viscosa, particularmente en leche de chocolate.

Cada ingrediente de la pasta contribuye en forma diferente en la textura, los cristales de azúcar dan la sensación arenosa, aún cuando se encuentran dispersos, las partículas de cocoa dan

la sensación de aspereza, mientras que los agregados de leche dan una suavidad en el paladar.

Para lograr la finura en las partículas se emplean unas máquinas llamadas "refinadoras". Generalmente, están formadas de 5 cilindros ligeramente convexos, de una aleación especial de acero, fijados uno arriba del otro y girando en una secuencia alternamente (Fig.40).

Estos son ajustables a la presión requerida para el tamaño de partícula que se desee.

Actualmente, las nuevas refinadoras tienen un moderno sistema hidroneumático de mando, que tiene dos características principales:

a).- La presión de los cilindros se obtiene mediante multiplicadores hidroneumáticos en los que la presión del aire suministrada por un pequeño compresor, provoca una proporcional presión de aceite que es transmitida a los soportes de los cilindros.

b).- Las parejas de cilindros están conectadas de tal modo que, modificando la presión en cada uno de éstos, no se interfluencia absolutamente entre las otras.

De esta manera es posible regular cada pareja de cilindros de modo totalmente autónomo, obteniendo así una refinación gradual y uniforme del producto. Desde el primero hasta el último cilindro, la velocidad de rotación aumenta progresivamente, de modo que además del efecto de aplastamiento, se

obtiene un efecto de estiramiento; además, la diferente velocidad de rotación asegura el paso del producto desde cilindro más lento al más rápido.

La pasta que se alimenta en la tolva va haciéndose más fina conforme pasa a los siguientes cilindros. En cada uno se forma una delgada capa de pasta que sigue el trayecto que se muestra en la figura 41.

Esta película es raspada en el último cilindro por medio de una cuchilla.

Al salir de la refinadora tiene una apariencia más seca que antes de refinarla. Esto es debido a que la manteca de cacao es absorbida aún más por los sólidos de la pasta, ya que aumenta la superficie de contacto.

La fricción causada por los cilindros hace que aumente la temperatura, la cual no debe subir a más de 30°C, de lo contrario se fundiría la manteca haciendo que ésta quedara adherida en los cilindros, causando problemas. Por lo tanto los cilindros de acero son huecos y por su interior circula agua de enfriamiento que garantiza la temperatura preestablecida.

Las refinadoras nunca deben de trabajar sin producto ya que se corre el riesgo de aumentar el desgaste de los cilindros.

Cuando se observa que la película formada en los cilindros no es homogénea y que se acumula sólo en una parte, será preciso regular la presión entre los cilindros; cuando en cambio se notan algunos puntos no recubiertos de chocolate, hay que observar entonces la circulación del agua de enfriamiento, porque tal fe-

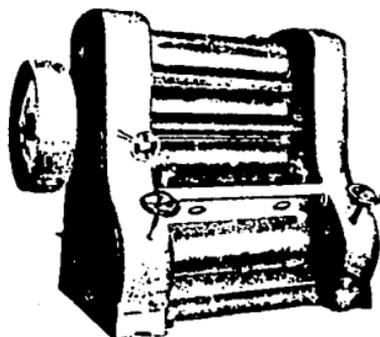


FIG. 40.-DIAGRAMA DE UNA REFINADORA

Fuente: CARLE Y MONTANARI (112).

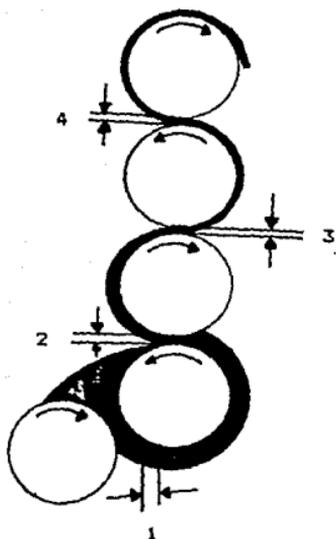


FIG. 41.-TRAYECTO DE LA PASTA DE CHOCOLATE

Fuente: CARLE Y MONTANARI (113).

nómeno es señal de refrigeración excesiva. Es importante vigilar el amperómetro de la máquina para evitar la sobrecarga, observar el perfecto desprendimiento de las masa del último cilindro por la cuchilla; y finalmente cualquier manipulación sobre los cilindros deberá efectuarse únicamente con instrumentos de madera, nunca metálicos (83)(112)(113).

ESTUFADO.- Antiguamente, después del proceso de refinado el producto se sometía a un "estufado" que consistía en poner el producto en recipientes de chapa estañada y calentarlos a temperaturas que podían variar entre 40 y 60°C. Este calentamiento podía realizarse en las llamadas estufas o bien en cámaras equipadas para mantener ésta temperatura.

Este proceso duraba 24 horas y tenía el objeto de que además de procurar untuosidad al chocolate se redujera la adición de manteca de cacao, ya que la temperatura mejoraba la apariencia de las pastas muy secas, además de que ayudaba a desarrollar el sabor.

Sin embargo, con el avance de la tecnología, este paso ya no se realiza en las fábricas modernas, debido a que las conchas que actualmente se emplean dan éstos y mejores resultados a la pasta.

IV.- CONCHAJE

El conchado es una de las operaciones más importantes en la fabricación de chocolate, de la que depende en gran parte la calidad del producto, tanto desde el punto de vista de su aroma ,

como en el de su textura. La calidad y precio del producto acabado son función de la duración del conchado.

Durante este proceso el chocolate adquiere esa delicieza y estructura aterciopelada que lo hacen tan agradable al paladar y donde se crean las condiciones favorables para el desarrollo de la plenitud del aroma.

Desempeña el papel más importante en la elaboración de chocolates "fondants", que deben su nombre al hecho de fundirse fácilmente en la boca. Este tipo de productos tienen una mayor proporción de manteca de cacao, en comparación con los productos comunes, y durante algún tiempo se pensó que la propiedad de fundirse rápidamente se debía a ésto. Sin embargo, estudios posteriores demostraron que una excesiva proporción de tal manteca, aún siendo de la mejor calidad, resultaba perjudicial para el sabor del chocolate y para la salud, y se llegó a la conclusión de que el carácter fundente es debido al trabajo del chocolate en la concha (115).

Aunque el empleo del conchaje del chocolate es de uso universal, y que además se reconoce que es necesario realizarlo para obtener productos de calidad, no se sabe a ciencia cierta el verdadero efecto técnico que produce, y existen opiniones muy dispares sobre la naturaleza de los procesos que se realizan en la concha.

Algunos afirman que el trabajo de la concha es esencialmente la reducción del tamaño de partícula de la pasta continuando así lo comenzado durante el refinado, además de que se produce la evaporación del agua y junto con ésta las partes volátiles de compuestos indeseables.

Siguiendo criterios fisicoquímicos, otro grupo de autores atribuyen especial importancia al amalgamado de las partículas sólidas con la manteca de cacao, o sea, a la creación de una especie de solución coloidal. Un efecto fácilmente constatable de tal amalgamación es el desprendimiento del sabor graso del chocolate después de un prolongado conchaje. La experiencia demuestra que tal efecto se logra aún más tras la adición de 0.2 - 0.3% de lecitina.

De ésto se puede asegurar que el conchado no es una prolongación del refinado, ya que después de un conchado que varía entre 24 y 48 horas (conchas longitudinales), las partículas no han cambiado en tamaño, lo que es posible comprobar si se examinarán al microscopio. La apariencia de la pasta ha cambiado después de este proceso ya que se observa una pasta aterciopelada, pero el tamaño de partícula sigue siendo el mismo que se obtuvo durante el refinado.

La experiencia demuestra que una adición de agua a la masa de chocolate en la concha causa un aumento de la viscosidad. Por el contrario, la progresiva fluidificación de ésta a una temperatura constante, como se observa durante el conchaje, indica que

la gradual dispersión del agua (presente desde el principio en modesta cantidad) va efectivamente acompañada de una progresiva disminución de la viscosidad.

Otro efecto producido sería la eliminación del aire. Es evidente que el aire absorbido por partículas sólidas viene a formar un cojín alrededor de éstas que impide la adherencia de la manteca de cacao. El prolongado conchaje hace que tal cojín sea gradualmente sustituido por una capa adherente de manteca, con el resultado de que las partículas sólidas revestidas de tal capa ya no están en condiciones de producir la primitiva sensación de rudeza al paladar.

En resumen se puede decir que el objetivo del conchaje es:

- 1.- Eliminación de la humedad y sustancias volátiles indeseables.
- 2.- Eliminación del aire adherido a las partículas sólidas y su íntimo contacto con la manteca de cacao.
- 3.- Completar la disgregación de las partículas sólidas para que se dispersen uniformemente en la manteca de cacao.
- 4.- Posiblemente la transformación por oxidación de sustancias astringentes.

Generalmente, la temperatura de la concha no acostumbra a exceder de 60-80°C, y se mantiene habitualmente a 70°C. Tal temperatura asegura una perfecta fluidéz de la manteca, una buena evaporación del agua y de las sustancias volátiles, sin causar, por otra parte, la formación de desagradables sabores de quemado, que con temperaturas más altas sería inevitable.

Antiguamente, el proceso se realizaba en conchas longitudinales, y que todavía en muchas fábricas se emplean, ya que es el método tradicional. Estas consisten de una tina de granito en forma de rectángulo, calentada a baño maria a la temperatura deseada, en la que la masa se trabaja durante 24-48 horas más el movimiento de "va y ven" de un rulo de granito. El principal inconveniente, es su escasa capacidad y su lentitud. Además, en los ángulos de la tina se acumula pasta que debe devolverse periódicamente al centro mediante una espátula.

En estas conchas la pasta tenía que ser alimentada en el estado casi fluido y por consiguiente se empleaba mayor cantidad de manteca de cacao.

Actualmente, se han introducido las modernas conchas rotativas (Fig.42). Estas tienen un mecanismo de funcionamiento totalmente diferente al de la concha tradicional, sin embargo, los resultados son aún mejores.

Tienen una forma casi cuadrada y por tanto el espacio que ocupan es muchísimo menor.

Estas constituidas por una cuba o tina exterior en donde se carga el chocolate; ésta tiene una doble pared y tiene 4 grupos de agitadores provistos de palas que giran en forma rotatoria sobre su propio eje y además alrededor de toda la tina. Además posee una cóclea central, que es una especie de espiral que hace que la pasta que está en el fondo de la tina se traslade hasta la cuba central la cual está en forma concéntrica en la parte superior de la cóclea y equipada con unos rodillos cónicos que giran con mo -

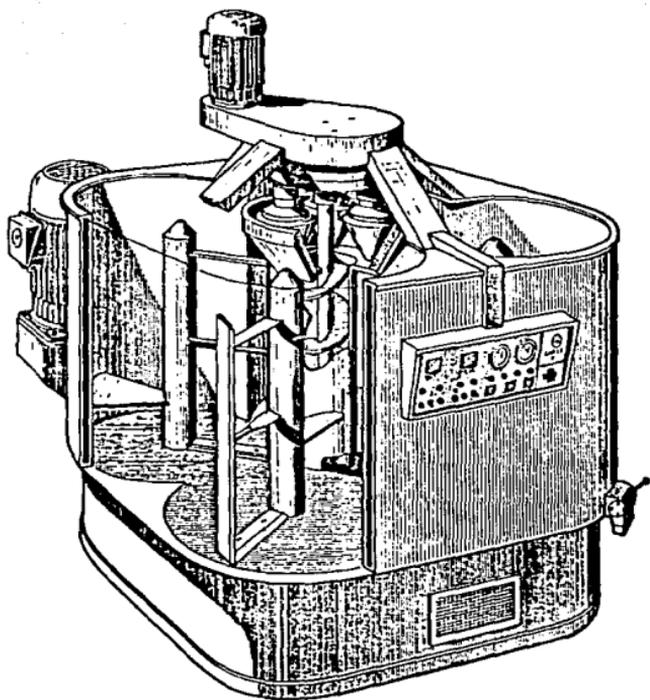


FIG.42.- CONCHA ROTATIVA

Fuente: CARLE Y MONTANARI (116).

vimiento planetario, también se le llama cuba interior.

Fué diseñada para realizar el novedoso conchaje en seco , que tiene las siguientes ventajas:

- a).- Considerable ahorro de manteca de cacao
- b).- Mejora de la viscosidad del producto final
- c).- Mayor reducción de la humedad
- d).- Ahorro de tiempo de conchado que se tiene con las conchas longitudinales
- e).- Obtención de excelentes propiedades organolépticas del producto

El ciclo de elaboración en ésta se verifica en tres fases distintas:

- 1.- Preconchado en seco.- en el que se comienza la eliminación de la humedad y de los productos volátiles.
- 2.- Conchaje plástico.- en donde se eliminan los aglomerados de la pasta.
- 3.- Conchaje final.- se obtiene la viscosidad deseada y se complementa el desarrollo de aromas

En la cuba exterior, se carga el producto seco procedente de las refinadoras hasta el llenado total de la misma. Aquí, se somete a la intensa acción de palas y agitadores, cuyo movimiento combinado provoca el roce entre las partículas. Así se desarrolla el calor y la masa de chocolate pierde rápidamente la humedad primitiva, liberándose con ella los ácidos volátiles indeseados. Aquí termina el conchaje en seco.

Ya que la masa ha alcanzado cierta consistencia plástica, es conducida con una adición mínima de manteca de cacao o lecitina a la cuba interior en la que se verifican ulteriores operaciones. A partir de éste momento, pasa un ciclo continuo desde la cuba interior a la cuba exterior.

Durante el conchaje en seco se forman aglomerados de partículas extremadamente compactos y difíciles de disgregar una vez que la pasta se ha vuelto líquida. En este paso atiguamente se tenía que "licuar" la pasta de chocolate en otras máquinas para destruir los grumos, lo cual se evita actualmente con estas conchas, en las que la pasta todavía no líquida, es sometida a la acción de los rodillos cónicos en la cuba interior. Su consistencia es la ideal para conseguir el mayor rendimiento de la acción de estiramiento y de roce por éstos desarrollada, que permite una rigurosa disgregación de los aglomerados, con el consiguiente aumento de sabor. A este efecto se le ha denominado por los fabricantes de estas máquinas "Efecto Longitudinal", porque la cuba de granito y los rodillos son, a fin de cuentas, la versión circular de la concha longitudinal, y reproducen la acción típica de la misma.

Otra ventaja, es el retardo de la adición de lecitina y de la manteca final, que permite que la acción de los rodillos surta ulteriores efectos; los mismos exprimen la manteca contenida en las partículas, con lo que resulta que la masa esté mejor lubricada y disminuida su humedad residual. Además el agregar la lecitina al final del conchaje, evita la acción emulsionante de

la misma con la humedad presente, en medida notable en la masa al inicio de la operación. El resultado es que la viscosidad alcanza niveles óptimos. Al final del procedimiento, se añade la cantidad principal de manteca para darle al chocolate su " toque final ".

De esta manera se obtiene el característico sabor aterciopelado, y el fabricante , aún respetando las más severas leyes de la economía, consigue mantener inalterada la calidad de su producto.

Todo el proceso se logra alrededor de 10 a 12 horas (83) (116) (117) (118) (119).

Ya que la pasta ha terminado su conchado es necesario someterla al proceso de templado.

V.- TEMPLADO O TEMPERADO

Su objetivo es el de mantener la pasta de cacao a una temperatura tal que esté fluida, evitando la sobrefusión. Es decir, la pasta ya conchada sale a una temperatura de 60 y 70°C y entonces es necesario bajarla lentamente a un punto vecino al cual comienza a endurecerse, que es entre los 28 y 31°C. Con esto se logra una perfecta cristalización de la manteca de cacao, lo que dará como resultado en el producto moldeado características muy deseables tales como color agradable, uniforme y brillante.

La brillantez se logra realizando adecuadamente el templado, que es un proceso muy sencillo pero requiere de práctica, ya que es necesario vigilar la temperatura, que es el secreto de este proceso.

Un mal temperado del chocolate dará como consecuencia un efecto conocido como "bloom" (florescimiento) de la manteca, la que, al no cristalizar en formas polimórficas estables producirá en las tabletas de chocolate eflorescencias blanquesinas que dan un aspecto opaco en la superficie de éste.

En fábricas pequeñas, se efectúa en recipientes al baño maria. En cambio las grandes compañías bombean la pasta desde la concha a unos tanques cuya capacidad es variable (80 - 270 kg.) y que contienen un recipiente de acero, con un eficaz intersticio entre su doble pared en cuyo fondo se encuentra un serpentín especial perforado que garantiza la racional distribución y circulación del agua fría y caliente. Este recipiente es torneado y rectificado en su interior y contiene un agitador especial, provisto de hojas para raspar perfectamente las superficies interiores. Dos termómetros indican la temperatura de la pasta y la del agua que circula por el intersticio (83)(120).

La pasta de chocolate ya temperada se encuentra lista para el moldeo.

VI.- MOLDEO

Es la operación de poner el chocolate templado en moldes de tabletas o en las variadas formas de chocolates de fantasía. Los moldes empleados son de hierro estañado, actualmente plásticos. Estos deben de encontrarse a la misma temperatura que tiene el chocolate temperado, a fin de que no se produzcan manchas en las piezas terminadas y para que éstas presenten una

fractura de aspecto agradable. Esta temperatura varia entre 28 y 33°C para las piezas pequeñas, debiendo ser inferior para las grandes; 27-31°C; y deberán ser más altas en el invierno que en el verano.

Los moldes ya rellenos pasan por unos vibradores para eliminar todo el aire atrapado durante el llenado, además de que se asegura una buena repartición de la pasta. Después, pasan a un tunel frigorífico mantenido a una temperatura de 7°C aproximadamente, con lo que se asegura la consolidación del chocolate. Al enfriarse, se contrae, lo que facilita el desmoldeo. La salida del tunel se hace en una estancia mantenida a 14-15°C donde tiene lugar el desmoldeo y el embalaje, para después salir a la venta.

Los productos pequeños en tabletas, se consumen directamente. Si el moldeo se efectuó en charolas de 5 kg., el producto recibe el nombre de marquetas. Estas son empleadas para los productos de pastelería o confitería como cobertura, para lo que es necesario volverla a fundir y así cubrir lo que se desea, a esto se le llama trampado.

VII.- DESMOLDEO

Cuando el moldeo se efectúa a mano, puede dejarse enfriar el chocolate al aire libre. Por el contrario, si se realizó a máquina, hay que provocar su enfriamiento por métodos artificiales, en caso de resultar insuficiente el tunel de enfriamiento.

El chocolate se desprende por si solo generalmente, y cuando no, basta para ello darle unas sacudidas. Lo que no hay que hacer de ningún modo es golpear el molde, pues se destrozaría la pieza (88).

VIII.- EMPAQUE

Todo producto de chocolate debe ser empacado para conservarlo aún más del medio ambiente y lograr que sus propiedades se conserven por más tiempo.

Según el producto, será el tipo de empaque que se utilice, así como, también dependerá del gasto que los productores deseen hacer. Sin embargo, existen materiales de empaque de uso más común (Cuadro 11).

3.3.- ALMACENAMIENTO

Es el paso previo por el que pasa el chocolate antes de salir a la venta. Aquí, es donde se deben mantener las características de éste que se lograron con todos los procesos previos, motivo por el que resulta de suma importancia.

Algunos defectos que se presentan en el producto terminado, pueden acelerarse sino se tienen las condiciones óptimas de almacenamiento.

Cada tipo, requerirá de determinadas condiciones, sin embargo, se recomienda un lugar limpio, libre de aromas extraños, con una temperatura de bulbo seco de 10°C y una humedad relativa de 50%. (33).

CUADRO 11

PRINCIPALES MATERIALES DE EMPAQUE

MATERIAL	USOS	COMENTARIOS
1. Hoja aluminio/con plástico termosealable	Impermeable a la humedad Proteje al producto de los insectos	Baja permeabilidad de vapor de agua pero frágil. Buena barrera contra olores
2. Hoja de aluminio/ encerado	No requiere calor para sellarse	Empleado para climas cálidos. Previene el escurrecimiento de la grasa hacia el exterior. Proteje bien contra olores.
3. Hoja de aluminio/papel/poliétileno ó Papel/aluminio/poliétileno	Empaque muy resistente empleado para productos muy higroscópicos	Buena barrera contra olores.
4. Papel/PVC/Poliétileno	Similar al empaque # 3 pero más barato	Proteje bien contra aromas

Fuente : CHARALAMBOUS, George (33)

3.4.- DIFERENTES PRODUCTOS DEL CACAO

Se ha observado durante el desglosamiento del proceso del chocolate que se pueden obtener diferentes productos del cacao tales como:

- 1.- Productos semielaborados destinados a otras industrias.-
pasta de cacao utilizada en chocolatería, repostería,
pastelería, etc.
- 2.- Cacao en polvo.- (Cocoa).- destinada a diversas industrias alimentarias de productos azucarados.
- 3.- Manteca de Cacao.- utilizada en confitería, chocolatería, perfumería, farmacia, etc.
- 4.- Productos elaborados destinados directamente al consumo
- 5.- Chocolate en tabletas.- empleados para cocer, fundir, etc
- 6.- Confitura de chocolate (121).

3.5.-PRINCIPALES TIPOS DE CHOCOLATE

Existe una gran variedad de éstos, sin embargo, los más importantes son los siguientes:

A.-CHOCOLATE FONDANT

Este tipo posiblemente sea el que mayor venta tiene. Es obtenido por la mezcla de azúcar, manteca de cacao y licor de chocolate, de tal modo que 100g del producto contengan a lo más 52g de azúcar y como mínimo 48g de licor de chocolate y manteca de cacao, de los cuales por lo menos 32g son de manteca de cacao.

En esta clase sólo se emplean cacao dulces como: Santo Tomé, Caracas, Arriba, Ceylán, Java, Borbon. La pasta debe ser molida muy finamente y en dos tiempos. Primero se pasa por los rodillos y se coloca en una cámara durante 24 horas a 50°C. Al día siguiente se pasa a su refinación. Luego se conchea alrededor de 8 horas a 60°C para conseguir el esponjado de un buen chocolate. Su característica : consistencia aterciopelada y delicado aroma. Este se emplea principalmente como relleno de otros productos.

B.- CHOCOLATE CON LECHE

Esta golosina fué creada en Suiza. El mayor impulso de éste tuvo lugar con la aparición de la leche en polvo, porque se consiguió incorporar una cantidad mucho mayor, haciendose más sencillo el proceso. Con los molinos de tres y más rodillos se consigue una pasta de finura perfecta y muy agradable al paladar.

Actualmente hay dos formas de preparar el chocolate con leche:

- 1.- con leche en polvo
- 2.- con leche concentrada

La leche en polvo dá mejores productos que la concentrada.

Para la fabricación del chocolate con leche en polvo el sistema de amasado es el mismo que para los otros chocolates. Para la manufactura de chocolate con leche concentrada se requiere el empleo de amasadoras (al vacío de preferencia) en las que la leche , que se presenta en forma de trocitos, se pone a calentar para eliminar la humedad junto con el azúcar.

Después se pasa al refinado y se empieza a conchar a 60°C, hasta descender ésta a 45°C.

De este tipo de chocolate existen una infinidad de variedades ya que pueden adicionarse: frutas, almendras, nueces, miel, cereales, etc., lo que dependerá del ingenio del fabricante. (123) (124).

C.-CHOCOLATE EN POLVO

Es obtenido por la pulverización de los panes de cacao, que quedan de las prensas hidráulicas cuando se extrae la manteca de cacao, mezclado con azúcar (finamente molida), leche en polvo, y en algunas variedades, especias como canela y vainilla.

Estos productos se usan para el chocolate en taza, porque su preparación es rápida y sencilla (57).

D.- CHOCOLATE PARA CUBRIR O COBERTURA DE CHOCOLATE

Las coberturas son de chocolate menos dulce y mucho más fluido que el de tabletas, enriquecido con grasas apropiadas. Estas y la proporción en que se incorporan, determinan la calidad y el uso del producto. La cobertura constituye en sí un cuerpo sólido total (carente de humedad) y, aunque en su mayor parte está integrada por sólidos de cacao y azúcar, también suelen entrar en su composición, otros sólidos de fácil asimilación que le proporcionan sabor y características propias, tales como la leche (en polvo y condensada), los frutos secos y las grasas (vegetales o lecitina, ésta última en dosis pequeña).

La inclusión de estos elementos en la composición de la cobertura es optativa, siempre dentro de márgenes que no desvirtúen el sabor propio que el cacao confiere a éste producto. Las proporciones también pueden variar, si bien es cierto que siempre están condicionadas a la aplicación final o al empleo a que se destine el producto.

Una buena cobertura no debe contener menos del 30% de sólidos grasos de cacao (manteca de cacao), el 30% de sólidos no grasos de cacao (cacao puro) y un máximo de 40% de azúcar. Las empleadas para bañar los sólidos grasos, deben alcanzar el 40%. Según el tipo de ésta, será la cantidad de manteca de cacao agregada, para así, obtener una fluidez apropiada, ya que por lo general las coberturas no alcanzan los porcentajes de grasa necesarios.

En otros tipos, como las de leche y las blancas (con o sin frutos secos, tostados o crudos), los sólidos añadidos se sustituyen parcial o totalmente por sólidos de cacao puro (como es el caso de la cobertura blanca), y esta acción debe contrarrestarse aumentando el porcentaje de sólidos grasos de cacao; de esta forma, estos tipos de cobertura no pierden propiedades en cuanto al gusto a cacao, ni fluidez.

Aunque, el empleo de lecitina puede disminuir el porcentaje de grasa requerida en la composición de las coberturas, ésta no debe utilizarse como sustituto, sino simplemente como emulsionante del conjunto de sólidos grasos y no grasos. En las proporciones correctas es útil y beneficiosa para cualquier tipo

de cobertura, pues favorece la homogenización. La adición de azúcar quemado o de color grana en las cantidades adecuadas también es beneficiosa pues acentúa el color del producto.

La característica de la cobertura, desde el punto de vista del trabajo que posteriormente se realiza con ella, es la de su rápida fusión y posterior solidificación sobre los centros a bañar, adquiriendo dureza y brillo. Ello se consigue sometiéndola a tratamientos adecuados a base de frío, calor y trabajo por frotación agitada.

Tiene que ser fundida a temperaturas menores de 65°C, sobre todo si se trata de coberturas que contienen sólidos ajenos al cacao, como la cobertura de leche, y muy especialmente, la cobertura blanca. Estas últimas, si se someten a temperaturas elevadas (por encima de los 50°C), se granulan, haciendo muy difícil la posterior disolución de los grumos.

A continuación hay que bajar la temperatura y simultáneamente ir trabajando el producto, para que los sólidos grasos, más ligeros que los restantes, no suban a la superficie y queden perfectamente mezclados con los sólidos restantes.

Los principales defectos y causas que presenta la cobertura al solidificarse son :

- Puntos blancos en la superficie.- la cobertura ha sido suficientemente trabajada, pero su temperatura es demasiado alta.

- Vetas blancas en la superficie.- la temperatura es la correcta pero el trabajo fué insuficiente.

- Superficie blanquesina.- excesiva temperatura e insuficiente trabajo (121) (125) (126).

4.-CONTROL DE CALIDAD EN PRODUCTO TERMINADO Y DERIVADOS

Una vez que el chocolate, sea cual fuera su presentación, ha completado su proceso de elaboración, debe de cumplir ciertas especificaciones que deben verificarse. Si la manufactura del producto se ha vigilado cuidadosamente durante cada uno de los pasos del proceso y además de un estricto control de la materia prima, la inspección del producto terminado no se haría tan necesaria, o bien sería, menos estricta. Lo más adecuado y recomendable sería que el rechazo de algún lote de producto terminado se presentara con nivel de repetibilidad muy bajo. Esto es de tomarse en cuenta ya que al producirse un rechazo el encargado del Departamento de Control de Calidad se encuentra ante la decisión de la posible recuperación de el producto por reproceso, lo cual indica un gasto mayor, o bien si hay que destruirlo.

Sin embargo, no siempre los resultados que uno espera son los óptimos. Aún en las mejores fábricas con los trabajadores más conscientes ocurren problemas ocasionalmente. Por tal, motivo la inspección del producto terminado es necesaria para asicorrobar y verificar las operaciones previas. Aquí, es donde se presenta el problema para cada fábrica, debido a que se debe decidir cuál será el nivel de inspección que se aplicará al producto.

De cualquier forma existen algunos puntos que son importantes dentro del chequeo del producto terminado y que son en general para cualquier tipo de chocolate:

1.- Sabor.- por supuesto el más importante de los parámetros a medir y el cual estará dictaminado por muchos factores que se han ido mencionando en capítulos anteriores.

2.- Peso.- en cualquier la presentación existen tolerancias hacia arriba y hacia abajo que son permitidas.

3.- Apariencia.- es la tarjeta de presentación del producto. Debe recordarse que solamente un muestreo cercano al 100 % puede eliminar todo riesgo, de ahí que deba decidirse la incidencia del mismo (127) (128).

4.1.- CONTROL DE SABOR

Dentro de la industria alimentaria, se ha tenido un gran auge con el empleo de La Evaluación Sensorial, que como su nombre lo indica son pruebas que se realizan al producto empleando los sentidos humanos. Estas pruebas representan las apreciaciones humanas, siendo así un método de vital importancia para medir parámetros que son imposibles de obtener por algún instrumento y que como ejemplo está la medición del sabor. Existen aparatos muy sofisticados que pueden dar una evaluación del producto en cuanto a los constituyentes que intervienen a crear el sabor, sin embargo, este tipo de mediciones nos dá información de tipo fisicoquímico más no de tipo sensorial.

A pesar de tener sus limitaciones, dan muy buenos resultados, siempre y cuando las pruebas y la metodología del análisis se realicen adecuadamente.

Para la realización de cualquier análisis sensorial es necesario, aparte de la infraestructura, la presencia de jueces, los cuales serán encargados de las degustaciones (129).

La información que se obtiene es de dos tipos:

- a).- Analítica
- b).- Afectiva

A.-INFORMACION ANALITICA.- Se utiliza para saber acerca de las características del producto, de la misma forma que un análisis instrumental. Los sujetos equivalen a los instrumentos y no se consideran sus gustos, disgustos u opiniones del producto. Los jueces no son representativos del consumidor y realizan pruebas de tipo analítico, que se clasifican en:

- 1.- Discriminativas.- para determinar diferencias
- 2.- Cuantitativas.- para estimar la magnitud de la diferencia
- 3.- Descriptivas.- para identificar las características
- 4.- Calidad.- con fines de control de calidad.

Para obtener esta información es necesario contar con jueces que han pasado por un proceso de entrenamiento, en donde se les ha mostrado las características que deben medir. Estos deben reconocer y comprender el significado de cada uno de los términos

empleados (dulce, amargo, astringente, cremoso, etc.), así como, la intensidad de cada atributo, de acuerdo con la escala utilizada.

B.-INFORMACION AFECTIVA.- Se utiliza para obtener información acerca del individuo (del consumidor real), los que son escogidos sobre bases muy diferentes de su capacidad discriminadora, por ejemplo edad, sexo, nivel socioeconómico, usuarios del producto, etc. Las respuestas están encaminadas a determinar la preferencia de un producto sobre otro o bien para estimar el nivel de agrado. Las conclusiones que se obtengan de éstas, serán extrapolables a la población de individuos de donde fué tomada la muestra. Las pruebas que pueden emplearse en este caso son:

- 1.- Preferencia.- comparación de pares y ordenamiento.
- 2.- Hedónicas.- nivel de agrado
- 3.- Uso prolongado

Estas son conducidas en localidades centrales o en los hogares de los consumidores y no en laboratorios, como las pruebas de tipo analítico. En ocasiones muy especiales, se realizan dentro de la empresa pero sin perder su carácter afectivo.

Aparte de las pruebas que se emplean para realizar un análisis sensorial, es necesario un ambiente que favorezca la concentración y evite distracciones. El lugar de evaluación debe

tener de preferencia colores neutros y dividida por lo menos en dos partes; un sector de trabajo para preparar las pruebas y otro para realizar los exámenes. Si es posible, contar con cabinas o bien mesas con separaciones. En caso de que ésto no sea posible hay que evitar que los jueces se encuentren frente a frente durante la evaluación.

El local debe ser fácil de limpiar y ventilar, y estar libre de cualquier olor extraño, no debe haber ruidos ni existir otros factores que pudieran distraer la atención. La iluminación artificial, debe proporcionar luz diurna, pero también debe contarse con luz coloreada para poder determinar la influencia de color sobre las pruebas.

La degustación requiere de utensilios de características iguales, preferentemente de vidrio o plástico y en caso de emplear cubiertos usar de acero inoxidable. Ninguno de éstos debe dar a las pruebas un sabor extraño.

Cada examinador recibe su propia serie de pruebas que, tranquilamente en su sitio y sin ser molestado, puede degustar. Productos que normalmente se consumen en caliente deben ser degustados a temperaturas entre 55 y 60°C. La cantidad servida y el tiempo de espera deben controlarse, ya que influyen en la rapidez de enfriamiento.

Como reglamento a seguir para los degustadores se tienen los siguientes puntos:

- a.- No comer ni fumar 30 min. antes de la degustación
- b.- No usar cosméticos ni lociones

- c.- Lavarse las manos con jabón neutro
- d.- Evitar usar ropa contaminada con algún aroma
- e.- No lavarse dientes ni usar enjuagues 30 min. antes de la degustación
- f.- Tener conocimiento del objetivo de la evaluación
 - 1. Comprender la importancia de la participación individual
 - 2. Leer y comprender las instrucciones
 - 3. Registrar las operaciones según lo indicado

DURANTE LA EVALUACION

- g.- Puntualidad
- h.- Disponibilidad para evaluar
- i.- Del medio ambiente:
 - 1. Libre de aromas
 - 2. Evitar interferencias externas
 - 3. Respetar el orden de presentación
 - 4. Mantener el orden y la disciplina
 - 5. Seguir las consideraciones para la evaluación (130)

4.2.- CONTROL DE PESOS

El control de peso es una parte de esencial importancia en la producción de chocolates. Los dos puntos que se pueden considerar principalmente son:

- a.- Aspecto legal.- según el peso declarado en el envase o etiqueta.

b.- Mantener el peso dentro de la tolerancia de acuerdo al departamento de costos.

Para llevar a cabo este control, es necesario fijar el estándar, así como los límites mínimos y máximos. Se ha sugerido que se tome un número suficiente de muestras de diferentes lotes consecutivamente de la línea de producción y pesarlas. Con estos datos se calcula el peso promedio y posteriormente la desviación estándar, y con esto es posible fijar los límites de tolerancia.

Para poder realizar mejor este control se recomienda que los datos obtenidos de cada pesada se vayan graficando, así, se puede observar perfectamente bien como está comportándose el producto en este aspecto, localizando rápidamente cualquier variación del peso para así tomar las medidas necesarias y corregir cualquier incremento, manteniéndolo siempre dentro de los límites establecidos (131) (132).

4.3.- ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO FINAL

NORMAS OFICIALES MEXICANAS

Como se indicó anteriormente, el producto terminado debe cumplir con ciertas especificaciones, algunas de ellas son internas, es decir, que se elaboran en la compañía que fabrica el chocolate, y otras son externas. Sin embargo, las normas internas se basan o se apegan a las especificaciones que han sido elaboradas por organismos especializados tales como la Dirección General de Normas, Secretaría de Salubridad y Asistencia, etc.

Todas las compañías productoras de alimentos se comprometen a cumplir dichas normas desde el momento de registrar sus productos y solicitar el permiso de venta.

A continuación se darán los tipos de chocolates existentes, la definición de los mismos, así como las normas mexicanas que deben cumplir para ser considerados productos de buena calidad al alcance del público consumidor.

4.3.1.- Chocolate con leche y sus derivados

Para los efectos de esta norma se establecen las siguientes definiciones:

a.-Chocolate con leche y chocolate con leche descremada.-Productos de consistencia dura, textura fina y suave, cuyo color varia del castaño al más oscuro; elaborados con no menos del 12% de leche en polvo entera o descremada respectivamente y no menos del 20% de grasa de cacao total, azúcares, adicionados o no de cacao parcialmente desgrasado en polvo (cocoa), grasa butírica, aditivos para alimentos e ingredientes opcionales permitidos por la Secretaría de Salubridad y Asistencia tales como:

- 1.- Lecitina 1% máx.
- 2.- Aceites esenciales de las especias permitidas o esencias naturales o extractos u oleoresinas derivados de los mismos, dentro de los límites permitidos por esta institución.
- 3.- Saborizantes sintéticos dentro de los límites establecidos.

b.- Chocolate semiamargo con leche y chocolate semiamargo con leche descremada.- Productos alimenticios que cumplen en general con los requisitos señalados en el inciso "a" pero que en su composición contienen no menos del 15% de pasta de cacao, no menos del 12% de leche en polvo entera o descremada respectivamente y no menos del 20% de grasa de cacao total.

4.3.3.1.- Clasificación

De acuerdo con su composición, el producto objeto de esta norma se clasifica en 4 tipos:

- a.- Chocolate con leche
- b.- Chocolate con leche descremada
- c.- Chocolate semiamargo con leche
- d.- Chocolate semiamargo con leche descremada

4.3.3.2.- Especificaciones

El chocolate con leche en sus cuatro tipos, debe cumplir con las especificaciones que se indican a continuación:

A.- SENSORIALES

Aspecto.- consistencia dura, textura fina y suave, presentado en forma y tamaños variables

Color.- propio, característico, variable de castaño claro al más oscuro

Olor .- propio, característico del tipo de que se trate.

Sabor .- propio, característico del tipo de que se tra

te

B.- QUIMICAS

En los Cuadros 12 y 13 se presentan los valores máximos y mínimos de las especificaciones químicas.

C.- MICROBIOLÓGICAS

El chocolate con leche y sus variedades no deben contener m.o. patógenos, toxinas microbianas e inhibidores microbianos, incluyendo :

Cuenta de salmonella en 25gNegativa
Cuenta de Escherichia coli en 1g.....Negativa

D.- CONTAMINANTES QUÍMICOS

1.- Plaguicidas.- el producto objeto de esta norma no debe de contener residuos de plaguicidas en cantidades que puedan representar un riesgo para la salud. Los límites máximos para estos contaminantes, quedan sujetos a los que establezca la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

2.- Contaminantes metálicos.- el chocolate con leche y sus variedades no debe de exceder de los límites de contaminación metálicos que a continuación se mencionan:

Arsénico (As)	0.5	mg/kg	(ppm)	máx.
Cobre (Cu)	15	mg/kg	(ppm)	máx.
Plomo (Pb)	1	mg/kg	(ppm)	máx.

E.- BIOTOXINAS

Aflatoxinas	0.02	mg/kg	(ppm)	máx.
-------------	------	-------	-------	------

CUADRO 12

CHOCOLATE CON LECHE ENTERA Y DESCREMADA

	ENTERA		DESCREMADA	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.
	%	%	%	%
Humedad		2.00		2.00
Grasa total	23.00		20.12	
Grasa butírica	3.00		0.12	
Proteínas	4.68		5.64	
Cenizas		1.24		1.48
Fibra Cruda		0.42		0.42
Almidón		0.96		0.96
Reductores totales en glucosa		64.00		68.00
Reductores totales en sacarosa		57.63		61.23

NOTA.-

Los reductores totales en sacarosa, se calculan multiplicando el valor de reductores totales en glucosa por el factor 0.9005

CUADRO 14
CHOCOLATE SEMIAMARGO CON LECHE

	ENTERA		DESCREMADA	
	Min. %	Máx. %	Min. %	Máx %
Humedad		2.0		2.0
Grasa total	23.00		20.12	
Grasa butírica	3.00		0.12	
Proteínas	5.04		6.00	
Fibra cruda		0.52		0.52
Almidón		1.20		1.20
Reductores totales en glucosa		64.00		68.70
Reductores totales en sacarosa		57.00		60.78
Cenizas		1.34		1.58

NOTA.-

Los reductores totales en sacarosa, se calculan multiplicando el valor de reductores totales en glucosa por el factor 0.9005

F.- MATERIA EXTRAÑA OBJETABLE

El chocolate con leche y sus variedades no debe exceder de 60 fragmentos microscópicos de insectos en 100 g cuando son examinadas 6 submuestras de 100g o cuando alguna submuestra contenga 100 fragmentos de insectos. Un promedio de 1.5 pelos de roedor por cada 100g cuando se han examinado 6 submuestras de 100g o si cualquier submuestra contiene 4 pelos de roedor. La cáscara no debe exceder del 2% en masa, calculado en base a la cantidad de cacao, libre de alcalinidad (133).

4.3.2.- Chocolate para mesa

Para los efectos de esta norma, se entiende por chocolate para mesa, el producto obtenido por la torrificación, el descascaramiento, la trituration y la maceración del cacao "semilla Theobroma cacao", de la familia de las Malváceas, libre de impurezas, sano, de buena calidad, previamente seca y limpia o también de la previamente fermentada, con la adición de otras sustancias nutritivas, tales como sacarosa, huevo, manteca de cacao, etc, además de otras sustancias naturales o sintéticas no perjudiciales, tales como; vainilla, canela, etc. que ayudan a mejorar las propiedades gustativas, nutritivas y la estabilidad del producto.

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

Se considera como un alimento por su rico valor energético.

4.3.2.1.- Clasificación

Para los efectos de esta norma, el " Chocolate para mesa " se considerará de un sólo tipo con tres grados de calidad:

1.- Chocolate amargo

2.- Chocolate semi-amargo

3.- Chocolate dulce

4.3.2.2.- Especificaciones

a.- Chocolate amargo.- deberá contener como mínimo 50% de pasta de cacao (semilla limpia y de buena calidad, seca o fermentada, torrificada, descascarada, molida y sin desgrasar), 25% mínimo de grasa total proveniente del cacao, pudiendo contener también sacarosa y otras sustancias nutritivas, tales como huevo, etc., así mismo sustancias aromáticas naturales o sintéticas no perjudiciales como la vainilla, canela, etc (135).

b.- Chocolate semiamargo.- Deberá contener como mínimo 40% de pasta de cacao (semilla limpia y de buena calidad, seca o fermentada, torrificada, descascarada, molida y sin desgrasar), 20% mínimo de grasa total proveniente del cacao, pudiendo contener también sacarosa y otras sustancias nutritivas, tales como huevo, etc., así mismo como sustancias aromáticas naturales o sintéticas no perjudiciales como la vainilla, canela, etc.

c.- Chocolate dulce.- deberá contener como mínimo 30% de pasta de cacao, en las mismas condiciones que los anteriores, 15% mínimo de grasa total proveniente del cacao, pudiendo contener

también sacarosa y otras sustancias nutritivas, tales como huevo, etc., además de sustancias aromáticas naturales o sintéticas no perjudiciales como vainilla, canela, etc. (134).

La Cuadro 14 presenta las especificaciones de los tres tipos de chocolate para mesa.

CUADRO 14

ESPECIFICACIONES DEL CHOCOLATE PARA MESA

	AMARGO		SEMIAMARGO		DULCE	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
	%	%	%	%	%	%
Humedad		2.0		2.0		2.0
Grasa total del cacao	25.0		20.0		15.0	
Proteínas (N total)	7.25		5.8		4.5	
Fibra cruda		2.2		2.2		2.2
Cenizas totales	1.9	2.1	1.7	2.5	1.3	2.5
Almidón por diastasa		10.0		15.0		15.0
Reductores totales		40.0		50.0		55.0
Teobromina	0.45		0.36		0.27	

4.3.3.- Chocolate en polvo

Es un producto alimenticio elaborado por una mezcla de azúcar y cacao parcialmente desengrasado en polvo (cocoa), adicionado de ingredientes opcionales (extracto de malta, leche en polvo, huevo en polvo, sal yodatada, etc.) y aditivos para alimentos permitidos (lecitina al 1% máximo, almidón, saborizantes naturales o artificiales, etc.). El producto deberá tener un olor y sabor a chocolate y al saborizante adicionado, el color deberá ser característico de la composición del producto y su aspecto de polvo, aglomerado y granulado (133).

Las especificaciones del chocolate en polvo se muestran en el Cuadro 15.

CUADRO 15

ESPECIFICACIONES DEL CHOCOLATE EN POLVO

Humedad	4.0 % máx.
Cacao en polvo	15.0 % min.
Grasa	1.3 % min.
Reductores totales	85.0 % máx.
Solidos no grasos de cacao	13.0 % min.

4.3.4.- Cacao parcialmente desgrasado en polvo (cocoa)

El cacao parcialmente desgrasado en polvo o cacao es el pro-

ducto obtenido mediante la reducción a polvo del residuo resultante de desgrasar parcialmente en forma mecánica, la pasta o licor de cacao.

Para los efectos de esta norma se establecen las siguientes definiciones:

1.- Cacao parcialmente desgrasado en polvo (cocoa).- producto alimenticio que se presenta en forma de polvo de color propio de la variedad del cacao y de la técnica de proceso empleados, - elaborado mediante la molienda de la parte resultante de desgrasar parcialmente la pasta o licor de cacao.

2.- Cacao parcialmente desgrasado en polvo no tratado.- llamado también cocoa no tratada. Es el producto descrito anteriormente (número 1) que proviene del cacao lavado o fermentado, sin ningún tratamiento químico.

3.- Cacao parcialmente desgrasado en polvo tratado.- llamado también cocoa tratada. Es el producto descrito en el número 1 que proviene de cacao lavado o fermentado, tratado químicamente durante su proceso.

4.- Pasta o licor de cacao.- producto resultante de la molienda de las semillas del fruto de cacao (*Theobroma cacao* Lin) y sus variedades, sanas, limpias, libres de impurezas, desgerminadas o no, fermentadas o no, tostadas y descascarilladas.

4.3.4.1.- Clasificación

De acuerdo con el proceso que se utilice en su elaboración; el cacao parcialmente desgrasado en polvo (cocoa) se clasifica en dos tipos designándose como:

TIPO I.- Cacao parcialmente desgrasado en polvo no tartado.

TIPO II.-Cacao parcialmente desgrasado en polvo (cocoa tratada).

Los tipos I y II de acuerdo a su contenido de grasa se clasifican en:

a.- Cacao parcialmente desgrasado en polvo (cocoa) de contenido alto de grasa, tratado o no.

b.- Cacao parcialmente desgrasado en polvo (cocoa) de contenido medio de grasa, tratado o no.

c.- Cacao parcialmente desgrasado en polvo (cocoa) de contenido bajo de grasa, tratado o no.

4.3.4.2.- Especificaciones

El cacao parcialmente desgrasado en polvo (cocoa) en sus dos tipos y contenido de grasa debe cumplir con las siguientes especificaciones:

A.- SENSORIALES

Aspecto.- polvo fino

Color.- propio característico, del castaño claro al más oscuro

Olor.- propio característico

Sabor.- propio característico

B.- QUIMICAS

El Cuadro 16 muestra las especificaciones químicas del cacao en polvo.

C.- MICROBIOLÓGICAS

Cuenta de Salmonella en 25g.....Negativa

Cuenta de Escherichia coli en 1g.....Negativa

Hongos en 1g.....50 colonias

D.- CONTAMINANTES QUIMICOS

1.-Plaguicidas.- el producto objeto de esta norma no debe contener residuos de plaguicidas en cantidades que puedan representar un riesgo para la salud. Los límites máximos para estos contaminantes quedan sujetos a los que establezca la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

2.- Contaminantes metálicos.- la cocoa no deberá exceder los límites siguientes:

Arsénico (As)	1.0 mg/kg	(ppm)	máx.
Cobre (Cu)	50.0 mg/kg	(ppm)	máx.
Plomo (Pb)	2.0 mg/kg	(ppm)	máx.

E.- BIOTOXINAS

Aflatoxinas	0.02 mg/kg	máx
-------------	------------	-----

F.- MATERIA EXTRAÑA OBJETABLE

No debe de exceder:

- Un promedio de 75 fragmentos microscópicos de insectos por cada 50g cuando se hayan examinado 6 submuestras de 50g o si cualquier submuestra contiene 5 pelos de roedor.

- No debe contener excretas de roedor

- La cáscara no debe exceder el 2% en masa, calculando en base a la masa de cacao, libre de alcalinidad.

G.- ADITIVOS

Se permite el empleo de los siguientes aditivos, previa autorización de la Secretaría de Salubridad y Asistencia:

- Carbonato ácido de sodio, potasio o amonio
- Carbonato de sodio, potasio o amonio
- Hidróxido de sodio, potasio o amonio
- Carbonato ú óxido de magnesio (136).

4.3.5.- Manteca de cacao

Para efectos de esta norma se tienen dos definiciones:

- MANTECA DE CACAO.- es el producto graso extraído de la pasta o licor, mediante la prensa hidráulica, expeler u otro procedimiento mecánico, con o sin ayuda de disolventes autorizados por la Secretaria de Salubridad y Asistencia. Es un producto constituido por la mezcla de glicéridos.

- LICOR DE CACAO.- es el producto que se prepara con las semillas de la planta de cacao (*Theobroma cacao* L y sus variedades) sanas, limpias, libres de impurezas, desgerminadas o no, fermentadas o no, secas, tostadas, descascarilladas y molidas.

4.3.5.1.- Clasificación

Para los efectos de esta norma la manteca de cacao de acuerdo al modo de extracción empleado se clasifica en tres tipos y un sólo grado de calidad:

- TIPO I.- Manteca de Cacao obtenida por presnsado
- TIPO II.- Manteca de Cacao obtenida por expeler
- TIPO III.- Manteca de Cacao obtenida por disolventes

CUADRO 16

ESPECIFICACIONES QUIMICAS DE LA COCOA

	CONTENIDO BAJO DE GRASA		CONTENIDO MEDIO DE GRASA	
	No tratada	tratada	No tratada	tratada
Humedad %máx	4.0	4.0	4.0	4.0
Grasa de cacao %	9 - 14	9 - 14	14.1-19.9	14.1-19.9
pH	5.0-6.5	6.6.-7.2	5.0-6.5	6.6-7-2
	CONTENIDO ALTO DE GRASA			
	No tratada		tratada	
	4.0		4.0	
Humedad %máx	20 min		20 min	
Grasa de cacao %	5.0 - 6.5		6.6 - 7.2	
pH				

4.3.3.2.- Especificaciones

La manteca de cacao en sus tres tipos y único grado de calidad, debe cumplir con las especificaciones que se indican a continuación:

A.- SENSORIALES

Aspecto.- cuerpo sólido característico

Color .- característico

Olor.- Agradable, característico del producto designado y exento de olores extraños.

Sabor.- suave , característico del producto designado y exento de sabores extraños.

B.- FÍSICAS Y QUÍMICAS

Las especificaciones químicas y físicas de la manteca de cacao son las que se presentan a continuación:

	Min.	Máx.
Indice de Refracción	1.4537	1.4590
Punto de fusión	30°C	35°C
Indice de iodo (Hanus)	33	43
Indice de Saponificación	188	198
Indice de acidez (como ác. oléico)	0.5	1.75

C.- MICROBIOLÓGICAS

La manteca de cacao no debe contener microorganismos patóge-

nos, toxinas microbianas, inhibidores microbianos ó sustancias tóxicas que puedan afectar la salud del consumidor o provocar deterioro del producto. Además de los microorganismos que se mencionan a continuación

Cuenta de Salmonella en 25g.....Negativa

Cuenta de Escherichia coli.....Negativa

D.- MATERIA EXTRAÑA OBJETABLE

La manteca de cacao no debe exceder las tolerancias de materia extraña objetable que se mencionan a continuación:

- Un promedio de 75 fragmentos microscópicos de insectos por cada 50g cuando se haya examinado 6 submuestras de 50g o si cualquier submuestra contiene 5 pelos de roedor.

- No debe contener excretas de roedor.

E.- CONTAMINANTES QUIMICOS

El producto objeto de esta norma no debe contener residuos de plaguicidas en cantidades que puedan representar un riesgo para la salud. Los límites máximos para estos contaminantes quedan sujetos a los que establezca la Secretaría de Salubridad y Asistencia y la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

F.- CONTAMINANTES METALICOS

La manteca de cacao no debe exceder los límites establecidos por las Secretarías de Salubridad y Asistencia

G.- DISOLVENTES DE EXTRACCION

Se permiten 5 mg/kg de hexano (335°K (62°C-335k (82°C))) como dosis máxima en el producto final (137).

4.4. ADULTERACIONES E IMPUREZAS EN EL CHOCOLATE

El chocolate es un de los productos alimenticios que es objeto de más falsificaciones, no todas ellas inofensivas, pues se dan casos en que el afán de lucro o la misma ignorancia de los falsificadores son causa de que se empleen sustancias venenosas (como el minio y el cinabrio) para dar a las mezclas, que tal vez no contengan nada de cacao, aspecto de chocolate. Debe tenerse en cuenta que se está hablando principalmente de los chocolates que se expendien en los comercios y no a los que pueden ser preparados con agua o con leche en forma de bebidas calientes, que sirven en los restaurantes, chocbaterías, etc. (139).

Generalmente, el consumidor es el que demanda ciertos productos con limitaciones en el precio, y es en este punto en que los productores deben complacer al público consumidor sacrificando en muchos casos la calidad del chocolate para lograr dicho objetivo (reducción del costo). Sin embargo, los fabricantes intentan ésto pero sin que ellos salgan perjudicados. Los más escrupulosos se atienen a las prescripciones legales en cada país respecto a las materias primas, los que son menos, hacen, a veces, mezclas que de chocolate tienen el nombre y aproximadamente el aspecto. Para conseguir mezclas baratas recurren a la adición de diversos materiales entre los que se encuentran los siguientes :

1.- Adición de cáscaras de cacao.- las cubiertas o epispermo del cacao finamente molido, se usan a veces en la fabricación de chocolates de inferior calidad.

2.- Adición de harinas o féculas.-entre las que se encuentran:

a.- harinas de cereales

b.- harinas de altramuces.- el altramuces es una planta leguminosa, de flores blancas y fruto de grano menudo y achatado, se emplea generalmente como alimento para ganado.

c.- féculas de patatas y sagú.- el sagú es una planta tropical de la familia de las palmas; el tronco tiene una médula abundante en fécula y el palmito es comestible.

d.-harina de bellotas.- procedentes del roble o de otros árboles del mismo género

e.-polvo de achicoria.- es una planta compuesta de hojas ásperas y comestibles, de la raíz se extrae un sucedáneo del café. Tiene propiedades medicinales.

Cuando los precios del azúcar son bajos, puede llegar a ser remunerador para los falsificadores la mezcla de ésta al cacao en polvo. También se han mezclado los residuos procedentes de prensar avellanas o nueces y las materias grasas de ellas extraídas. Se han llegado a descubrir cacaos comerciales formados por una mezcla de harina, azúcar, leño de sándalo y un poco de cacao.El sándalo es un árbol parecido al nogal , que dá frutos semejantes a la cereza.Su madera es muy aromática, además hay una variedad de sándalo rojo que es de la familia de las leguminosas, su

madera es de color rojo vivo, y se pulveriza fácilmente, lo que la hace muy útil para los falsificadores de chocolates. Se encontró otro cacao en el comercio con el nombre de chocolate en polvo, que era una mezcla 50-60% de azúcar, 25 a 45% de harina de trigo y sólo un 10 al 20% de cacao, habiéndose empleado leño de sándalo o una materia colorante artificial.

3.- Adición de grasas extrañas.- en la preparación del producto llamado cacao en polvo, que hoy en día se usa como el chocolate mismo, se quita el cacao de la mitad a las dos terceras partes de la manteca que contiene, pero como ésta se usa en grandes cantidades en perfumeria y en farmacia, y como por otra parte se vende a mejor precio que otras muchas materias grasas, a veces se quita al cacao casi toda la manteca y se sustituye por otras grasas más baratas; como sebo, aceite de coco; más frecuente es aún, mezclar grasas animales (oleomargarinas) y grasas vegetales (manteca de coco, aceite de ajonjolí, aceite de semillas de algodón) y también margarinas.

4.- Adición de materias minerales.- como baritina, yeso, etc, para aumentar el peso del cacao, no es frecuente; en cambio lo es más el uso de arcillas rojas, ocre, u otras materias de color rojizo para colorear los cacaos a los cuales se les ha mezclado harina y que por esta causa han perdido color.

5.- Adición de sustancias adherentes.- empleadas para economizar manteca y para retener grandes cantidades de agua se emplea gelatina, goma tragacanto, dextrina, etc. (1) (147).

Constituye también una falsificación el empleo de mayor cantidad de azúcar que la permitida por la ley. Se ha dicho que algún fabricante ha mezclado minio (conocido como Plomo rojo Pb304, el cual es empleado para fabricar cristal y pintura roja para recubrir las piezas de hierro a fin de que no se oxiden) a las pastas para darles color y, en algún caso también cinabrio (HgS, sulfuro rojo). (1), (140)

Como se sabe el plomo es muy tóxico y se va acumulando en los huesos poco a poco, hasta que se pueda desencadenar " el saturnismo " y que se caracteriza por fuertes dolores abdominales principalmente.

El cinabrio es una sal soluble del mercurio y es altamente tóxico ya que deprime los mecanismos enzimáticos celulares (1)(140)(148).

4.5.- DETERMINACION DE LAS IMPUREZAS EN EL CHOCOLATE

Para reconocer la presencia de materias minerales en el chocolate se incinera una cantidad de producto previamente pesada. Como el cacao da a lo más 4% de cenizas y el chocolate contiene como máximo la mitad de cacao y el resto ha de ser en su mayor parte azúcar, las cenizas del chocolate no deben pasar del 3% y éstas deben ser del todo solubles en ácido clorhídrico. Si el chocolate contiene polvo de ladrillo, queda un residuo are-

noso fino; si se han añadido arcillas quedan éstas sin disolver y, si se ha empleado ocre, la solución clorhídrica de las cenizas es rica en hierro.

La mezcla de féculas y harinas se reconoce con el exámen microscópico, desengrasando el chocolate en éter, ablandando el residuo con agua y poniéndola luego en el portaobjetos. Por su forma y tamaño se distingue bien la fécula del cacao de la de los cereales y de la de patatas. Además, hirviendo el chocolate con 10 veces su peso de agua, sobre todo habiéndolo desengrasado previamente, en caso de haber una proporción algo considerable de fécula, se forma una masa espesa.

La adición de dextrina se pone de manifiesto desengrasando el chocolate, triturándolo con agua y filtrándolo al cabo de 10 minutos. La presencia de la dextrina se descubre por el color oscuro que toma el líquido cuando se le añade agua de yodo al 1% (1)(141).

4.6.- ENSAYO DEL CACAO Y DE LOS PREPARADOS DE CACAO

Debido a que el cacao es la materia prima principal en la elaboración de chocolates, es importante hacer mención a algunos puntos.

Para analizarlo, es necesario tomar muestras de diferentes partes, de diversas tablas o de distintas cajas, botes, etc, de la partida que se trata de reconocer, a fin de que la muestra resultante de su mezcla represente un término medio. El cacao es

producido y preparado por numerosísimos pequeños productores. A pesar de los esfuerzos hechos por los exportadores para homogenizar los lotes sometidos a control, éstos son a menudo muy heterogéneos. Por eso los métodos aplicables a otros géneros no pueden ser aplicados válidamente al cacao. El proyecto de normas internacionales elaborado por el Grupo de Trabajo de la F.A.O. contiene instrucciones precisas en cuanto a las condiciones de toma de las muestras (21).

Lo que se recomienda después del muestreo es que el producto se conserve en pequeñas cajas de cartón o mejor frascos de vidrio tapados con tapones de corcho, para evitar que absorban aguas o la pierdan por evaporación.

A continuación, se mencionan las principales pruebas a las que debe someterse el cacao para crear un juicio de calidad.

1.- Determinación de la proporción de agua.- se entiende por "agua" de las habas de cacao la pérdida de masa de estas habas colocadas, después de trituradas, en una estufa a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 16 horas \pm 15 minutos. El contenido de agua es expresado en tanto por ciento de masa.

La determinación debe ser hecha según un modo operativo preciso con una muestra de laboratorio de aproximadamente 10 g de habas.

Existen numerosos aparatos en el mercado que permiten obtener una medida prácticamente instantánea de ésta. Algunas veces se mide la constante dieléctrica de una muestra introducida en el

aparato. En otros casos, dos electrodos introducidos en una masa de cacao permiten medir la conductividad .

2.- Determinación de las cenizas.- (método A.O.A.C.)

3.- Determinación de la manteca.- en esta determinación es preciso observar el olor y sabor de la manteca extraída (por método Soxhlet), pues el cacao y el preparado de cacao, procedentes de materias averiadas dan mantecas de mal olor y sabor.

4.- Determinación del grado de pureza de la manteca.- (método de Hager). Este método es sumamente útil para observar adulterantes en la manteca de cacao. La determinación de resultados de ésta la siguiente:

- Después del ensayo la manteca de cacao pura forma una capa líquida oleosa que tarda en solidificarse.
- El sebo, ácido esteárico y la parafina forman pequeñas partículas que al agitarse suavemente se adhieren a las paredes del tubo.
- Si la capa oleosa formada se solidifica rápidamente indica que hay exceso de cera y parafina.
- No hay formación de capa oleosa si hay exceso de ácido esteárico.

5.- Determinación de la teobromina.- empleando el método de A. Hilger y Eminger.

6.- Prueba del corte.- como su nombre lo indica es una prueba en la que se cortan las habas por la mitad y se hace un análisis físico a la luz , para determinar defectos como: habas pizarrosas, enmohecidas, apolilladas, germinadas, etc. Los resul-

tados son expresados en tanto por ciento de habas examinadas. En el Cuadro 17 se dan las tolerancias de los defectos de las habas según el proyecto elaborado por la F.A.O.

Con esto puede decirse que tanto el polvo de cacao, cacao desgrasado, cacao soluble y cacao disgregado no deben contener materias vegetales de otras procedencias (féculas, harinas, etc).

En el cacao pulverizado y en el tratado con carbonato amónico o con vapor a gran presión, la proporción de cenizas es mayor o menor, según sea la cantidad de manteca extrada; referida a la proporción de cenizas a pasta de cacao, calculada con 55% de manteca, ha de ser igual a la de la última.

El polvo de cacao disgregado con carbonatos alcalinos (procedimiento holandés) o en carbonato magnésico, referido a masa de cacao con 55% de manteca no debe dar más de 8% de cenizas. La proporción de éstas, no debe pasar del 6%. Esta determinación es de suma importancia ya que las cáscaras de cacao (que son muy altas en teobromina) se emplean muy a menudo como adulterante del cacao en polvo (1) (21) (88).

4.7.- PRINCIPALES DEFECTOS QUE SE PRESENTAN EN EL CHOCOLATE

Como en cualquier otro producto alimenticio, el chocolate, una vez que ha culminado su proceso de manufactura, está propenso a la aparición de defectos que contribuyen al detrimento de la buena calidad del producto.

CUADRO 17

CLASIFICACION DEL CACAO SEGUN LOS DEFECTOS

CLASIFICACION	DEFECTO	MAXIMO
1era Calidad	Habas enmohecidas	3%
	Habas pizarrosa	3%
	Habas germinadas	3%
	Habas atacadas por insectos o con otros defectos	3%
2a Calidad	Habas enmohecidas	4%
	Habas pizarrosas	8%
	Habas germinadas	6%
	Habas atacadas por insectos o con otros defectos	6%

NOTA.-

- Cuando una haba presenta uno o varios defectos, se clasifica en la categoría más desfavorable, siendo peor las habas enmohecidas que las pizarrosas.

- Todo cacao que no alcanza las normas de la segunda calidad debe ser considerado como " sin clasificación ".

Fuente: BRAUDEAU, Jean (21).

A continuación se mencionarán los defectos más comunes que se pueden presentar en el chocolate , así como las posibles causas:

1.- "BLOOM DE LA GRASA O EFLORESCENCIA DE LA GRASA

Considerado como el defecto más frecuente en las barras de chocolate y el, que en muchas, ocasiones ha causado pérdidas a muchas fábricas. Este defecto se basa en la apariencia que produce al producto:

Apariencia.- sobre la superficie del chocolate en barra aparece una película blanquisca ó grisásea dando " mohosa " desagradable. En algunos casos llega haber formación de grupos grandes de cristales de grasa.

Explicación.- los cristales de la grasa que se forman en la superficie funden entre 34.3 y 34.6°C, que es muy cercano al punto de fusión que presentan los cristales beta en su forma pura (34.5°C), de la manteca de cacao.

Evidencia de la migración de triglicéridos a la superficie del chocolate principalmente: 2-oleo diasterina, 2- oleopalmitina y 1- palmito - 2 - oloe - 3- estearina (142) (143).

Causas .-

- Temperado inadecuado o incorrecto
- Procedimiento de enfriamiento incorrecto
- Almacenamiento a temperaturas calientes
- Mezclado de grasas no compatibles con la man-

teca de cacao

- Almacenamiento prolongado
- En los chocolates de centro suave: por el empleo de rellenos altos en grasa.

Prevención.- Temperando el chocolate, esto involucra disminuir la temperatura de 40 a 29°C con un rango de 1°C por descenso y aplicando al mismo tiempo un buen mezclado para así propiciar la formación de cristales estables.

Emplear manteca de cacao o bien grasas compatibles con ésta.

Empleo de agentes antibloom: tales como la manteca de vaca deshidratada y aceites hidrogenados de arachis.

Cuidar de no propiciar los puntos que se mencionan en las causas (33) (144) (145).

En el Cuadro 18 se presentan los efectos del temperado y la temperatura de almacenamiento sobre las eflorescencias o "bloom" de la grasa.

2.- EFLORESCENCIA DEL AZUCAR.-

- Causado por la humedad
- Empleo de azúcar no refinada con un elevado contenido de humedad y actividad higroscópica.

- Aire circulante demasiado frío
- Humedad relativa elevada en el tunel de enfriamiento, o a la hora de empaque, o bien en el almacenamiento.
- Capa superior del chocolate demasiado permeable haciendo que un centro suave con elevada humedad penetre dicha capa hasta la superficie del producto. Esta permeabilidad puede ser causada por un temperado inadecuado por exceso de éste.

B.- SUPERFICIE GRASOSA.-

- Temperado insuficiente o inestable
- Aire demasiado caliente del medio ambiente o del cuarto de almacenamiento
- Temperatura muy baja a la entrada del tunel de enfriamiento
- Gradiente pequeño de temperatura entre la entrada y la salida del tunel de enfriamiento,
- Tunel con carga mal acomodada por el empleo de charolas o transportadores inadecuados
- Empleo de una grasa sustituida inadecuada.

9.- PRODUCTOS CON AROMAS EXTRAÑOS

- Producto sobrecalentado durante su manufactura
- Aire contaminado o con aromas extraños en el tunel de enfriamiento, debido a que el tunel no está limpio y exista material fermentado ó enmohecido en el interior
- Manejo del producto sin el uso de guantes pudiendo absorber el barniz de uñas y perfumes.

CUADRO 18

EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO Y TEMPERADO SOBRE
LA FORMACION DE LAS EFLORESCENCIAS DE LA GRASA

	TEMPERADO	NO TEMPERADO
18°C	Superficie brillante No hay formación de eflorescencias de grasa	Superficie veteada brillante
23°C	Superficie opaca Presencia de una pe queña cantidad de manchas blanquiscas	Superficie veteada opaca
27°C	Superficie cubierta por manchas blancas	Muy veteado
29.5°C	Toda la superficie del producto preseñ ta eflorescencias de grasa de color blanco	El producto está muy descolorido debido a la formación de gran des manchas de color blanco

Mezclando carbón vegetal a la manteca de cacao se produce una superficie muy oscura que permite observar mejor las eflorescencias o bloom de la grasa. (33)

3.- RANCIDEZ OXIDATIVA.-

- No es un problema de la manteca de cacao pura ya que contiene antioxidantes naturales en los sólidos de cacao.
- La rancidez oxidativa puede aumentar debido a los lípidos de algunos de los constituyentes del chocolate tales como: nueces, almendras, cacahuates; frutas (uvas secas, grosellas, etc); huevo; así como del uso de lecitina empleado en mayores cantidades a la requerida.

4.- RANCIDEZ LIPOLITICA.-

- La grasa de la leche o la leche en polvo pueden provocar la formación de ácido butírico que imparte al producto olor y sabor a queso.
- El aceite de palma provoca ácido láurico originando un sabor jabonoso.

5.- DEFECTO EN OTROS INGREDIENTES.-

- El almidón, la humedad y el azúcar líquido pueden dar una textura arenosa al producto.
- Crecimiento de hongos en los frutos.

6.- ABSORCION DE OLORES.-

- Debido al empleo de empaques inadecuados, los olores liposolubles pueden ser absorbidos.

7.- SUPERFICIE OPACA.-

- Temperatura muy baja cuando se esta empacando el producto.
- Temperatura demasiado baja a la entrada del tunel de enfriamiento.
- Centros de producto muy frios

- Por un exceso de humedad de productos con centro suave que permiten la hidrólisis de la grasa del chocolate.
- Condensación del centro del producto, que permite el crecimiento de hongos en productos recubiertos de chocolate.
- Adhesivos que hayan goteado sobre la envoltura después del secado; el solvente puede ser absorbido.
- Sustancias aglutinantes de la etiqueta pueden fermentarse o enmohecerse.
- Productos de empaque elaborados con sustancias odoríferas fuertes.
- Tintas de olores fuertes provenientes de las etiquetas.
- Productos almacenados cerca de productos odoríferos.

10.- PROBLEMAS MICROBIOLÓGICOS.-

- Causados por materias primas en mal estado o con una carga microbiana elevada.
- Principalmente por falta de higiene en la fábrica que elabora el producto tanto en el equipo como en el personal dano así un mal manejo de el material y provocando contaminaciones (33) (146).

Estos defectos se presentan en diferente proporción según el tipo de chocolate, lo cual queda demostrado en el Cuadro 19.

CUADRO 19

DIFERENTES TIPOS DE CHOCOLATE QUE PRESENTAN PROBABILIDAD
DE DEFECTO

TIPO DE CHOCOLATE	EFLORESCENCIA DE GRASA	EFLORESCENCIA DE AZÚCAR	RANCIDEZ OXIDATIVA	RANCIDEZ LIPOLITICA
Obscuro	xxx	xx	x	x
Con leche	x	xx	xx	xx
Blanco	x	x	xx	xx
Cobertura relle- na con grasa	xxxx	xx	x	xxx
Cobertura relle- na con azúcar	xxx	xxx	x	x
CHOCOLATE:				
con frutas	xxx	xx	xxx	x
con nueces	xxx	x	xxxx	x
con cereales	xxx	x	xxxx	x

Fuente: CHARALAMBOUS, George (33).

CONCLUSIONES

Después de hacer una revisión de los capítulos anteriores se puede observar todos los pasos necesarios que se requieren para transformar el haba de cacao en un producto tan popular como es el chocolate. De todo el mundo es conocido el agradable sabor de este producto y por lo que es degustado ampliamente, sin embargo, es de solamente unos cuantos conocido y entendido el proceso de elaboración.

Posiblemente el proceso de manufactura más complicado no le pertenezca al chocolate, pero también debe entenderse que tampoco es el más sencillo, aunque lo más importante no es la dificultad o la sencillez para obtenerlo sino, lo cuidadosamente que debe realizarse cada paso para que el resultado final sea lo más cercano al deseado. Se habla del resultado más cercano ya que en el caso específico del chocolate intervienen varios factores ajenos al hombre, debido a que, la naturaleza juega un papel muy importante debido a la influencia de las condiciones climáticas sobre la producción de cacao. El principal efecto causado por las condiciones climáticas es en el aspecto de la granulometría, contenido de manteca de cacao y en el aroma de las habas. En este caso algunas veces se puede guiar para obtener ciertos resultados, pero nunca serán los ideales, de aquí que los demás puntos en los que interviene el hombre en la elaboración del producto se deban realizar con el máximo de los cuidados.

Por tal motivo, se debe vigilar muy de cerca la producción del cacao, ya que de éste, dependerá también la calidad del chocolate. El chocolatero que es principal usuario de las habas de cacao espera ciertos resultados del cultivo de éste.

Cualidades tales como obtener un producto tan seco, como sea posible, pues su conservación es más fácil y sus pérdidas en la torrefacción son más reducidas; que el producto sea rico en manteca de cacao para que durante su procesamiento la adición de materia grasa en el chocolate sea menor; además de que la granulometría sea tan homogénea como sea posible para así facilitar la regulación de los aparatos; también se desean habas con un promedio mínimo de un gramo para así limitar el porcentaje de cáscaras y por lo tanto de residuos. Pero ante todo, el chocolatero quiere encontrar un producto que le permita obtener tras la torrefacción, el gusto característico del chocolate, es decir, un conjunto de cualidades gustativas y aromáticas que den al producto final el toque que a los consumidores va a satisfacer.

Esto es lo que espera el chocolatero, sin embargo, éste es solamente el comienzo o lo necesario para que se logre llegar al producto final.

Como se ha mencionado anteriormente, existen diversos procesos tecnológicos que contribuyen al resultado final. En cada paso del proceso de manufactura se llevan a cabo una serie de transformaciones físicas y químicas que van sumándose para lograr

el sabor característico del chocolate. En algunos pasos los cambios son evidentes y comprendidos en su totalidad, en cambio, en otros, como la fermentación y el tostado del cacao, no se conocen perfectamente los cambios producidos, ya que intervienen miles de reacciones químicas, pero lo que no se desconoce es que aún no siendo del todo comprendidas son indispensables.

Sin embargo, hay factores de vital importancia que afectan enormemente el proceso del chocolate y a los que se les debe poner mucha atención, de éstos, se hacen las siguientes recomendaciones generales:

- Cuidar las condiciones de almacenamiento del cacao seco, ya que es muy higroscópico, y al aumentar la humedad hay problemas microbiológicos que afectan el sabor.

- Durante el tostado es necesario ajustar las condiciones de tiempo y temperatura, que están determinadas por; el tipo de cacao y la clase de producto a elaborar. Lo más importante es que este proceso se realice sobre grupos de cacao de tamaño homogéneo, para evitar, habas sin tostar o quemadas y garantizar un buen desarrollo de sabor y color, aparte de que sean digeribles.

- Después del tostado, las habas deben ser ensacadas para que no absorban humedad del medio ambiente y no dificulten la molienda. Los mejores resultados se obtienen con humedad máxima del 2%.

- La alcalinización del cacao se recomienda para lograr sabores más suaves. Para esto, es necesario hacer pequeñas prue-

bas en el producto, para ajustar el proceso según el tipo de cacao que se este trabajando, así se evitará la excesiva adición de sustancias alcalinas, que dañarían severamente el sabor.

- Evitar que cualquier ingrediente de la fórmula se encuentre húmedo, para no tener problemas de aumento de la viscosidad.

- Para contribuir a obtener un buen sabor en el producto final, es preciso conocer las características aromáticas y de sabor del cacao, con lo que se logrará una adecuada mezcla.

- Se recomiendan ingredientes en polvo (leche y azúcar), para facilitar su manejo y manufactura.

- No abusar del empleo de lecitina, y sobre todo agregarla en dos partes; durante el refinado y el conchado, para asegurar su efectividad.

- Hay que tomar en cuenta que el refinado deberá efectuarse exclusivamente en aquellos productos que se consuman directamente en tablillas, o también en coberturas, ya que no tiene caso en productos que se disolverán en agua o leche, porque la sensación arenosa quedará eliminada por el disolvente.

- El tiempo de conchado será variable y dependerá del producto, es decir, los finos se deberán conchar más tiempo que los corrientes, sin embargo, ésto es indispensable para lograr una buena textura y contribuir al desarrollo del sabor.

- En cuanto al temperado, se requiere que la disminución de la temperatura se realice muy lentamente, para lograr la adecuada cristalización de la manteca. Con un buen temperado, se lograrán evitar varios defectos del producto, principalmente en la apariencia.

La industria chocolatera en México, se ha visto gravemente afectada por la competencia del exterior, y a fin de enfrentar el reto de la apertura comercial se requiere; eficiencia en productividad, mejora de la calidad y reducción de costos. Para ello es necesario realizar inversiones en este campo para la modernización de las plantas productivas.

Siendo el cacao un producto tan popular y principalmente la materia prima del chocolate, y que además es originario de nuestro país, es vital conocer los avances tecnológicos para su procesamiento.

México, considerado como uno de los productores de cacao cuyas propiedades están bastante apreciadas en todo el mundo por su calidad, no puede estar al margen de estos avances, ya que nuestro país cuenta con muchas ventajas para poder lograr mejorar nuestros productos en materia chocolatera y porque no tener algún día no sólo uno de los mejores cacaos si no también lograr tener de los mejores chocolates en el mundo.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- ROLLIN, Edmundo. 1985. ELABORACION DE CHOCOLATES Y BOMBONES. Tercera Edición. España. Ed. Sintés.
- 2.- MINIFIE, Bernard W. 1981. CHOCOLATE, COCOA AND CONFECTIONARY; SCIENCE AND TECHNOLOGY. Second Edition. Westport Connecticut. The AVI Publishing Company Inc.
- 3.- ENRIQUEZ, G.A. ; SORIA, J.V. 1973. CACAO CULTIVAR REGISTER. Turrialba. I.I.C.A.
- 4.- ESTEVES, Ma. Antonieta. 1986. EL ORD AZTECA QUE SORPRENDIO DULCEMENTE A EUROPA. México. Muy Interesante. Año.2 . No.24 (65-68).
- 5.- NOSTI, J. 1953. CACAO, CAFE Y TE. Barcelona. Salvat.
- 6.- LANDAVERDE, Arnulfo. 1942. LAS PLANTAS OLEAGINOSAS. México. Ed. Bartolomé Trucco.
- 7.- VYLE, L.R. 1960. CRIOLLO COCOA. Cocoa Conference. Londres
- 8.- RIVERA, H. Rafael. 1981. ALREDEDOR DEL CULTIVO DEL CACAO. Medellín. Colombia. Secretaría de Agricultura de Antioquia.
- 9.- PEÑA, Eduardo de la. 1972. PRODUCCION Y BENEFICIO DEL CACAO. México. Oficina de Investigaciones Industriales. Banco de México.
- 10.- BONDAR, G. 1968. EL CULTIVO DEL CACAO. Washington, D.C. Unión Panamericana. Oficina de Cooperación Agrícola. No. 129.
- 11.- LLANO, Gómez, E. 1973. CULTIVO DEL CACAO. Bogotá. Publ. Min. Econ. Nacional.
- 12.- BAKER, R.E. 1961. THE BOTANY OF COCOA. Londres. International Publishers.
- 13.- SANCHEZ, Potes Alberto. 1987. CULTIVOS DE PLANTACION. México. S.E.P. Ed. Trillas.
- 14.- HUNTER, J.R. 1969. GERMINATION IN THEOBROMA Cacao. Turrialba. 4 (4), 1
- 15.- Unión Panamericana. 1970. CACAO : THE CHOCOLATE TREE. Washington.
- 16.- IBÁÑEZ, M. 1978. THE POINT OF IRREVERSIBILITY IN CACAO SEED SENSIVITY TO COLD. Turrialba. 15 (3). 194.
- 17.- IBÁÑEZ, M. 1978. ESTUDIOS SOBRE LAS SEMILLAS DE CACAO. Turrialba. 16 (4). 153.
- 18.- ALVIM, P. 1960. UN PROCEDIMIENTO SIMPLE PARA CONSERVAR EL PODER GERMINATIVO DE LAS SEMILLAS DE CACAO. Palmira. 7ª Conferencia Interamericana del cacao.
- 19.- HALL, C.J. 1963. CACAO. Second Edition. Londres. Ed. Mac. Millan and Company.
- 20.- JARAMILLO, G. 1975. CICLO ANUAL DE FLORACION DEL CACAO. Palmira. Cacao en Colombia. 4, 159.
- 21.- BRAUDEAU, Jean. 1981. EL CACAO. Segunda Edición. España. Ed. Blume.
- 22.- Dirección General de Café y Cacao. 1963. INSTRUCCIONES TECNICAS PARA EL CULTIVO DE CACAO. La Habana, Cuba.
- 23.- POSNETTE, A. 1973. THE POLLINISATION OF COCOA FLOWERS. Londres

Conference.

- 24.- HARDY, Frederick. 1979. MANUAL DEL CACAO. Segunda Edición. Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.
- 25.- NICHOLS, R. 1967. THE GROWTH SUBSTANCES OF THEOBROMA Cacao. Trinidad. A report on Cacao Research.
- 26.- Unión Nacional de Productores de Cacao. 1990. Organó Informativo. Ciclo Productivo 1988-1989. Villahermosa, Tabasco.
- 27.- CHATT, Eillen. 1953. COCOA CULTIVATION AND PROCESSING ANALYSIS. New York, USA. Interscience Publishers. INC.
- 28.- Compañía Nacional de Chocolates, S.A. MANUAL PARA EL CULTIVO DEL CACAO. Medellín, Colombia.
- 29.- MARIN, Luis: 1985. EL CACAOTERO; DESCRIPCION BOTANICA. San Jacinto, D.F. Departamento de Fomento Agrícola.
- 30.- TOPFER, B. 1967. A NEW METHOD OF VEGETATIVE PROPAGATION FOR COCOA. Londres. Cocoa Conference.
- 31.- WOOD, G.A.R. 1982. CACAO. México. Ed. C.E.C.S.A.
- 32.- RAMÍREZ, Díaz Fco. Javier. 1978. LA FERMENTACION DEL GRAND DE CACAO. Tesis. Chapingo, México.
- 33.- CHARALAMBOUS, George. 1986. HANDBOOK OF FOOD AND BEVERAGE STABILITI, CHEMICAL, BIOCHEMICAL, MICROBIOLOGICAL AND NUTRI - TIONAL ASPECTS. U.S.A. Academic Press.
- 34.- CARMELLI. 1984. CACAO; CONDZAMOS NUESTRO RAMO. Dulcelandia (México). Industrias Alimentarias. No. 532; 12-17
- 35.- ALCOECER, Méndes Eduardo. 1969. ESTUDIO MONOGRAFICO DE LA MANTECA DE CACAO. Tesis. UNAM. México.
- 36.- LEHNINGER, Albert. 1983. BIOQUIMICA. Barcelona, España. Ed. Omega.
- 37.- ENGLIS, D.T. 1954. SPECTROMETRIC DETERMINATION OF THEOBROMINE IN COCOA. Journal Analytical Chem. 26. 1214-1218.
- 38.- ULLMAN. 1958. ENCICLOPEDIA QUIMICA INDUSTRIAL. España. Ed. Gustavo Gili S.A. Tomo VI.
- 39.- FORSYTH, W.G.; ROBERTS, J. 1968. THE PREPARATION OF CACAO FOR MARKET. Biochemical J. 74. 374-378.
- 40.- HOLDEN, M. 1976. THE FERMENTATION IN CACAO. Londres. Academic Press.
- 41.- POWELL, P.D. 1966. COCOA FERMENTATION. Chem. and Ind. 31.991.
- 42.- CESFEDES, Fonce C. 1972. FERMENTACION Y REFERMENTACION DE CACAO CUBANO. La Habana. Cuba. Instituto Cubano de Investigaciones Tecnológicas.
- 43.- RODRIGUEZ, Gómez, Alberto. 1984. ASPECTOS IMPORTANTES EN LA FERMENTACION DEL CACAO. Tesis. Chapingo, México.
- 44.- SWAIN, T. 1957. CACAO FERMENTATION. Chem Ind. 1 : 543-545.
- 45.- ALLISON, H.W. ; FOHAN, T.A. 1965. A NEW APPROACH TO THE FERMENTATION OF WEST AFRICAN AMELONADO COCOA. Londres. Trop. Agr.. 35. 279.
- 46.- MARAVALHAS, N. 1970. STUDIES ON COCOA BEAN PROCESSING IN BAHIA. Abidjan. 1ª Conf. Int. Fech. Cacaoveres.
- 47.- Dirección general para el Desarrollo Agroindustrial. 1983. CACAO; FERMENTACION Y SECADO. México. Procesos Agroindustriales. 27.
- 48.- CASA, I.A. 1971. FERMENTACION DE CACAO. Costa Rica. Institu-

- to Interamericano de Ciencias Agrícolas.
- 49.- WADSWORTH, R.V.; HOWAT, G. 1969. COCOA FERMENTATION. Londres. Nature. 174, 392.
 - 50.- QUESNEL, V.C. 1967. CURING COCOA IN THE LABORATORY. Londres. Cocoa Conference.
 - 51.- GRIFFITHS, L.A. 1966. A LABORATORY PROCEDURE FOR MICROFERMENTATION AND SMALL SCALE DRYING. Trinidad. Rep. on cacao Research.
 - 52.- HAHN, J. 1965. THE PREPARATION OF CACAO. Londres. Cafe, Cacao, The. 9(1) 37.
 - 53.- ROHAN, T.A. 1972. THE PROCESSING OF COCOA. Roma. Food and Agricultural Organization of the United Nations.
 - 54.- FORSYTH, W.G.; QUESNEL. 1969. THE INTERACTION OF POLYPHENOLIC AND PROTEINS DURING CACAO DRYING. J.Sci. F.D. Agric. 9 :181-184.
 - 55.- WICKE-S.R. 1970. TASTE PANEL FOR EVALUATION OF QUALITY INFORME ANUAL DE W.A.C.R.I.
 - 56.- WADSWORTH, R.V. 1968. THE QUALITY OF RAW CACAO AS IT AFFECTS THE MANUFACTURES. Londres. Trop. Agr. 32, 1.
 - 57.- QUESNEL, V.C. 1973. OXYGEN CONSUMPTION AND HEAT PRODUCTION DURING THE FERMENTATION OF CACAO. Turrialba. 18 (2).
 - 58.- FORSYTH, W.G. 1967. POLYPHENOLIC SUBSTANCES. Biochemical J. 51: 516-517.
 - 59.- FORSYTH, W.G.; QUESNEL, V.C. 1966. VARIATIONS IN CACAO PREPARATION. Biochemical J. 65 177- 179.
 - 60.- Ministerio de Agricultura y Ganadería. 1970. LA COSECHA DEL CACAO. Nicaragua. Circular No. 28
 - 61.- QUESNEL, V.C. 1968. THE ANAEROBIC PHASE IN CACAO FERMENTATION. Chem and ind. 4, 101.
 - 62.- FORSYTH, W.G. 1960 CHANGES DURING FERMENTATION. Biochemical J. 60 : 505-509.
 - 63.- PEDERSON, C.S. 1983. MICROBIOLOGY OF FOOD FERMENTATIONS. Third Edition. Westport, Connecticut. The Avi Publishing Company Inc.
 - 64.- KENTEN, R.H. and POWELL, B.D. 1968. PRODUCTION OF HEAT DURING FERMENTATION OF COCOA BEANS. J.Sci.Fd. Agric. 11: 396-400.
 - 65.- ROBINSON, J.B. 1967. CACAO FERMENTATION. Chem. Ind. 45: 1410.
 - 66.- HUMPHRIES, E.C. 1960. STUDIES OF TANIN COMPOUNDS. Biochemical J. 38: 182-187.
 - 67.- BRILL, H.C. 1969. THE ENZYMES OF CACAO. J. Sci. 40(2): 123-133.
 - 68.- ROHAN, T.A. 1969. PROCESSING OF RAW COCOA. J. Sci.Fd. Agric. 9: 104-106.
 - 69.- HARVEY, H.G. 1970. FLAVOR ASSESSMENT. Chemical Ind. 44. 1163-1167
 - 70.- Chemical Abstracts. 1972. FORMATION OF COCOA AROMA FROM ITS PRECURSORS. Vol. 76. 2699.
 - 71.- ESCAMILLA, G. 1970. CACAO. México. Instituto de Investigaciones Agrícolas. 63-C- 74.
 - 72.- Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 1968. CACAO. Publicaciones periódicas. No. 9.
 - 73.- ANONYME. 1970. THE SAMDAN CACAO DRIER. Bournville Cadbury

- Brothers Ltd.
- 74.- URQUHART, D.H. 1976. COCOA. Second Edition. USA. Cadbury Brothers Ltd.
 - 75.- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1974. EL BENEFICIO DEL CACAO BRUTO DESTINADO AL MERCADO. Roma.
 - 76.- ROELOFSER, P.A. 1969. FERMENTATION, DRYING AND STORAGE OF COCOA BEANS. Advances in Food Research. 8. 22a.
 - 77.- GOROTXATEGUI, José Ma. 1988. HISTORIA DE LA CONFITERIA. La confiteria Española. No. 608. 23-27.
 - 78.- ANONIMO. 1986. EL CHOCOLATE. La Confiteria Española. Año LVII. No. 591. (15-19).
 - 79.- CAKEERREAD, Sidney. 1980. SUGAR AND CHOCOLATE CONFECTIONARY. London. Oxford University Press.
 - 80.- GIANOLA, Carlos. 1982. LA INDUSTRIA DEL CHOCOLATE, BOMBONES, CARAMELOS Y CONFITERIA. Segunda Edición. Madrid, España. Ed. Paraninfo S.A.
 - 81.- INGLETON, J.F. 1975. CHANGES OCURING DURING BEANS ROASTING. Confectionary Products. 32 (9). 285-298.
 - 82.- VADETZSKY, Eleanor; LAUGWILL, Kathryn. 1976. CONFECTIONARY AND CHOCOLATE PROGRESS FROM DE FIRST TWENTY PRODUCTION CONFERENCE. Westport, Connecticut. The Avi. Publishing Company Inc.
 - 83.- CARLE Y MONTANARI. 1984. MANUFACTURA DEL CHOCOLATE. Milán. Italia. Información Técnica.
 - 84.- Tropical Products Institute. 1965. THE MANUFACTURE OF CHOCOLATE. London. Ministry of Overseas Development.
 - 85.- FORSYTH, W.G. 1965. CACAO, POLYPHENOLIC SUBSTANCES SEPARATION AND ESTIMATION ON PAPER CHROMATOGRAMS. Biochemical J. 60. 108.
 - 86.- MEURSING, E.H. 1983. COCOA POWDERS FOR INDUSTRIAL PROCESSING. Holland. Knijnenberg B.V. Krommenic.
 - 87.- TREVOR, Williams. 1985. CHOCOLATE CONFECTIONARY. Third Edition. London. Ed. Leonard Hill.
 - 88.- CHOCOLOGIE. 1988. CHOCOLATE MANUFACTURERS. Union of Swiss Bern, Switzerland. Información Técnica.
 - 89.- RUSSELL, C. 1973. CHOCOLATE PRODUCTION AND USE. London. The Avi. Publishing Company Inc.
 - 90.- American Cocoa Research. 1982. Archives of Cocoa Research. V-I-19.
 - 91.- ROBERTS, T.J. 1968. CHANGES IN COCOA DURING PROCESSING. Food Chem. Agric. J. 9: 295-298.
 - 92.- ANDERSEN, C.J.A. 1983. REFINACION DE ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES. Cuarta Edición. México. D.F. Ed. C.E.C.S.A.
 - 93.- CHATT, E.M. 1965. COCOA. London. Interscience Publishers.
 - 94.- HOLDEN, E.M. 1960. PROCESSING OF RAW COCOA. J. Sci. Fde. Agric. 10: 671-700.
 - 95.- PEREZ, Correa Carlos. 1982. ALGUNOS ASPECTOS DE LA IMPORTANCIA DEL USO DEL ALGARROBO (CAROB) EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS. Industria Alimentaria. Vol. 1. No. 3.
 - 96.- CARMELI. 1984. CHOCOLATE; CONOZCAMOS NUESTRO RAMO. Dulcelandia.

- Industria Alimentarias. No. 531:20-22.
- 97.- ROGERS, H. H. 1965. NEW VARIETIES OF COCOA IN WEST AFRICA. London, Cocoa Conference.
 - 98.- SORIA, J. 1966. NOTAS SOBRE LAS PRINCIPALES VARIEDADES CULTIVADAS EN AMERICA TROPICAL. Turrialba. 16 (3).
 - 99.- MORA, Urpi J. 1970. ORIGEN Y VARIABILIDAD DEL CACAO EN AMERICA TROPICAL. New York. La Hacienda. 56 (2)
 - 100.- CARLE Y MONTANARI. 1986. TANQUES VERTICALES PARA ALMACENAMIENTO DE MANTECA DE CACAO. Milán, Italia. Información Técnica.
 - 101.- ALIKONIS, Justin J. 1982. CANDY TECHNOLOGY. Third Edition. Westport, Connecticut, USA. The Avi Publishing Company Inc.
 - 102.- REVILLA, Aurelio. 1980. TECNOLOGIA DE LA LECHE. Séptima Edición. México. Ed. Herrerero Hermanos.
 - 103.- POTTER, Norman. 1978. LA CIENCIA DE LOS ALIMENTOS. México. Ed. Edutex.
 - 104.- BEDNARCYK, Norman E. 1970. EDIBLE FATS AND OILS. London. Food Processing Review. No. 5
 - 105.- SMYTHIES, B. E. 1957. THE ILLIPE NUT. Gout Printing Office. Kunching Sarawak.
 - 106.- ANONIMO. 1987. SABORES DE CACAO / CHOCOLATE. Alimentos Procesados. Vol. 6 No. 2 17-18
 - 107.- CARMELI. 1984. LA LECITINA; CONOZCAMOS NUESTRO RAMO. Dulcelandia. Industrias Alimentarias. No. 5529. 13-16.
 - 108.- KIRK, Raymond. OTHMER, Donald. 1962. ENCICLOPEDIA DE TECNOLOGIA QUIMICA, México. Ed. Hispano Americana. VI.
 - 109.- ALLFED, Jürgen.; REBMANN, Herbert. 1985. THE SCIENCE OF THE LECITHINS. Germany. Chemische Fabrik. Lucas Meyer Company.
 - 110.- Chemicals Abstracts. 1984. INTRODUCCION OF A SURFACTANT INTO A CHOCOLATE GLAZE WITH INCREASED MOISTNESS. Vol. 102. 23050e.
 - 111.- PEREZ, D. Adela. 1982. LECITINA... MITOS Y REALIDADES. México. Soya Noticias. Asociación Americana de la Soya. Año XI. No. 142.
 - 112.- CARLE Y MONTANARI. 1983. PREREFINADO Y REFINADO DEL CHOCOLATE. Milán, Italia. Información Técnica.
 - 113.- CARLE Y MONTANARI. 1985. REFINADORES AUTOMATICAS: HIDROSTATIC V. S. N. Milán, Italia. Información Técnica.
 - 114.- Publicación Internacional de Gorman Publishing. 1988. EL PROCESO DEL CHOCOLATE Y OTROS PRODUCTOS ESPESOS. Alimentos Procesados. Vol. 7 No. 2 (30-32).
 - 115.- HEEMKERK, M. F. M. 1985. FRIWESSA'S TESTS ON CONCHING OF CHOCOLATE FLAVOURED COMPOUND AND COATINGS. Confectionary Products. 51 (8).
 - 116.- CARLE Y MONTANARI. 1987. CONCHAS ROTATORIAS CLOVER. Milán, Italia. Información Técnica.
 - 117.- Chemical Abstracts. 1982. CHEMICAL CHANGES DURING CONCHING OF MILK-FREE CHOCOLATE. Vol. 97 214548.
 - 118.- CARLE Y MONTANARI. 1988. EL CONCAJE EN SECO. Milán, Italia. Información Técnica.
 - 119.- Chemical Abstracts. 1970. CONCHING OF CHOCOLATE. Vol. 72 131122.
 - 120.- CARLE Y MONTANARI. 1984. TEMPERADORAS AUTOMATICAS. Milán,

Italia. Información Técnica.

- 121.- PEREZ, Santiago. 1983. COBERTURAS Y CHOCOLATES. La Confitería Española. Año LIV. No. 557 (12-16).
- 122.- DUXBURY, D. D. 1986. COCOA/CHOCOLATE. Food Processing. 47 (5) 72-73.
- 123.- VERHEY, J. G. F. 1986. PHYSICAL PROPERTIES OF MILK IN RELATION TO CHOCOLATE MANUFACTURE. Netherlands Milk and Dairy J. 40 (2-3).
- 124.- I. C. A. 1976. EL CHOCOLATE EN TABLETAS. La Confitería Española. Año XLVIII. No. 471.
- 125.- PEREZ, Santiago. 1983. LA COBERTURA. La Confitería Española. Año LIV. No. 558 (21-24).
- 126.- DIMICK, P. S.; DAVIS, T. C. 1986. SOLIDIFICATION OF COCOA BUTTER. Manufacturing Confectioner. 55(6) 19-22.
- 127.- CROSBY, Philip B. 1987. LA CALIDAD NO CUESTA; EL ARTE DE ASEGURAR LA CALIDAD. México. Compañía Editorial Continental.
- 128.- Dirección General de Capacitación y Productividad. 1987. CONTROL TOTAL DE CALIDAD. Management Today. La Revista Gerencial de México. Abril.
- 129.- Información Técnica. FUNDAMENTOS DE EVALUACION SENSORIAL. Memorias del curso Efectuado en Querétaro. 1988.
- 130.- Memorias del Taller de Evaluación de Sensorial. 1988 Editadas por la Sociedad Mexicana de Saboristas A.C. México.
- 131.- FEIGENBAUM, A. V. 1981. CONTROL TOTAL DE CALIDAD. Segunda Edición. Compañía Editorial Continental.
- 132.- WADSWORTH, Harrison. 1986. MODERN METHODS FOR QUALITY CONTROL AND IMPROVEMENT. New York USA. Ed. John Wiley and Sons.
- 133.- CHOCOLATE CON LECHE Y SUS VARIEDADES. NOM F-60-1982. Dirección General de Normas. Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.
- 134.- CHOCOLATE PARA MESA. NOM-F-61-1964. Dirección General de Normas. Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.
- 135.- CHOCOLATE TIPO AMARGO. D.G.N. F-59-1964. Dirección General de Normas. Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.
- 136.- CACAO PARCIALMENTE DESGRASADO EN POLVO (COCOA). NOM-F-54-1982. Dirección General de Normas. Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.
- 137.- MANTECA DE CACAO. NOM-F-343-1983. Dirección General de Normas. Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.
- 138.- LEUNG, H. K.; ANDERSON, G. R. 1985. RAPID DETERMINATION OF TOTAL SOLID FAT CONTENTS IN CHOCOLATE PRODUCTS BY PULSED NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE. Journal of Food Science. Vol. 4. 75-78.
- 139.- GOTSCH, G. 1980. QUALITY CONTROL IN THE CONFECTIONARY INDUSTRY. Review for Chocolate Confectionary and Bakery. Vol. 5 35-42.
- 140.- BABOR, A. José. 1973. QUIMICA GENERAL MODERNA. Cuarta Edición. México D.F. Ed. ENSA.
- 141.- POMERANZ, Yashajanu. 1980. FOOD ANALYSIS. Second Edition. Westport, Connecticut, USA. The Avi Publishing Company Inc.
- 142.- BECKER, K. 1974. COCOA CHOCOLATE RESEARCH. London. Proc. Int. Congress.
- 143.- CAMPBELL, L. B. 1968. QUALITY CONTROL IN CONFECTIONARY PRODUCTS

- Food Technology, 22, 1150.
- 144.- Chemical Abstracts, 1982, ANTIBLOOM COCOA BUTTER SUBSTITUTE COMPOSITION, Vol. 105, 54437.
- 145.- DE MOOR, H.; HUYGHEBART, A. 1982, SOME POSSIBILITIES OF MODIFIED BUTTERFAT IN CHOCOLATE. Bull Fed. Int. Lait, 147, 58.
- 146.- COOK, L.R. 1978, CHOCOLATE PRODUCTION AND USE, New York, USA, Magazines for Industry INC.
- 147.- MOTTS, Irene. 1970, BOTANICA, Mexico D.F., Ed. C.E.C.S.A.
- 148.- DREISBACH, Robert. 1983, MANUAL DE TOXICOLOGIA CLINICA, Quinta Edición, México D.F., Ed. El Manual Moderno.