

L2
209



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO



Facultad de Estudios Superiores
"Cuautitlán"

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE DIFERENTES TIPOS DE
LECHE EN LA ELABORACION DE BARRAS DE CHOCOLATE
MACIZO DE LECHE.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN ALIMENTOS
P R E S E N T A,
VICTOR MANUEL GARRIDO ESCALANTE

Asesor: Dra. Sara Esther Valdés Martínez
Coasesor: Q.F.B. Fernando Ortiz Ramírez

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

INDICE

	PÁG
RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
CAPITULO I ANTECEDENTES	4
I.1 Cacao	
I.1.1. Características de las variedades de granos de cacao	5
I.1.2. Características físicas y químicas de la manteca de cacao	9
I.2 Proceso tecnológico del chocolate	14
I.2.1. Definición y tipos de chocolates	14
I.2.2. Descripción del proceso de elaboración de chocolate a partir de grano de cacao	17
I.2.3. Elaboración del chocolate	25
I.3 Diferentes tipos de productos lácteos empleados en la industria de chocolate	34
I.3.1. Influencia de los productos lácteos en la fabricación de chocolate	34
I.4. Los emulsificantes empleados en la industria del chocolate y su efecto.	37
I.4.1. Fosfolípidos (Lecitinas)	37
I.4.2. Otros emulsificantes.	41
I.5 Reología	
I.5.1. Reología del chocolate	44
I.5.2. Propiedades reológicas del chocolate	48
CAPITULO II METODOLOGIA	53
II.1 Cuadro metodológico	55
II.2 Desarrollo Experimental	56
II.3 Diseño Experimental	60
CAPITULO III DISCUSION DE RESULTADOS	62
III.1 Discusión de la fase I (Evaluación sensorial)	63
III.2 Discusión de la fase 2 (Comparación de los métodos utilizados para determinación de parámetros reológicos).	68
CONCLUSIONES GENERALES	77
RECOMENDACIONES	78
BIBLIOGRAFIA	79

INDICE DE FIGURAS

	pag.
1.-Composición típica de triglicéridos de manteca de cacao	11
2.-Cambios polimórficos de la Manteca de Cacao mediante cambios de temperatura	13
3.-Esquemática simplificada de la formación de sustancias aromáticas	18
4.-Aspecto granulométrico del licor de Cacao para prensado	22
5.-Composición Mecánica de una refinadora	26
6.-Evolución de los Componentes de la masa durante el Conchado.	30
7.-Conchado durante 24 horas a 50°C.	30
8.-Estructura de los Principales Componentes de la Lecitina	36
9.-Comportamiento del Esfuerzo Inicial respecto a la Concentración de lecitina	40
10.-Diferentes Tipos de Fluidos	45
11.-Componentes de un Chocolate	47
12.-Cristales de Grasa en el Temperado del Chocolate	47
13.-Típica Vista Microscópica de Chocolate Sobre-Temperado	47
14.-Efecto del Temperado del Chocolate en la Reología	48
15.-Típica Vista Microscópica de Chocolate Temperado Pre-cristalizado	48
16.-Chocolates Bajo Diferentes Niveles de Cizallamiento	49
17.-Niveles de Cizallamiento (Método Mac-Michaels)	50
18.-Configuración del Huso Mac-Michaels y Brookfield.	51

INDICE DE TABLAS

	Pag
1-Tipos de Granos de Cacao	6
2-Composición Química, Características y usos de las Principales variedades de Cacao	8
3-Nomenclatura de Diversos Autores para cristales de Manteca de Cacao en Funcion de la T de fusión.	9
4-Composición Típica de Acidos Grasos (% en peso)	10
5-Composiciones Trigliceridas de la Manteca de Cacao	12
6-Condiciones de Proceso para Pre-molienda y Molienda.	20
7-Ejemplos de utilización de lecitina según Mordrey-Helme.	39
8-Efectos de la lecitina en la viscosidad plastica y en el esfuerzo inicial.	40
9-Efecto del Admul Wol en la viscosidad plástica y en el es fuerzo inicial	43
10-Control de la viscosidad	46

RESUMEN

En el presente proyecto se ve la importancia del conocimiento en la optimización de productos sin afectar sus características físicas.

En éste caso se determinó el porcentaje máximo de sustitución de leche entera por leche descremada partiendo de una formulación estandar (STD) para lo cual se realizaron una serie de actividades agrupadas en dos fases; en la primera se llevó a cabo un estudio sensorial de pastas de chocolate con 21.5, 20, 18 y 17% de leche entera, contrastándolas contra el estandar (compuesto por 23% de leche entera) mediante el método de comparación por pares.

En esta fase se estableció que una variación del 23% al 20% de leche entera no provoca una variación estadísticamente significativa en el sabor. En cuanto a color se determinó que las pastas con concentración de leche de 21.5, 20 y 18.5 % no representan diferencia estadísticamente significativa respecto a la STD, por lo que se determinó que la pasta con 20% de leche entera y la STD con 23% de leche entera, son similares.

En la segunda fase se analizaron reológicamente las pastas de chocolate mediante el viscosímetro Brookfield HA y Brookfield RVT utilizando las geometrías de cilindro concéntrico (SC4-27) y de disco (Huso # 6) respectivamente; se analizaron los datos con el método de Cilindros Concéntricos y el propuesto por Mitschka 1987 (23), aplicando en ambos casos el modelo de Casson.

Se determinaron los cambios en la viscosidad plástica (Kc) y en el esfuerzo inicial (E.I) de la pasta con 20% de Leche Entera, respecto a la STD, estos datos arrojaron un aumento en la viscosidad plástica y en el Esfuerzo inicial por lo que hubo la necesidad de anexar un emulsificante que logre asemejar los parámetros reológicos de ambas muestras.

Se estableció también la relación entre las constantes reológicas obtenidas con los aparatos de medición (Kc RVT y Kc de Cilindros Concéntricos) con el fin de poder contrastar resultados reológicos de pastas de chocolate de leche.

INTRODUCCION

La reducción en costos en la elaboración de productos sin perder la calidad es hoy en día una práctica común, sin embargo, en esta optimización se crean nuevos parámetros debido a la sustitución de un ingrediente caro por otro más económico; éstos nuevos parámetros hay que llevarlos a especificación con la inclusión de nuevos ingredientes.

Para establecer el grado de diferencia entre un producto y otro se hace uso de la evaluación sensorial ya que esta disciplina se ocupa de la medición y cuantificación de las características de un producto, ingrediente o modelo, los cuales son percibidos por los sentidos humanos.

Con el fin de determinar los cambios en las características reológicas (Kc, E.I.) por la inclusión de otros ingredientes, se hace uso de métodos de determinación establecidos. En el caso específico del chocolate, los viscosímetros Brookfield-HA y RVT, viscosímetro de Haake, viscosímetro de Mac-Michaelis son los más usados.

El presente proyecto contempla el uso del método analítico de diferenciación (comparación por pares), para determinar hasta que niveles son similares las muestras manejadas. También se hace uso del viscosímetro Brookfield HA y RVT utilizando los métodos de Cilindros Concéntricos y el propuesto por Mitschka, aplicando el modelo de Casson, con el fin de determinar los cambios en los criterios tecnológicos más significativos de las muestras manejadas. Se estableció también la relación entre los aparatos de medición con el fin de poder comparar resultados reológicos de pastas de chocolate de leche.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Cuantificar el porcentaje de sustitución de leche descremada por leche entera en una formulación de pasta de chocolate mediante evaluación sensorial, determinando además los cambios fisicoquímicos que trae consigo ésta sustitución.

OBJETIVOS PARTICULARES

Evaluar mediante pruebas de análisis sensorial (utilizando pruebas de diferenciación y preferencia) el grado de aceptabilidad de barras de chocolate elaborados con diversas concentraciones de leche entera y descremada, comparandolas con un contratipo.

Evaluar la influencia de la concentración de leche entera y descremada en las propiedades reológicas de las pastas de chocolate.

Evaluar la influencia de los emulsificantes en las propiedades reológicas de las pastas de chocolate

CAPITULO I ANTECEDENTES

CAPITULO I. ANTECEDENTES

1.1 CACAO

1.1.1. Características de las variedades de granos de cacao

El cacaotero se clasifica dentro de la familia de las esterculiáceas. El nombre científico es *Theobroma Cacao* (alimento de los dioses), dicho nombre fue dado por el botánico sueco Linné⁽²⁴⁾.

El cacaotero es un árbol de 5 a 7 m de altura. Los frutos se llaman mazorcas y tienen una talla de 15 a 30 cm de largo por 7 a 10 cm de ancho. Los granos de cacao (llamados también habas) crecen en vainas en forma de melones alargados, cada vaina contiene entre 30 y 40 habas dispuestas en hileras longitudinales al rededor de una placenta central. Están rodeadas de mucosas y una capa pulposa⁽²⁵⁾.

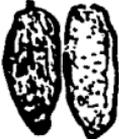
La maduración de la mazorca tarda unos 6 a 7 meses y la recolección se realiza dos veces por año.

Se puede distinguir desde el punto de vista botánico, dos variedades de cacao. Como consecuencia de la facilidad de ingerir estos dos tipos se ha aumentado el número de variedades genéticas impuras. Por este motivo es muy difícil atribuir los tipos diferentes a variedades distintas a la base de la forma de la fruta o la forma, y al género de las semillas. Hay que añadir que las influencias climatológicas y la calidad de la tierra en la cual crecen, pueden cambiar el género de la planta cultivada.

Sin embargo, las variedades de cacao incluyen entre muchas otras, al criollo, forastero y una cruce entre los dos, el trinitario. Este último es el menos importante en la actualidad desde el punto de vista comercial^(26,27).

En la tabla número 1 se muestran los diferentes tipos de granos de cacao.

Tabla 1. Tipos de granos de cacao

	FORASTERO	CRIOLLO	TRINITARIO
Participación en el mercado	80 %	20%	Prácticamente ya no se comercializa.
Forma	Plana ovalada	Redondeada	No uniforme
			
Color	Desde claro hasta obscuro, café-morado hasta café obs.	Desde claro hasta café amarillento	Morado obs. café obs.
Sabor	Acidulado amargo	Suave y aromático, poco ácido.	Poco ác. (poca pureza de la variedad).
Regiones de cultivo	África Sudamérica	Centroamer. Sudamérica Oceanía	Trinidad, Ecuador, Venezuela, entre otros. NOTA: difícil de clasificar.

Fuente: La corona, 1989. (24)

Nota: Algunas veces estas variedades de granos reciben otros nombres de acuerdo con los principales puertos de embarque o del país de origen⁽²⁵⁾.

El mejor cacao es el que contiene menor cantidad de taninos. Existen cacaos superiores, cacaos ordinarios, y cacaos híbridos dependiendo de la cantidad de taninos presentes⁽²⁶⁾.

- Los cacaos superiores tienen un contenido de taninos del 4 al 8 % solamente (variedad criollo).
- Los cacaos ordinarios contienen de un 10 a 12 % de taninos (variedad forastero).
- Los cacaos híbridos reúnen parte de las características (sabor y color) de los dos primeros grupos (variedad trinitario).

Las características físicas que debe presentar el cacao a la compra, independientemente de la variedad, son :

- Fermentado y seco
- Libre de granos "mohosos"
- Sin olores extraños
- Libre de contaminación de otras especies
- Razonablemente libre de insectos vivos
- Un peso promedio de 100g por 100 granos
- Razonablemente libre de granos rotos, y trozos de cascarrillas.

La clasificación del cacao mercantil según la Comisión Nacional del Cacao, se hace considerando los defectos, que no deben sobrepasar los valores siguientes:

GRADO I : Granos mohosos (3% máx.)

Granos pizarrosos (3% máx.)

Granos agusanados, apolillados, germinados, aplastados (3% máx.).

GRADO II : Granos mohosos (4% máx.)

Granos pizarrosos (5% máx.)

Granos agusanados, apolillados, germinados, aplastados (6% máx.).

La composición y uso del cacao depende de la variedad del mismo, en la tabla 2 se ilustran las principales variedades existentes en el mercado mundial.

Tabla 2. Composición química, características y usos de las principales variedades.

VARIEDAD	CARACTERISTICAS FISICAS		USO	COMPOSICION QUIMICA			
	COLOR	SABOR		H ₂ O	GRASA	PROT	CEN.
GHANA	CAFE-ROJIZO	COMUN A MORDENTE	2	4.59	54.80	19.2	3.2
LAGOS	CAFE-MEDIO	COMUN PERO AROMA TICO	2	4.59	54.10	19.3	2.5
G. MARFIL	CAFE-VIOLETA	COMUN A MORDENTE	2	4.93	54.05	19.4	2.8
CAMERUN	CAFE-MEDIO	COMUN A SUAVE	1	5.35	55.75	19.0	3.0
BAHIA	CAFE-ROJIZO	COMUN A AHUMADO	2	4.76	53.7	19.1	2.6
SANCHEZ	MARRON OSCURO	INTENSO A CHOCO LATE	3	3.4	52.85	20.4	3.1
CARIBE	CAFE-ROJIZO	CHOCOLATE EXELENTE	3	4.56	52.84	20.1	3.2
TRINIDAD	VIOLETA-ROJIZO	NO AROMATICO	1	5.10	53.05	20.5	2.7
SANOA	CAFE-CLARO	SUAVE-AROMATICO	3	2.92	54.27	21.2	3.9

1-ESTOS DATOS CORRESPONDEN A LOS GRADOS DE CALIDAD SUPERIOR DE CADA VARIEDAD

2-ESTOS GRANOS SON LOS COMUNES QUE SE ENCUENTRAN EL COMERCIO

3-ESTOS GRANOS CORRESPONDEN A LAS VARIEDADES DE SABOR

4-NITROGENO TOTAL MENOS NITROGENO DE TEOBROMINA POR 6.25 PROTEINA.

FUENTE: Segúne S. Edvard, 1990 (22)

1.1.2. Características físicas y químicas de la manteca de cacao

A la manteca corresponde un alto porcentaje del total de los componentes del grano de cacao.

Las únicas propiedades físicas de la manteca de cacao incluyen un estrecho rango de temperaturas para el punto de fusión, de 32 a 35°C y la contracción durante la solidificación⁽⁹⁾.

Características típicas de la manteca de cacao son la rotura y la fragilidad a temperatura ambiente de 20 - 25°C, en la boca se derrite, causando la sensación de frescura agradable y la liberación del sabor a chocolate. La propiedad de contracción durante la solidificación hace posible moldearla en bloques y barras en la forma comercialmente deseable^(7,9).

La manteca de cacao es monotrópica, es decir, que una sola forma cristalina es estable e irreversible espontáneamente. Dichas transformaciones espontáneas son de tipo exotérmico, por lo cual durante dichas fases es necesario eliminar el calor denominado latente o de cristalización⁽⁸⁾.

Existen varias nomenclaturas para un solo tipo de cristal dependiendo de la temperatura de fusión, (tabla 3)..

Tabla 3 - Nomenclatura de diversos autores para cristales de manteca de cacao en función de la temperatura de fusión.

AUTOR	DENOMINACIONES					
Vaeck	Betava	Alfa	β'		β	
Wille & Lutten	I	II	III	IV	V	VI
Merquist	Subalfa	Alfa	β'_2	β'_1	β	
Temp. de fusión máx.	17.3	23.3	25.5	27.5	33.8	36.3
Calor de fusión (J/g)	---	87	111	119	140	150
Densidad (g/ml)	---	0.9720	0.9903		1.0026	

Fuente: Heinz Schremmer 1989. (18)

Nota: En adelante se utilizará la nomenclatura de Vaeck por ser esta la más común a nivel mundial.

Las distintas modificaciones de los cristales de la manteca de cacao varían en primer lugar por su punto de fusión, en donde los cristales más estables se representan con la forma β , (tabla 3) . En segundo lugar varían por la densidad de cada forma, ya que este parámetro aumenta conforme aumenta la estabilidad de los cristales más estables. Por último las distintas modificaciones de los cristales también varían por la estructura de las cadenas de los ácidos grasos.

El calor específico para la manteca de cacao líquida es de 2.1 J/g y el calor de fusión es de 150 J/g.

Para el chocolate líquido es 3.2 J/g, y para un chocolate sólido es de 1.7 J/g. Esto significa que para enfriar en un grado centígrado un gramo de chocolate se necesita extraer 3.2 J.

Lo ideal es entonces quitar un máximo de energía al momento de la cristalización, esto significa formar un máximo de germen de cristales estables y un mínimo de cristales inestables.

La composición de la manteca de cacao está completamente dominada por tres ácidos grasos : ácido palmítico (C 16,P), ácido esteárico (C18,St) y ácido oléico (C18-1,O), (tabla 4) (7,8)

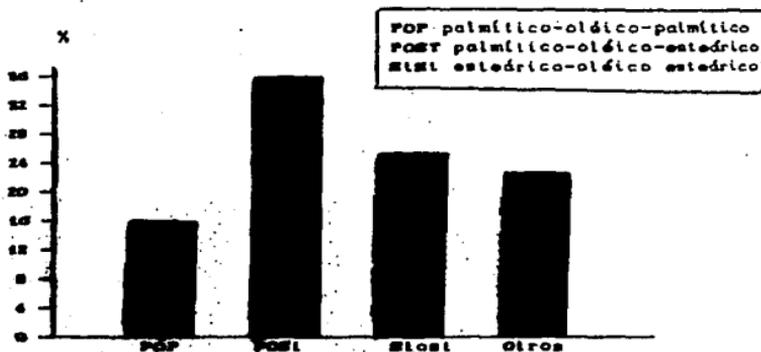
Tabla 4 . Composición típica de ácidos grasos (peso %)

TIPO	NUMERO DE CARBONO								
Manteca de cacao	8:0	10:0	12:0	14:0	16:0	18:0	18:1	18:2	Otros
					28.5	54.5	8.5	2-4	2
					P	S	O	L	LI

Fuente :Karlhans, 1991. (7)

Lo interesante de la manteca de cacao es cómo estos tres ácidos grasos ocupan sus posiciones en los triglicéridos. Prácticamente todos los ácidos oleicos (C18-1) se presentan esterificados en la "posición media" del glicerol con dos ácidos grasos completamente saturados en las dos posiciones restantes. Geométricamente, el ácido oleico monoinsaturado forma un ángulo, mientras que los ácidos grasos saturados, tal como el palmítico y el estearico son completamente rectos. Por tanto, los tres triglicéridos simétricos completamente dominantes, POP (palmítico-oleico-palmítico), POSt (palmítico-oleico-estearico), StOSt (estearico-oleico-estearico) (fig. 1) se parecen mucho entre ellos y constituyen casi el 80 % de la manteca de cacao⁽⁷⁾, (tabla 5) . Por lo anterior y desde el punto de vista fisicoquímico, la manteca de cacao es una grasa simétrica por su alto contenido de triglicéridos SIS (Saturado-Insaturado-Saturado), como se ilustra en la tabla 5 .

fig. Composición típica de triglicéridos de manteca de cacao.



FUENTE: Karhama, 1991. (24)

Tabla 5 . Composiciones triglicéridas de la manteca de cacao.

Composición	Proporción (%)
Saturada (S-S-S)	2.7 - 2.9
Mono Insaturada Simétrica (S-I-S)	76.0 - 80.0
Mono Insaturada Asimétrica (I-S-S)	0.5
Di - Insaturada Simétrica (I-S-I)	8.0 - 9.0
Di - Insaturada Asimétrica (I-I-S)	6.0 - 7.0
Tri - Insaturado (I-I-I)	1.0 - 2.0

FUENTE: Chocopus, 1988 (5)

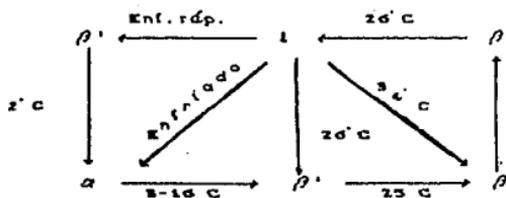
Debido a su composición triglicérida homogénea, la manteca de cacao existe en cuatro formas cristalinas, cuya presencia depende de la temperatura aplicada en la fase líquida ⁽²⁴⁾

POLIMORFISMO DE LA MANTECA DE CACAO

Formas	Características
Gamma γ	Producida durante un enfriamiento muy rápido de la grasa líquida. Su punto de fusión (p.f.) es aproximadamente 17°C. Es muy inestable y se transforma en otras formas cristalinas.
Alfa α	Se origina de la forma gamma aún a bajas temperaturas, esta tiene un p.f. = 21-24°C.
Beta-Prima β'	Se forma a temperaturas ambientales a partir de cristales alfa. Tiene un p.f. = 27-29°C.
Beta β	Se forman a partir de cristales alfa. Son estables a temperaturas ambientales. Tiene un p.f. = 34-35°C

Las formas polimórficas de la manteca de cacao son dependientes de la temperatura, en la fig.2 se muestran los intercambios entre estas.

fig. 2 Cambios polimórficos de la manteca de cacao mediante cambios de temperatura 1991. (26).



1.2 Proceso Tecnológico del Chocolate

1.2.1. Definición y tipos de chocolates

Podemos considerar al chocolate, básicamente, como una mezcla de cacao y azúcar, sin embargo, definiciones más completas son las siguientes:

-El chocolate son partículas finamente molidas, continuamente rodeadas de grasa⁽⁷⁾.

El chocolate es una suspensión de sustancias sólidas como azúcar, eventualmente leche en polvo, etc. en fase grasa⁽⁸⁾.

Sea cual fuera la interpretación que se le de al chocolate, lo cierto es que contiene albuminoides, manteca de cacao, almidón, sales diversas y teobromina. Además tiene trazas de celulosa, lecitina, materias colorantes, agua, etc.

Las cenizas del chocolate son ricas en ácido fólico, magnesio y potasio. En los chocolates hay también pero en pequeñas cantidades, ácido oxálico (en forma de oxalato cálcico), ésteres y clorhidrato de colina.

Los prótidos del chocolate resultan asimilables en gran proporción, al igual que la manteca de cacao. El azúcar que contiene es un alimento energético de gran valor. Por otra parte la teobromina del cacao es un estimulante nervioso (de menor poder que la cafeína) con un cierto poder diurético. La presencia de lecitina favorece la nutrición, los ésteres que están en la manteca, forman el soporte de la vitamina D, mientras que el clorhidrato de colina baja la tensión arterial⁽⁹⁾.

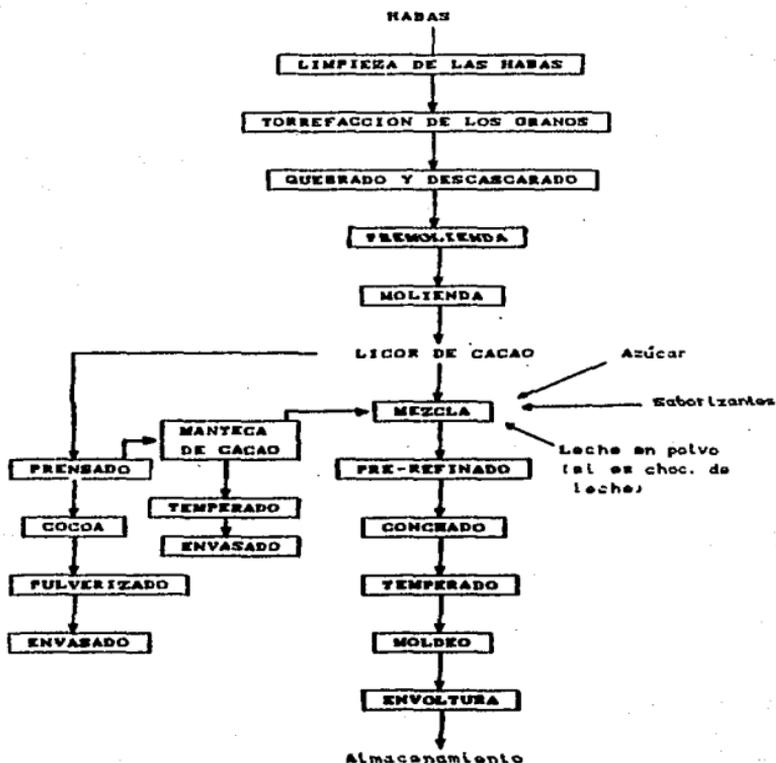
Tipos de Chocolate

Hay muchos tipos de chocolate cuyas características son determinadas por los niveles de licor de cacao, azúcar, leche y otros componentes añadidos, sin embargo, los más comunes se representan en el siguiente cuadro :

Tipos de chocolate (según % Licor de cacao)	CHOCOLATE AMARGO: Contiene más del 40 % de licor de cacao.
	CHOCOLATE SEMIDULCE O SEMIAMARGO: Tiene un contenido mínimo de licor de cacao de 35 %.
	CHOCOLATE DULCE: Contiene un mínimo de 15 % de licor de cacao.
	CHOCOLATE DE LECHE: Contiene por lo menos 10 % de licor de cacao.

Cabe hacer notar que el chocolate semidulce y chocolate dulce deben endulzarse con ingredientes como azúcar, dextrosa o jarabe de maíz y pueden contener hasta 12 % como máximo de sólidos lácteos por adición de diversos productos opcionales.

Diagrama de Procesamiento de Chocolates



1.2.2 Descripción del Proceso de Elaboración de Chocolate

Limpieza de las Habas

El grano de cacao es la materia prima más costosa en la industria del chocolate. Una buena limpieza por parte del productor es muy rara y por ello las habas a parte de polvo y arena, también traen partículas grandes como restos de pulpa, piedras, partículas de fierro, madera y partículas de vidrio, etc. La función de la limpieza es separar estas partículas del grano. La razón no es únicamente para elevar, o mantener la calidad del producto final sino también para protección del equipo. El porcentaje de impurezas depende del tipo de cacao, sin embargo se ha llegado a establecer que los porcentajes globales de estas son del orden de 0.5 - 1.6 %⁽²⁰⁾.

Para obtener una buena eficiencia en la eliminación de estas partículas se recomienda trabajar en forma secuencial con máquinas especiales para cada operación. Esto permite obtener una buena regulación y un mejor control.

Los pasos a seguir son⁽²⁰⁾:

- 1.- Una dosificación regular del producto
- 2.- Separar y desechar partículas más grandes que las habas
- 3.- Separar y desechar partículas más pequeñas que las habas
- 4.- Desechar partículas metálicas con electroimanes
- 5.- Absorber partículas con tamaño similar a las habas pero que son más ligeras
- 6.- Absorber partículas con tamaño similar a las habas pero que son más pesadas

Torrefacción de los granos

Consiste en un particular tratamiento térmico, donde esta prevista la transferencia de calor en condiciones definidas de temperatura, tiempo y humedad, para obtener la reacción óptima de los precursores aromáticos⁽²¹⁾.

Los objetivos que se persiguen con el tratamiento térmico son :

- Extracción de la humedad
- Aligeración del grano para mejorar la separación del grano de la cáscara
- Formación del aroma y eliminar sobre todo ácido acético
- Mejorar el sabor y bajar el porcentaje de bacterias

En el transcurso del tratamiento térmico se llevan a cabo los siguientes procesos :

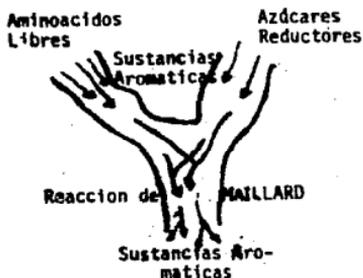
Procesos Físicos :

- 1.- Extracción de la humedad hasta obtener una humedad de $\sim 2\%$
- 2.- Extracción de ácidos y gases a través del grano (sobre todo el ácido acético)
- 3.- La extracción de gases y ácidos, permite una mejor separación de la cáscara para aligerar el grano y una mejora para la extracción de la grasa en el prensado de la masa de cacao para la obtención de la manteca de cacao (M.C.)

Procesos Químicos

- 1.- Formación de productos aromáticos, variación de los hidratos de carbono (azúcares reductores) con las proteínas, reacción llamada " De Maillard". Durante este proceso se forman, un oscurecimiento y una caramelización del grano de cacao⁽²⁴⁾ (fig.3).

Fig.3 Esquemmatización simplificada de la formación de sustancias aromáticas a partir de las etapas previas (reacciones de Maillard como suma de muchas reacciones individuales) 1990. (1).



Métodos de Torrefacción

Existen diversos métodos de este tratamiento térmico :

- 1.-Secado de granos a temperaturas bajas 80 a 100°C - 30 a 40 min.
- 2.-Torrefacción continua de los granos 100 a 120°C - 30 minutos.
- 3.-Torrefacción continua y discontinua 120 a 140°C - 25 a 30 min.
de los granos

La elección del sistema depende de las máquinas existentes, producto final deseado, gastos que se puedan efectuar al obtener el producto final.

La torrefacción continua y discontinua tiene la ventaja sobre las otras dos de poder mezclar varios tipos de granos de cacao con el fin de equilibrar las características sensoriales del licor de cacao elaborado en el proceso de chocolates .

Quebrado y Descascarado del Grano

La cascarilla presenta una estructura fibrosa, porosa y tiene la capacidad de absorber gran cantidad de grasa (hasta 3 veces su peso).

La cáscara del grano de cacao debe ser separada según la legislación actual. El contenido de cáscara y germen en grano es de 9 a 15 % y 0.9 % respectivamente.

En este proceso hay que tener en cuenta que hay que enfriar el grano a 20°C antes de empezar el proceso, se deben regular bien las secciones de aire para asegurar una buena separación de los granos y la cáscara, y tener una buena regulación a la trituradora⁽²⁴⁾.

Habiendo tostado los granos de cacao, es necesario separar la cáscara del cotiledón, esto se logra mediante una trituradora que puede ser de dos rodillos corrugados que giran a suficiente distancia para exprimir o prensar los granos, rompiendo o trozando la cáscara que sale mezclada con la pedacería.

Para separar los trozos de cáscara de los granos, se utiliza un ventilador que funciona como auxiliar del tamizado y de la elutriación del aire⁽²⁵⁾.

Premolienda y Molienda de la Pedaceria

La pedaceria presenta una estructura celular que contiene manteca de cacao dispersa en ella, al molerse, las paredes celulares se destruyen y el calor de fricción que se desarrolla funde los globulos de grasa ⁽²⁶⁾. Durante esta operación la temperatura de la masa nunca debe de ser más de 90 C para evitar que la masa se queme. Además la humedad residual nunca debe ser superior a 3 % para evitar una calefacción por fricciones ⁽²⁴⁾.

En la tabla número 6 se muestran los rangos de temperatura de los procesos y los resultados de granulometris de estas operaciones.

Tabla 6 . Condiciones de proceso y resultados granulometricos de la premolienda y molienda

PROCESO	GRANULOMETRIA	TEMPERATURA
Premolino	100-200 μ	60-70 C
Molino fino	40-60 μ	70-90 C

FUENTE: El Chocolate, su Industria. Curso para Supervisores IPDI (24).

Los cambios que se llevan a cabo en esta parte del proceso son en su mayoría físicos, incluyendo la eliminación de agua. Los cambios químicos y de sabor dependen del grado de calentamiento ⁽²⁶⁾.

El licor contiene al rededor de 55 % de grasa, 17 % de carbohidratos, de los cuales la mayoría son digeribles, 11 % de proteína, 6 % de compuestos tánicos, 3 % de cenizas, 2.5 % de ácidos orgánicos, 2 % de humedad, rastros de caféna, y aproximadamente el 1.5 % de teobromina, el alcaloide parecido a la caféna al que se deben las propiedades ligeramente estimulantes de la cocoa y el chocolate ⁽¹³⁾.

Prensado del licor de cacao

La etapa fundamental en la producción de manteca y polvo de cacao (cocoa) está representada por la operación de prensado de la masa de cacao (natural o alcalinizada), molida de manera muy fina (alrededor de $40\ \mu$), separa la parte grasa del residuo sólido. Para tal fin, se emplean, por lo general, las prensas hidráulicas, máquinas potentes que someten el producto a presiones específicas aún superiores a $1000\ \text{Kgf/cm}^2$, provocando la expulsión de la manteca de cacao a través de los medios filtrantes de acero y dejando como residuo una torta de cacao, parcialmente desgrasada.

a) Factores que influyen en el prensado

Los rendimientos obtenibles del proceso como residuo de grasa dejado en la torta dependen, por lo general, de factores económicos derivantes esencialmente del tiempo de prensado necesario al alcance de niveles definidos, en comparación con el costo que representa. Desde este punto de vista el mínimo alcanzable resulta de alrededor del 8 - 10 %. Los rendimientos de las prensas resultan de todos modos muy influenciados por las características del producto alimentado. En efecto se sabe que una baja temperatura de torrefacción reduce la completa coagulación de la fracción proteica, la cual, junto con la fracción celulósica, puede formar una estructura "gelatinosa" que contribuye a la retención de la manteca de cacao, dificultando el prensado. Este aspecto está favorecido por la presencia de zonas localizadas con concentraciones de humedad superiores, debidas a una dispersión heterogénea de la humedad en la masa. Para eliminar el problema anterior se precisa una fase de homogenización del licor de cacao¹²⁾. Sin embargo, el rendimiento de una prensa depende también de otros factores que influyen en el desarrollo del proceso de prensado (ej. temperatura y % de grasa en el licor a prensar).

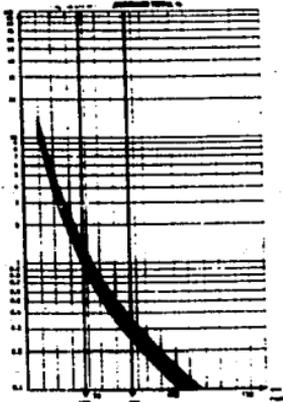
Influencia de la granulometría

La granulometría de los licores de cacao que se someten a prensar tienen una importancia notable en el desarrollo de la operación de prensado y puede influenciar de manera negativa, tanto en el caso de productos gruesos (mayor a 70μ) como en el caso de productos muy finos (menor a 35μ).

En el caso de licores de cacao muy gruesos, la manteca de cacao por lo general contenida en células globulares en el interior de la estructura de la semilla de cacao, no resulta completamente libre y disponible a la extracción. Además de las dificultades de extracción, este aspecto influencia de manera muy considerable la viscosidad del licor, otro parámetro muy importante. Por el contrario, en el caso de un producto muy fino, las partículas sólidas desarrollan una superficie total expuesta muy grande, hasta crear una estructura muy porosa que hace dificultosa la extracción de la manteca de cacao⁽²⁾.

La presencia de muchas partículas finas provoca numerosos inconvenientes, entre los cuales se encuentra una notable presencia de las mismas en la manteca de cacao, una tendencia a la obstrucción y a la rotura de los filtros en la red. Por tal motivo, la granulometría óptima de una masa de cacao debería presentar una distribución caracterizada por una presencia baja de partículas gruesas y, al mismo tiempo, un reducido contenido de partículas muy finas, o sea una granulometría lo más homogénea posible. En la práctica y según la experiencia se puede considerar buena la granulometría caracterizada por un residuo superior a 74μ entre 0.5 y 1 % máximo y por un residuo superior a 38μ , entre 2 - 3 %.

fig. 4 Aspecto granulométrico de licor de cacao para prensado.1989(3)



Influencia del contenido de humedad

Como la granulometría, también el contenido de humedad residual tiene influencia sobre el prensado.

Un nivel de humedad elevado disminuye considerablemente el rendimiento del prensado, sin embargo, el mismo contenido elevado trae como consecuencia ventajas de tipo económico, pues la misma humedad formará parte del polvo de cacao obtenido al final del proceso de transformación⁽²⁾.

Por lo general se puede considerar aceptable para el correcto desarrollo del proceso un valor comprendido entre 0.5 % y 1.5 % en el licor de cacao a prensar.

Es oportuno subrayar que la influencia de dicho parámetro se debe considerar en relación con otras características como el origen del cacao, su contenido de grasa, su granulometría, la temperatura de empleo, etc.

Influencia de la viscosidad aparente

La viscosidad aparente es un parámetro que depende directamente del contenido de grasa, de la humedad y de la granulometría del licor de cacao a tratar y es por lo tanto el factor resultante de los efectos de tales elementos, además de la temperatura⁽³⁾. Por lo general se puede afirmar que una reducida viscosidad favorece el desarrollo del proceso de prensado debido a que el deslizamiento elevado facilita la difusión de la manteca de cacao en el licor y permite por tanto un prensado más veloz, de manera particular en la fase inicial. Lo anterior se logra por los tratamientos de homogenización durante el proceso de preparación de la manteca de cacao.

Influencia de la cantidad de cascavilla

Como ya se mencionó anteriormente la cascavilla tiene la capacidad de absorber tres veces su peso de grasa de cacao, lo cual obstaculiza el prensado. También se debe considerar que el material fibroso de la cáscara resulta difícil de moler, por lo cual también en el licor de cacao las partículas mantienen una forma aplastada que tiende a provocar el atascamiento de los medios filtrantes durante el prensado, limitando la superficie de filtrado y obstaculiza la salida de la manteca de cacao. Además, la grasa contenida naturalmente en la cascara resulta químicamente diferente de la manteca de cacao presente en el cotiledón debido a que posee una mayor cantidad de sustancias insaponificables y puede por lo tanto perjudicar la calidad de la manteca de cacao.

Por lo tanto y para evitar problemas se aconseja controlar con un máximo del 2 % de cáscara residual en el licor⁽²⁾.

Influencia de la temperatura

La temperatura con la cual se lleva a cabo el prensado es importante en el proceso ya que de esta dependen las características del producto final. Desde el punto de vista tecnológico se aconseja trabajar a temperaturas elevadas (95-100°C) para reducir al máximo la viscosidad⁽²⁴⁾.

Se considera que la viscosidad del licor de cacao varía en sentido inverso respecto a la temperatura a razón del 3 % de su valor original aproximadamente por cada grado centígrado.

Temperaturas demasiado elevadas (superiores a 95°C) pueden provocar una pérdida considerable de la fracción aromática del cacao, en la parte sólida, hasta obtener una inaceptable reducción del sabor. Por consiguiente, en la práctica y para un prensado eficaz, no se debería realizar un proceso con temperatura superior a los 95°C. Respecto al límite máximo, se debería elegir un valor de temperatura lo más elevado posible sin influenciar las

características aromáticas del cacao.

1.2.3 Elaboración del chocolate

La fabricación del chocolate consiste en las siguientes etapas:

- Mezcla de ingredientes
- Refinación de ingredientes
- Conchado
- Precristalización
- Moldeo

Mezcla

La importancia de este paso radica en que asegura la regularidad de la fórmula, homogeniza los ingredientes, lo cual permitirá un refinado correcto.

Para llevar a cabo la operación anterior existen dos alternativas³¹.

- mezcla por lote
- mezcla continua

La mezcla por carga es mejor ya que es "flexible" y permite pesar con alta precisión. La mezcla continua es menos confiable respecto a la regularidad de la mezcla aunque tiene la "ventaja" de ocupar menor espacio.

Los parámetros involucrados y que deben ser respetados en el desarrollo del mezclado son:

Temperatura	45 - 55°C
Materia grasa total	15 - 26 %
Tiempo de mezcla	15 - 25 min.

Pre-refinación y refinación de la mezcla

En la elaboración del chocolate esta etapa es una de las más importantes que hay, además de ser una parte costosa del proceso.

El proceso de reducción de tamaño de las masas de chocolate se realiza con refinadoras de cilindros. El proceso de refinación con este tipo de refinadoras se desarrolla de manera gradual hasta alcanzar finezas muy acentuadas (30 μ o menos), sin causar daños al producto debidos a calentamiento típicos en otros procesos de refinación. Las zonas de contacto entre los cilindros son reducidas, mientras el 50 % de la

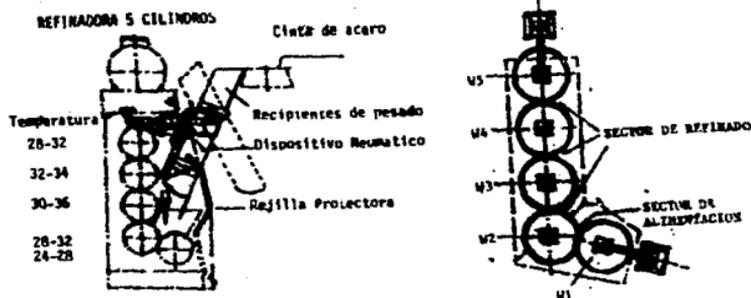
superficie de los cilindros se emplea como zona de enfriamiento²⁷.

El proceso físico de reducción de tamaño que tiene lugar en una pre-refinadora o refinadora a cilindros se debe a la trituration por presión y a la trituration debida a la fuerza de corte generada por la diferencia de velocidad existente entre los cilindros.

Los cilindros en rotación ejercen una acción de arrastre, obligando a la masa a pasar a través del espacio existente entre los cilindros mismos.

En cuanto a las condiciones de refinación estas están ligadas a las características finales que se deseen en el chocolate. Generalmente una refinadora se divide en un sector de alimentación y un sector de refinado (fig. 5).

fig. 5 Composición Mecánica de una refinadora.



El sector de alimentación es responsable de la alimentación regular del producto a refinar, mientras que el sector de refinado se encarga de la reducción de las partículas. El punto común de los dos sectores es el cilindro número 2, el cual siempre está fijo.

A la salida del cilindro número 5 la granulometría de los polvos debe ser de 25-30 μ . En la fig.5 se muestra la velocidad, temperatura, y la granulometría que proporciona cada cilindro del equipo.

Debido a la diferencia de velocidad de los cilindros y a la diferente temperatura en la cual se encuentran los mismos, el producto que sale a través de la abertura de molienda es transferido desde el cilindro más lento hacia el cilindro más veloz, hasta alcanzar el último cilindro desde donde el producto viene raspado, después de haber sido sometido a una gradual reducción granulométrica.

Pre-refinación de la mezcla

La pre-refinación se utiliza con el fin de eliminar al molino de azúcar y por lo tanto sus inconvenientes como son la granulometría heterogénea, fenómeno típico de todas las fases de moliendas por choque, con efecto sobre las características reológicas del producto refinado; obtención de sabores extraños (a metal), por desgaste de las partes del molino; dificultad de transporte neumático que puede provocar atascamiento en las tuberías, debido a la mayor superficie de contacto que presenta el azúcar sólida; contaminación ambiental, tanto de tipo acústico como por la formación de polvo de azúcar; tiempos y consumos de energía para la mezcla muy elevados.

Las ventajas que se obtienen con la pre-refinadora son: características superiores de homogeneidad de la granulometría de la masa de alimentación a la refinadora final; reducción del número de partículas demasiado finas, negativas para la viscosidad final del producto; posibilitan la uniformidad de las características reológicas de las masas a refinar, interviniendo directamente sobre la granulometría, garantizando así que las refinadoras finales trabajen siempre mejor; mejora en las características aromáticas del producto; reducción de los costos energéticos y de los tiempos de mezcla hasta en un 60 % respecto a la utilización del azúcar sólida, gracias al empleo de azúcar cristalizada.

Refinación de la mezcla

El propósito de la refinación final es obtener una masa de chocolate que tenga el tamaño de partícula apropiado (25-30 μ).

Conchado

El conchado es un proceso de homogenización de la masa. Los fenómenos de transformación que se verifican durante este proceso contribuyen de manera determinante a la formación de las características del producto final.

Durante el conchado se logra la plastificación de la masa que llega de las refinadoras, pasando gradualmente desde una fase polvosa hacia una fase fluida plástica con características reológicas apropiadas. También se logra la deshumidificación y desacidificación de la masa de chocolate, que consiste en eliminar por evaporación la mayor parte de la humedad residual y las sustancias volátiles de aroma desagradable (por lo general asociadas con ácido acético) presentes en la masa refinada. Se logra un desarrollo aromático gracias a la realización de algunas reacciones químicas de notable importancia para la formación de las características organolépticas del producto final. Durante esta etapa se lleva a cabo la complementación de la formulación. Con el mencionado proceso, se desea obtener un producto con características reológicas, estructurales y organolépticas particulares según el empleo al cual está destinado⁽¹⁾.

Estos objetivos se logran mediante la transferencia de energía de la máquina al producto, transferencia realizada por medio de un intenso trabajo mecánico de corte, mezcla y amasado; este trabajo se debe de efectuar de manera controlada, para evitar daños al producto debidos a fenómenos de sobrecalentamiento.

Los tipos de conchado que existen son dos: conchado líquido y conchado por etapas. La diferencia entre uno y otro es el tiempo en que se tarda en cumplir con los objetivos propios del proceso.

En el conchaje líquido se introduce esta fase, desde el momento mismo de la adición de los polvos, ya que antes se colocó una parte proporcional de manteca de cacao según la formulación.

El conchaje por etapas consta de las siguientes fases:

- La carga
- La fase seca
- La fase plástica y el reajuste reológico
- La complementación de la formulación, la fase líquida y la descarga

La carga

Aunque no sea una de las fases principales representa una fase importante debido a que una carga rápida, tiene la ventaja de una elaboración más eficaz (en cuanto a producción) y un cierto ahorro de energía.

Fase seca

El conchaje seco es aquella fase del proceso en la cual en el producto que se está elaborando se encuentra presente solo la cantidad mínima de grasa necesaria para efectuar la mezcla, manteniendo una estructura con "terrones" por un tiempo suficiente (6 a 8 hrs.) para la eliminación de los ácidos acéticos así como la humedad^(14,2).

Esta es la fase más importante de todo el proceso de conchaje, durante la cual tienen lugar las transformaciones fisicoquímicas que provocan las peculiares evoluciones en las características del producto (fig. 6).

Durante este proceso se forman grumos porosos, los cuales se presionan unos a otros y siempre se vuelven a formar, en esta etapa se absorbe aire y se vuelve a expulsar; y tiene lugar la eliminación de la mayor parte del contenido de agua (desde niveles de 1-1.5 %, se lleva a residuos del 0.4 - 0.8% según el tipo de chocolate)⁽¹⁵⁾.

La eliminación de agua se efectúa en dos fases⁽¹²⁾.

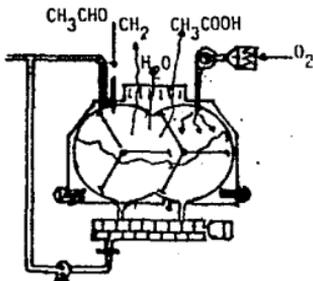
- 1) Desabsorción de las moléculas de agua de las partículas sólidas (leche, cacao y azúcar), y cesión de las mismas a la masa de elaboración.
- 2) Evaporación del agua libre de la masa en elaboración.

El desarrollo de la primera fase está directamente ligada al desarrollo de la temperatura, y de manera particular la velocidad de cesión depende directamente de la velocidad de calefacción, de las fuerzas de roce generadas y por lo tanto del trabajo de la máquina.

La segunda fase depende de factores más complejos que se refieren al comportamiento del agua liberada en la masa misma. Parte de los componentes de la masa son hidrosolubles, por lo tanto y de manera particular la composición y las características granulométricas van a

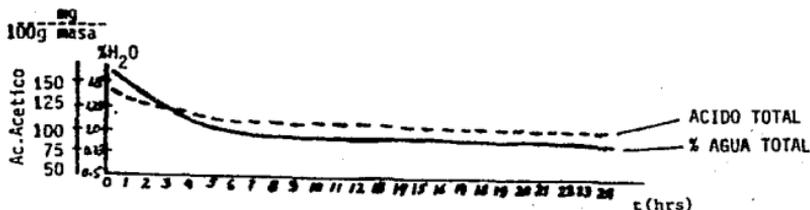
influir en esta fase.

Fig.6 Evaluación de los componentes de la masa durante el conchado en seco.



Hay también eliminación por evaporación (el agua evaporada sirve como medio de transporte) de parte de las sustancias volátiles ácidas por ejemplo: eliminación del 30-50 % del ácido acético presente al origen, lo anterior se puede observar en la grafica 7, donde se aprecia la relación que hay entre el tiempo y la pérdida de estos componentes; hay formación también de nuevos compuestos aromáticos derivados de las reacciones entre azúcares simples y aminoácidos. La estructura del producto en esta fase debiera resultar tal, que provoque grandes fuerzas de roce con los órganos de mezcla a través de los cuales tiene lugar la transferencia de energía que provoca el desarrollo de las reacciones aromáticas antes mencionadas.

Grafica 7 Conchado durante 24 hrs a 50 C. 1990. (2).



Además, la acción mecánica de la mezcla permite una gradual y eficaz homogenización de la masa, por lo que la grasa presente se distribuye de manera homogénea sobre las superficies de las nuevas partículas producidas por la refinación anterior. Por lo tanto, si a un nivel químico se alcanza un equilibrio de la fracción aromática global, a un nivel físico tiene lugar la inversión de fase con el consiguiente paso de la masa polvosa a una fase plástica, homogénea.

Fase plástica y ajuste reológico

Una vez alcanzado el nivel de plastificación deseado, espontáneamente o mediante adiciones de grasa programadas, el conchaje a seco se acaba y comienza la fase "plástica".

En esta fase del conchaje, el producto alcanza una consistencia tal que forma una superficie continua, más o menos lisa, correspondiente al nivel del producto mismo⁽²¹⁾.

Por lo general, esta transformación hace resultar menos eficaz la transferencia de energía debida a la acción mecánica; por lo tanto, es necesario aumentar la velocidad de rotación de los mecanismos de mezcla, para mantener el trabajo realizado a un nivel tal que permita la continuación de la evolución, sobre todo física, para la obtención de las características reológicas del producto final.

Complementación de la formulación - Fase líquida y descarga

El conchado líquido consiste en una inversión de las fases, con la adición de la parte suplementaria de grasas y/o emulsificantes presentes en la fórmula; además de los eventuales aromas. Se produce un cambio de fase plástica a una fase líquida, el objetivo es que las partículas sean recubiertas por una capa de grasa^(24,2).

Dicha adición está precedida por una reducción de temperatura de la masa de chocolate (chocolate de leche 55-60°C, chocolate amargo < 65°C) para no comprometer la eficacia del emulsificante (por lo general lecitina de soya) el cual a temperaturas altas tiende a degradarse⁽²⁴⁾.

En esta fase se dispersan los agregados en la grasa y, por lo tanto, se lleva al máximo el efecto fluidificante sobre la masa misma. Después de un periodo de homogenización (2 hrs.) se descarga la máquina a tanques de almacenaje con calefacción cuando se tiene que conservar por periodos prolongados.

El conchado por etapas tiene las ventajas de obtener una mayor superficie, un mayor movimiento de aire fresco, una mayor velocidad de extracción de aromas indeseables, una reducción de tiempo de conchado, una mejor formación de sabor y economiza la manteca de cacao.

El conchado representa el secreto de cada empresa, según los resultados que se requieran se puede cambiar la duración, la evolución de la temperatura, la secuencia y el momento de añadir la manteca de cacao y los emulsificantes, y la manera de airear la concha.

En resumen el conchado influye sobre un chocolate, reduciendo la viscosidad y la humedad, mejorando el gusto final (reacción de Maillard) y redondea los cristales de azúcar.

Existen dos tipos de conchas: por carga y continuas. Las conchas por carga son más flexibles en cuanto a su funcionamiento, pero tienen la desventaja de consumir más energía⁽²⁾.

Pre cristalización

Antes del moldeo, se deberá efectuar el temperaje o pre cristalización, operación básica para una correcta realización del sucesivo moldeo y una perfecta conservación del producto.

Recordemos que el chocolate es una suspensión de sustancias sólidas (azúcar, cacao, eventualmente leche en polvo, etc.) en fase grasa (manteca de cacao) y que esta grasa determina las variaciones del estado físico en función de la temperatura, pudiendo solidificar bajo varias formas cristalinas más o menos estables.

Para realizar el temperado se necesita un tratamiento térmico y mecánico. El térmico es para calentar o enfriar la masa y el mecánico para mejorar la transferencia térmica y provocar así una multitud de germines de cristalización y pocos cristales grandes.

El proceso de temperado consiste en enfriar el chocolate con agitación continua para "sembrar" cristales estables y distribuirlos a través de toda la masa^(2,6,7,17).

La temperatura del chocolate es reducida rapidamente desde aproximadamente 46°C (tanque de almacen) hasta una temperatura algo superior al punto de fusión de los cristales β (38-39°C masa todavía sin grasa cristalizada), se da un enfriamiento lento hasta temperaturas entre los puntos de fusión de β' y β (hay cristalización de la masa y aumento de la viscosidad), la masa se somete a un calentamiento a temperatura superior al punto de fusión de β' pero inferior a β , en esta fase la masa esta bien temperada y hay suficiente cantidad de cristales de grasa en la forma β , la siguiente fase es el moldeo propiamente dicho, seguido de un enfriamiento rápido, obteniéndose el producto final con un proporción de grasa de forma β estable.

Un proceso correcto de temperado da lugar a que la grasa de cacao solidificada sufra una contracción, lo que da como consecuencia que las figuras de chocolate o manteca se desprendan facilmente del molde.

En lo que se refiere a los atributos sensoriales estos, están dados de acuerdo al proceso que se lleve y a la formulación de que se trate. El control de la textura, color y sabor de cualquier producto esta dado por las condiciones que se le dan a cada paso del proceso de elaboración. Por ejemplo :

El control primario de la textura en el proceso, esta dado por:

- TECNICA DE REFINACION

- 2 etapas - 5 rodillos de refinación, etc.
- 5 rodillos de refinación
- Sistema de rodillos
- Tipo de molino y mezcla de ingredientes.

- TIPO DE LECHE USADA

- VISCOSIDAD (de grasa)

El control secundario de la textura en el proceso esta dado por :

- FINEZA DEL LICOR

El control primario del color en el proceso esta, esta dado por:

- NIVEL DEL LICOR DEL CHOCOLATE

- NIVEL DE LECHE

- CONDICIONES DE CONCHADO

- GRADO DE TOSTADO DEL GRANO

El control secundario esta dado por :

- FINEZA DE LOS POLVOS

El control del sabor en el proceso, esta dado por :

- TIPO DE GRANO USADO
- CONDICIONES DE TOSTADO
- MEZCLA DE INGREDIENTES
- OTROS INGREDIENTES (vainilla, vainillina, otros sabores)
- CONDICIONES DE CONCHADO

1.3 Diferentes Tipos de Productos Lacteos empleados en la Industria del Chocolate.

La leche es, esencialmente, una emulsión acuosa de globulos grasos, de 0.00015 - 0.01 μ m de diámetro. Contiene aproximadamente un 87 % de agua, un 4 % de grasa y un 5 % de azúcar (principalmente lactosa) y un 3 % de proteína (fundamentalmente caseína). Contiene muchos constituyentes, como carotenoides, vitaminas liposolubles, sales minerales, celulas, y gases disueltos.

1.3.1 Influencia de los Productos Lacteos en la Fabricación del Chocolate

La leche en sus varias presentaciones puede ser usada como ingrediente en el chocolate de leche. Las funciones de la leche en el chocolate son, impartir sabor, textura, color, contribuye a la nutrición y ayuda a la vida de anaquel⁽⁴⁾.

Leche fluida, leche en polvo (descremada y entera), sueros y leche caramelizada son usadas como sólidos de leche, sin embargo, la mayoría de las empresas manufactureras utilizan la leche en polvo como sólidos de leche para chocolate.

Leche entera en polvo

Existen dos procesos de obtención de leche entera en polvo para su uso en chocolates, leche entera deshidratada por rodillos y leche entera deshidratada por aspersión.

La leche entera deshidratada por rodillos es muy funcional en el chocolate, debido a la gran cantidad de grasa disponible que puede rápidamente emigrar a la fase continua de grasa del chocolate, mientras que la leche entera en polvo deshidratada por aspersión aunque es más barata es menos funcional, debido a que está cubierta por proteínas y no son fácilmente mezclables con la manteca de cacao. Además, la leche deshidratada por aspersión da como resultado alta viscosidad en el chocolate comparandola con la que se obtiene con la leche deshidratada por rodillos⁽¹²⁾.

Leche descremada

La leche descremada es menos importante que la leche entera en la manufactura de chocolates de leche. Los estándares de la FDA para chocolates permiten la manufactura de chocolates con leche descremada dulce y coberturas de leche con leche descremada. Los tipos de leche descremada permitidos en productos de chocolates, incluyen leche descremada, leche descremada concentrada, leche descremada condensada azucarada y leche descremada deshidratada. La mayoría de la leche descremada en chocolates es leche descremada en polvo y es usada en conjunción con grasa de leche. La mayor funcionalidad de la leche descremada en polvo en este caso es el de permitir el uso de grasa de leche (1-5 X de la grasa total) en forma de grasa libre para reducir el uso de la manteca de cacao.

Sueros

Varios estudios han demostrado que el suero de leche tiene uso potencial en chocolates debido a que el polvo del suero puede sustituir tanto a la leche en polvo como al azúcar en chocolates de leche, también se ha discutido el uso de sueros para reducir el uso del licor, lo cual repercute en un ahorro económico sustancial. Se ha demostrado que se puede sustituir hasta un 25 X de sacarosa por suero desmineralizado. Otro uso importante es el de sustituir la cocoa por sueros y saborizantes. El suero aumenta el sabor e incrementa la resistencia al florecimiento de la grasa (fat bloom).⁽¹²⁾

La grasa de la leche como ya se mencionó, es la proporción más funcional de los sólidos de leche en un chocolate de leche. Esta contribuye a un sabor y textura suave del chocolate. Tiene un agradable efecto suavizante ya que la grasa de leche y la manteca de cacao forman mezclas eutécticas^(4,12).

La grasa de la leche ayuda a prevenir el florecimiento de la grasa (fat bloom). Los componentes más polares tales como fosfolípidos y monoglicéridos, actúan como emulsificantes, en otras palabras la grasa de la leche inhibe la transformación de la forma polimórfica de la manteca de cacao a otra forma polimórfica de fusión que causa el florecimiento⁽¹⁴⁾.

I.4. EMULSIFICANTES EMPLEADOS EN LA INDUSTRIA CHOCOLATERA

Los agentes emulsificantes constituyen la segunda categoría de aditivos alimentarios empleados como agentes de textura. Estos están constituidos por sustancias anfífilas en las que su estructura química contiene, a la vez, funciones hidrófilas y funciones hidrofobas. Esta estructura química particular les confiere propiedades emulsificantes, puesto que se sitúan en la interfase aceite-agua y contribuyen a aumentar la estabilidad de un sistema termodinámicamente inestable.

ORIGENES Y ESTRUCTURA QUIMICA

Con excepción de la lecitina, que es un fosfolípido, todos los emulsificantes son ésteres parciales de ácidos grasos, de polioles y de otros ácidos orgánicos. Estos ésteres se preparan por reacciones químicas con el empleo de catalizadores.

I.4.1 FOSFOLIPIDOS (Lecitinas)

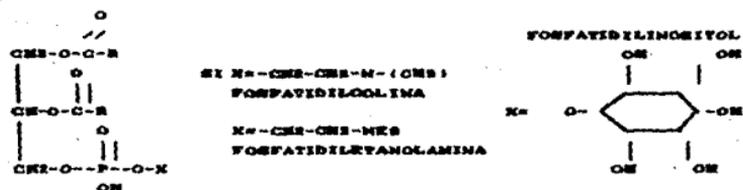
Lecitinas naturales

Es muy conocido el papel de la lecitina de la yema de huevo en la estabilización de las emulsiones de aceite-agua, sin embargo, a nivel comercial es poco rentable extraer las lecitinas de una materia prima ya cara.

Las lecitinas comerciales se extraen, generalmente por solventes del aceite de soya que los contiene en proporción elevada (2-3%). De hecho los productos corrientes son mezclas de fosfolípidos (alrededor del 50%), triglicéridos (35%) y glicolípidos (alrededor de 10%). (14)

Los componentes activos de la lecitina son los fosfolípidos constituidos por la fosfatidilcolina (PC), fosfatidiletanolamina (PE) y el fosfatidilinositol (PI) en proporciones casi iguales (fig 8). La fosfatidilcolina tiene propiedades estabilizantes de las emulsiones aceite-agua, mientras que la fosfatidiletanolamina y en menor grado, el fosfatidilinositol tiene propiedades emulgentes agua-aceite.

Fig. 8 Estructura de los principales componentes de la lecitina



Los usos alimentarios de los fosfolípidos naturales son muy diversos: productos de panadería, chocolatería, productos instantáneos, etc. (tabla 8). En el caso del chocolate es muy conocida la adición de lecitina que permite modificar las características reológicas del chocolate fundido y de economizar otros materiales grasos, como la manteca de cacao (M.C.). Además, estos productos se consideran antioxidantes, propiedad que se debe a las trazas de tocoferol presentes.

Tabla 7 Ejemplos de utilización de la lecitina (segun Mordrey y Helms, 1975)

UTILIZACIONES	ACCIONES	CONCENTRACION	PROPIEDADES
MARGARINA	EMULGENTES AGUA EN ACEITE (Agente anti salpicante, Agente-antipardeante)	0.12-0.5	La concentración depende de las exigencias desde el punto de la estabilidad de la emulsion.
CHOCOLATERIA	Reducir la viscosidad por mesclado y dispersión.	0.3-0.5	mas eficaz y mas barato que la M.C.
PANADERIA Y PASTELERIA	Modifica las características del gluten de la harina	0.1-0.3	existen harinas con lecitina. la lecitina estabiliza el pan.
CONFITERIA	Agente mezclante y an	variable....	facilita mezcla as.-grasa.

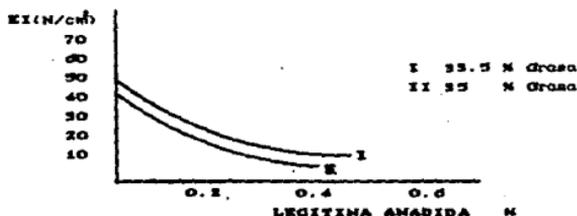
CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS

La eficacia de un emulsificante esta ligada a su solubilidad en una de las dos fases. De manera general, se puede considerar que un emulsificante debe ser bastante soluble en la fase continua.

El estado fisico de un emulsificante depende de la estructura química y de los dos parámetros esenciales, Temperatura y Contenido de agua que determinan la organización de las cadenas lipídicas, las mas fuertes a las otras.

La adición de 0.3-0.4% de lecitina afecta considerablemente a las propiedades reológicas del chocolate. Su viscosidad plástica desciende a medida que aumenta la concentración de lecitina, pero el esfuerzo inicial pasa a través de un mínimo cuando la concentración de lecitina es del orden de un 0.5% y aumenta de nuevo cuando sobrepasa este valor (ver fig 9) (14).

fig 9 Comportamiento del esfuerzo inicial respecto a la concentración de lecitina. APPA. (8)



En general la adición de lecitina baja la viscosidad plástica pero tiene un efecto inverso en el valor de esfuerzo inicial. Lo anterior lo podemos observar en la tabla 8 (10).

Tabla 8 Efecto de la lecitina en la viscosidad plástica y en el esfuerzo inicial. APPA (14)

lectina agregada	viscosidad plástica (cps)	valor esfuerzo inicial (din/cm²)
0	18.5	193
0.4	17.1	221
0.57	14.4	207
1.0	12.4	225

1.4.2 OTROS EMULSIFICANTES

Existen otros emulsificantes, los cuales pueden ser utilizados para el mismo fin que la lecitina.

Un ejemplo es el Poliglicin-Poliricinoleato (Admul-Wol), el cual es producto de la condensación del glicerol (Glicerina) y ácidos grasos del aceite de ricino. El admul-Wol un líquido espeso, fluido, transparente, incoloro e inodoro con importantes propiedades de emulsificante para reducir la tensión interfacial entre líquidos hidrofílicos y aceites o grasas(14).

ESTRUCTURA QUIMICA DEL ADMUL-VOL



Debido a estas características, durante el curso de su identificación se usan los mismos parámetros que para identificar a las grasas (Índice de Iodo, Valor ácido, I.R. etc.).

Desde el punto de vista legal, el admul ha sido aceptado para consumo humano desde 1962, por el Sub-Comite de aditivos alimenticios y el comite de contaminantes, confirmando su uso como lípido surfactante en la industria de alimentos.

El adaul actua sobre dos fuerzas a vencer en una pasta de chocolate:

- 1.- Esfuerzo inicial o fuerza necesaria para empezar a fluir y
- 2.- La fuerza requerida para continuar el movimiento de flujo (viscosidad plástica).

FUENTE: Ortiz F. 1902 (14)

Al igual que la lecitina, el uso del adaul se justifica por el ahorro de manteca de cacao que resulta de reducir la viscosidad plástica y el esfuerzo cortante con este emulgente en una pasta de chocolate.

También al igual que la lecitina, el adaul tiene un valor óptimo para ser utilizado en chocolates y/o coberturas y esta en función del factor costo-beneficio el cual esta cercano al 0.25X.

En adición a los beneficios económicos, el uso del adaul trae como consecuencia una mejora en viscosidad, estabilidad y reducción de la sensibilidad a elevadas temperaturas y tiempos de proceso reducidos.

Como consecuencia de la reducción del esfuerzo inicial, se pueden esperar mejores resultados, al eliminar las burbujas de aire de los chocolates y/o coberturas en los moldes durante la vibración y en el entrapado una cobertura y/o chocolate mas delgado (14).

RECOMENDACIONES DE USO DEL ADMUL-WOL

Como ya se mencionó al hablar de lecitina, la viscosidad de pastas de chocolate se ve optimizado con adiciones cercanas al 0.5%. Por otro lado, el admul nunca se utiliza solo al tratar de reducir la viscosidad se aplica en mezcla. En la práctica, el admul es usado en el punto donde se ha alcanzado el porcentaje óptimo de efectividad de la lecitina. El mejor efecto sinérgico para muchos propósitos se obtiene con una mezcla de 0.5% de lecitina y 0.25 de admul.

El admul tiene un efecto muy diferente a la lecitina. El valor de esfuerzo inicial disminuye rápidamente (tabla 11) con adiciones sucesivas, hasta un punto donde se puede comportar como un líquido newtoniano.

tabla 9 Efecto del admul vol en la viscosidad plástica y en el esfuerzo inicial en una pasta de chocolate.

ADMUL %	VICOSIDAD PLASTICA (CPS)	VALOR ESFUERZO INICIAL (DIN/CM)
0	12.0	100
0.1	12.5	151
0.2	14.5	52
0.5	14.0	12
1	15.0	0
2	14.5	0
5	11.2	0

I.5 Reología

La reología se ocupa de la deformación de los cuerpos aparentemente continuos, pero también de la fricción entre sólidos, en el flujo de polvos, e incluso de la reducción de partículas o molidura. La relación entre el tamaño y la forma molecular de las sustancias en dilución y su viscosidad, así como entre el grado de entrelazamiento de los polímeros y su elasticidad¹¹.

I.5.1 Reología del Chocolate.

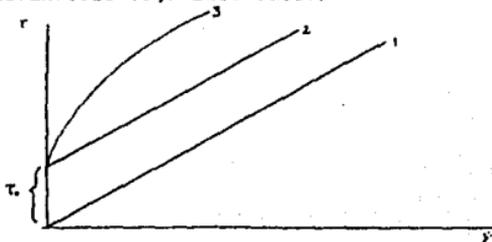
Todos los productos exhiben todo tipo de propiedades reológicas (dependiendo de la formulación y las condiciones de medición). Sin embargo, en la práctica predomina alguna. Esta aceveeración es particularmente cierta con respecto a los productos plásticos (Chocolate). El valor de deformación plástica y su viscosidad plástica son los criterios tecnológicos más significativos. Es importante, sin embargo, señalar que no son estas las únicas características de este tipo de productos.

Recordemos que el chocolate es una suspensión y la presencia de las partículas sólidas en un estado líquido no tienen comportamiento de líquido.

Los verdaderos líquidos Newtonianos empiezan a fluir en cuanto se les aplica una fuerza, éste no es el caso de los fluidos de Bingham, los cuales son suspensiones y requieren una fuerza mínima para comenzar a fluir, ésta fuerza se llama Esfuerzo Inicial (E.I.).

En una gráfica de esfuerzo cortante(τ) contra velocidad de corte($\dot{\gamma}$), los tres tipos reológicos se pueden observar (figura 10). En el caso de los fluidos Newtonianos (curva 1) se obtiene una línea recta, la cual parte del origen, y la viscosidad es la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de corte y esto es igual a la pendiente de la recta.

13. DIFERENTES TIPOS DE FLUIDOS: (1) NEWTONIANO; (2) BINGHAM
(3) PSEUDOPLASTICO (ej. Chocolate).



Para los fluidos de Bingham (curva 2) la línea recta no parte del origen, pero la intersección con el esfuerzo cortante representa el esfuerzo inicial. La pendiente de esta línea, es la viscosidad plástica del fluido. La ecuación es:

$$\mu_{pl} = \frac{(\tau - \tau_0)}{\dot{\gamma}}$$

La misma ecuación puede expresarse como:

$$\tau = \tau_0 + \mu_{pl} \dot{\gamma}$$

En el caso de los fluidos Hershel-Bulkley (curva 3) hay también un esfuerzo inicial pero la grafica no es lineal.

De entre las varias formas de expresar una curva de un fluido plástico (Chocolate) en términos de una ecuación se encuentra el modelo de STAINER, quién en 1958 adoptó el modelo propuesto por Casson para expresarlo.

Sacando raíz cuadrada al esfuerzo cortante y a la velocidad de corte, la curva de la viscosidad del fluido plástico como el Chocolate da una línea recta, entonces el comportamiento reológico de un chocolate puede ser expresado por dos parámetros, K_0 y K_c como en la ecuación de Bingham. Este se conoce como modelo de Casson:

$$\tau^{1/2} = E.I. \tau^{1/2} + Kc \tau^{1/2}$$

$$\sqrt{\tau} = \sqrt{E.I.} + Kc \sqrt{\tau}$$

donde E.I. = Esfuerzo inicial

Kc = Viscosidad Plastica de Casson

Los dos parámetros anteriores están influenciados primeramente por el contenido de grasa, la granulometría y el proceso utilizado en la manufactura del chocolate. La tabla 8 muestra estos factores y otros considerados como secundarios(24).

TABLA 8 CONTROL DE LA VISCOSIDAD

Control primario:

Contenido de grasa (incluye adición de lecitina)

Tamaño y distribución de partícula.

Forma de la partícula.

Proceso de conchado.

Control secundario:

Granulometría del licor

FUENTE (Segundo S. 1988 (10).

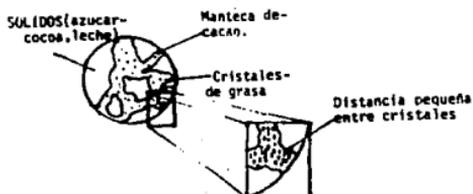
Efecto del Temperaje en la Reología del Chocolate

Considerando que el chocolate es una tercera parte de manteca de cacao y dos terceras partes de sólidos (azúcar, cocoa y si es chocolate de leche, leche) fig 11. El temperaje ideal es la creación de una matriz estable de manteca de cacao líquida en la cual exista un amplio número de semillas de cristales, de un tamaño lo mas pequeño posible y con una fase correctamente cristalizada. Cuando estas condiciones son alcanzadas, fig 11, ahí puede haber de 3-4 % de grasa, la cual esta en forma de cristales. La distancia entre los cristales, sin embargo, es más corta que el tamaño del cristal mismo. Esta senda corta entre cristales, puede obtenerse rápidamente si es puesto en un tunel de refrigeración. En esta situación, los cristales tienen una senda libre muy corta para la cristalización (la distancia para que una molécula de grasa en el líquido viaje para obtener un crecimiento de la fase cristalina es lo más corto posible).

fig. 11 Componentes de un chocolate.

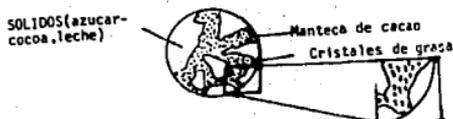


fig. 12 Cristales de grasa en el temperado de un chocolate.



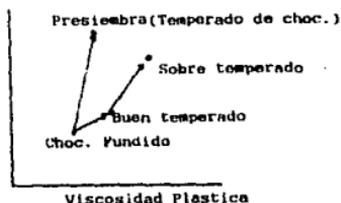
Por otra parte, si el chocolate se lleva a un sobre-temperado por un inapropiado aumento en la temperatura después de la siembra, entonces existen cristales muy grandes. Lo anterior trae como consecuencia una gran distribución de líquido de manteca de cacao teniendo una estructura cristalina como se muestra en la figura 12.

fig. Típica vista microscópica de Chocolate sobre-temperado.



Cuando esto pasa, tanto la viscosidad plástica como el esfuerzo inicial son incrementados como consecuencia de un nivel de sobre-temperado o sobre-cristalización, fig. 14. Para re-establecer las propiedades de este chocolate simplemente se debe de calentar para reducir el tamaño de los cristales.

fig. 14 Efecto del temperaje del Chocolate en la reología.



Por otra parte un problema no muy común ocurre cuando el chocolate no esta completamente fundido (tiene algunas semillas de cristal o le quedan nucleos) en el temperado en lugar de que se creen nuevos cristales, crecen los ya existentes, fig 15.

fig. 15 Tipica vista microscopica de Chocolate temperado pre-cristalizado.



1.5.2 Propiedades Reológicas del Chocolate.

La viscosidad de cualquier fluido es proporcional a la relación que hay entre la fuerza que se le aplica al liquido y el movimiento del mismo. Si al chocolate le aplicamos una fuerza menor a su esfuerzo inicial no podra fluir debido a que las redes que conforman las partículas descansan una sobre la otra ayudando a que estas se queden inmóviles(fig. 16 a)

fig. 16 a, b, c. Chocolate bajo diferentes niveles de cizallamiento.

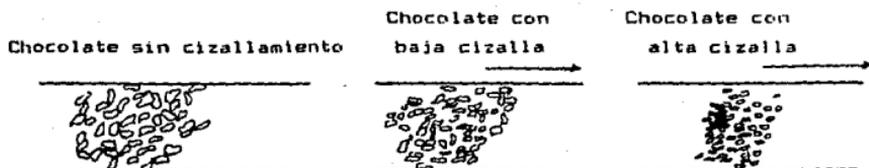


fig. 16 a

fig. 16 b

fig 16 c

Cuando la fuerza se incrementa justo por debajo del esfuerzo inicial, la aglomeración de partículas en la masa (fig. 16 b) comienzan a separarse y el chocolate fluye. Al principio, algunas redes permanecen quietas, pero el movimiento ocurre, esto da un aumento en la viscosidad aparente debido a que el bajo movimiento permite que existan agregados remanentes.

Si se emplea una fuerza mayor que el valor del esfuerzo inicial (fig 16 c) los aglomerados comienzan a fluir en la misma dirección.

Medición de los Parámetros Reológicos del Chocolate

La medición de viscosidad de un material y en particular del chocolate es un intento para describir en términos numéricos como puede fluir este material; dicha viscosidad puede ser medida con el viscosímetro de Mac-Michael, viscosímetros Brookfield o viscosímetro de Hake para chocolate completamente fundido.

La medición de la viscosidad se hace en chocolate completamente fundido o no temperado porque este representa las condiciones estandarizadas que en cualquier laboratorio se pueden dar.

Como se mencionó anteriormente la viscosidad plástica y el esfuerzo inicial son los criterios reológicos más importantes para la selección del tamaño de bombas, tuberías y tanques con agitación. Sin embargo, la consecuencia más real es como un chocolate temperado se comporta en su manejo y en su moldeo.

El chocolate no se describe en términos de su viscosidad cuando este está temperado, sin embargo, puede tener una variación considerable tanto del grado como en la naturaleza de los cristales de la manteca de cacao en el chocolate temperado.

Afortunadamente, las propiedades de flujo del chocolate temperado son reflejados en las propiedades de flujo del chocolate fundido²².

En la industria del Chocolate los viscosímetros mas utilizados son:

Viscosímetro de Mac-Michaels

Consta de un motor sincronico de velocidad no variable, conectado a un sistema de transmisión, consta de un solo huso. Este viscosímetro practicamente no tiene ventajas por lo que ha sido desplazado.

El viscosímetro de Mac-Michaels mide la viscosidad relativa. La desventaja de este método respecto a los otros se debe a tres razones:

1.- Mac-Michaels no mide viscosidad absoluta, ya que solo la mitad de el cilindro se sumerge en la muestra, la figura 17 ilustra este punto. En el diagrama de la izquierda, el material esta cizallado a través de todo el hueco, este hueco es utilizado en el calculo de la viscosidad. En el diagrama de la derecha el producto no esta cizallado en todo el hueco. En el cálculo de la viscosidad, el hueco puede ser asumido para ser igual como en la parte superior del diagrama, mientras que en verdad el hueco real es solamente una fracción del valor usado.

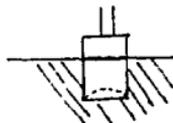
fig. 17



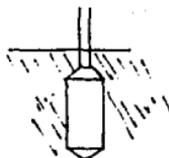
2.- Mac-Michaels tiene variaciones en el nivel de inmersión como se muestra en la figura 18, un pequeño cambio en el nivel del chocolate, puede hacer un gran cambio en el área de superficie de inmersión, puesto que la fuerza o torque en el huso es directamente proporcional a esta área, un 6 X del error es introducido por la lectura del torque. Debido a la configuración del huso del Brookfield la misma variación en el nivel introduce menos del 1% de error en la medición del torque²³.

Fig. 18 Configuración del huso Mac-Michaels y Brookfield HA .

Huso Mac-Michaels



Huso Brookfield



3.- No es muy amplia su disponibilidad.

Viscosímetro de Brookfield

El viscosímetro Brookfield consta básicamente de tres secciones:

-Sección de mando

Consta esencialmente de un motor sincrónico de velocidad variable y un sistema de engranes de transmisión acoplados directamente a la carátula del aparato.

El resorte calibrado es de una aleación de cobre-berilio. Uno de sus extremos está unido al indicador, mientras que el otro está unido a la carátula. Esta a su vez se mueve por medio de los engranes de transmisión acoplados al motor.

El pivote está acoplado al resorte calibrado y uno de sus extremos sobresale del cuerpo del viscosímetro por la parte inferior. Este extremo termina en un pequeño cople con rosca interna a la cual se "atornillan" los husos o "spindles".

-Sección de lectura y registro de datos

En esta sección se localizan el indicador (aguja roja) y la carátula. Cuando el viscosímetro Brookfield está en operación la carátula gira en dirección de las manecillas del reloj y el indicador se desliza libremente hasta detenerse en cualquier número sobre la carátula. En este momento se oprime la palanca del clutch, para tomar la lectura.

- Sección de prueba

Esta integrada por el cople roscado, el protector de husos y los husos. Sobre la varilla que conecta al acoplamiento roscado con el cuerpo del huso hay una pequeña ranura, esta señala el nivel de inmersión del huso en el fluido y es necesario que dicho nivel se mantenga en dicha marca, de otra manera las mediciones no son correctas.

Las ventajas de este tipo de viscosímetro son:

-La viscosidad esta bajo tensiones (velocidades de deformación) controladas, por lo que los cambios de velocidad con el tiempo pueden ser seguidos.

-Miden la resistencia o torque en un agitador, como una indicación de la viscosidad ó espesamiento, y es el que más se utiliza en alimentos.

-El modelo RVT del viscosímetro Brookfield se aplica en la determinación de la viscosidad de fluidos Newtonianos y en la determinación del comportamiento reológico en fluidos No-Newtonianos²².

La unica desventaja de este viscosímetro es que no se toma en cuenta el efecto de "borde" por lo que hay que hacer correcciones dependiendo del tipo de fluido.

CAPITULO II METODOLOGIA

METODOLOGIA

Se trabajo el prototipo o STD con 23% de Leche entera y se fue disminuyendo este porcentaje a 21.5% , 20% , 18.5 % y 17 % de Leche entera , sustituyendo los porcentajes eliminados por leche descremada.

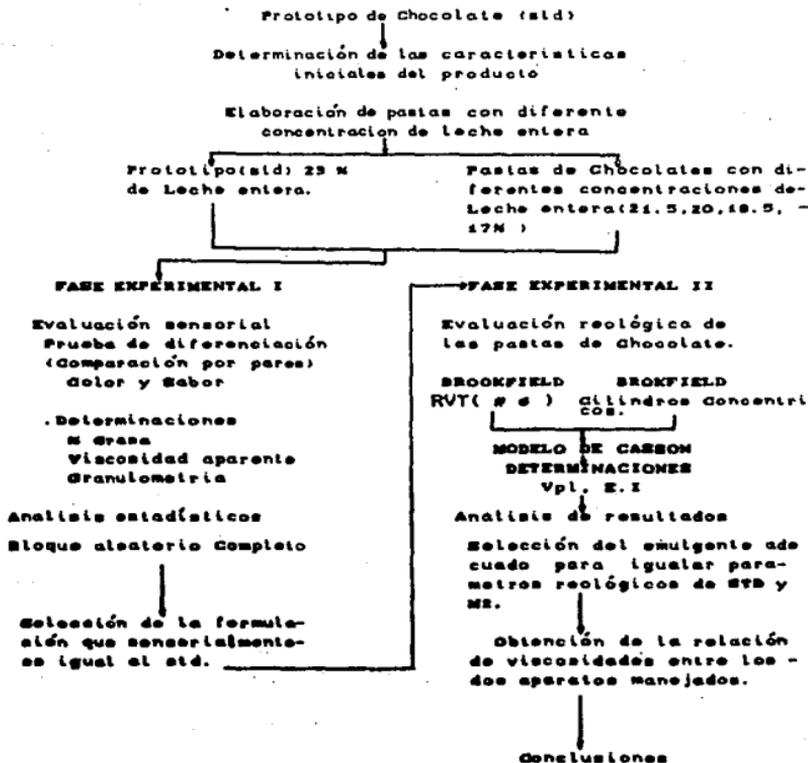
Se caracterizó la muestra STD en cuanto a Granulometria, Grasa y Propiedades reológicas con el fin de determinar los parametros que se habian que respetar en las siguientes fases para la muestra que resultase similar a la STD.

Para el sistema Brookfield-Cilindros Concentricos se utilizó el viscosimetro Brookfield-HA, que consta de una camara BC4-13R con el huso SC4-27.

Como parámetro de comparación se evaluó la viscosidad aparente de cada una de las muestras manejadas en el viscosimetro Brookfield RVT, numero de huso # 6 y velocidad 6 en condiciones constantes de temperatura. Lo anterior con el fin de determinar los cambios en viscosidad aparente que provocan las distintas concentraciones de leche entera.

Se elaboraron Batches por formulación de 100 Kg y las determinaciones se hicieron por triplicado.

II.1 Cuadro Metodológico



II.2 DESARROLLO EXPERIMENTAL

Las pastas de chocolate con formulación STD,M1,M2,M3,M4, se elaboraron bajo condiciones pre-establecidas por la fábrica de cocoas y chocolates LA CORONA. La experimentación se realizó tanto en la fábrica de cocoas y chocolates LA CORONA, como en el laboratorio de Tecnología de Calidad (C1) de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan.

Uno de los objetivos empresariales es la reducción de costos de elaboración de un producto dado, tratando de no afectar negativamente la aceptabilidad del mismo por parte del consumidor. Para cumplir tal objetivo y tomando en cuenta el costo de los ingredientes empleados en la elaboración de un chocolate de leche, se decidió modificar el % de leche entera, sin que tal reducción afectará las características Fisico-Químicas, Reológicas y Sensoriales de la formulación STD.

Basándose en el cuadro metodológico y siguiendo la secuencia establecida se procedió a determinar las características Fisico-Químicas que regularmente se le realizan a una pasta de chocolate mediante las técnicas siguientes:

DETERMINACION	TECNICA
Granulometria	Heraan Heiss/Micrometro
Grasa	Soxhlet
Viscosidad aparente	Brookfield

Para la técnica de Heraan-Heiss es necesario tener una pasta fluida de la muestra a evaluar, para lo cual es necesario tener una relación 1:1 de pasta y aceite con el fin de poder visualizar la distribución de tamaño de partícula en el aparato.

La técnica de Soxhlet involucra una digestión ácida con el fin de separar los lípidos, posteriormente se hace la extracción con una mezcla de solventes para su posterior destilación y cuantificación por diferencia de peso.

Para la determinación de la viscosidad aparente es necesario tener la muestra a 40 C con el fin de garantizar la fluidez del chocolate. La determinación de este parámetro (para el caso de chocolate) se hace generalmente con el huso # 6 y con una velocidad de 40 r.p.m..

Una vez obtenidas las características de la formulación STD, se procedió a variar el porcentaje de leche entera sustituyendo la variación por leche descremada, quedando las formulaciones siguientes:

	STD	M1	M2	M3	M4
LECHE ENTERA	23	21.5	20	18.5	17
LECHE DESCREMADA	1.5761	3.0761	4.5761	6.0763	7.5761

En la primera fase experimental se comparan sensorialmente, la muestra STD, con las cuatro diferentes formulaciones realizadas.

El método utilizado para la evaluación sensorial fue el de diferenciación (Comparación por pares) (15) .

Los resultados de la evaluación sensorial fueron tratados estadísticamente (Anova) con el fin de determinar la formulación que sensorialmente no representara diferencia estadísticamente significativa con respecto a la formulación STD, a un nivel de significancia de 0.01 % .

Independientemente de la evaluación sensorial, a las muestras se les determinó el % de grasa (Boxhiet) y la viscosidad (Brookfield) con el fin de identificar la influencia de la sustitución de leche entera por leche descremada en las formulaciones. Los datos obtenidos fueron tratados estadísticamente mediante un análisis de bloques aleatorizados completos en arreglo 5x3 para % de grasa y viscosidad.

Una vez identificada la formulación de pasta de chocolate(M2) sensorialmente "igual" a la formulación standard (STD) se les determino a ambas los criterios tecnológicos más significativos para un chocolate (Viscosidad plástica y Esfuerzo inicial), con lo cual inicia la segunda fase del trabajo.

El propósito de esta fase fue el de determinar la variación de los parametros reológicos entre una pasta y otra.

El método utilizado para la obtención de los parámetros reológicos fue:

VISCOSIMETRO	SISTEMA	DETERMINACION PARAMETROS DE CASSON	FUENTE
Brookfield	CILINDROS CONC.	ESFUERZO INICIAL, Kc	(16,20,21)
Brookfield	RVT (# 6)	ESFUERZO INICIAL, Kc	(10,23)

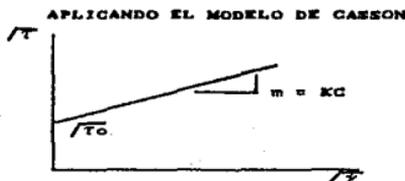
Las determinaciones fueron realizadas para 11 ml de pasta de chocolate para el sistema Cilindros Concentricos(C.C.) y 1000 ml para el sistema Brookfield-RVT(# 6). Las determinaciones se hicieron por triplicado.

Las consideraciones que se tuvieron para la metodología de Cilindros Concentricos fueron:

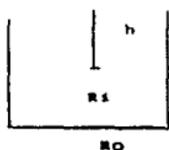


$$T = -\frac{\text{torque}}{2h r_b^2} l \quad \text{donde torque} = \text{cte} = T$$

$$\gamma = -\frac{4hM}{r_c^2 - r_b^2} r_b^2 \quad \text{donde N.a.cte} = \gamma$$

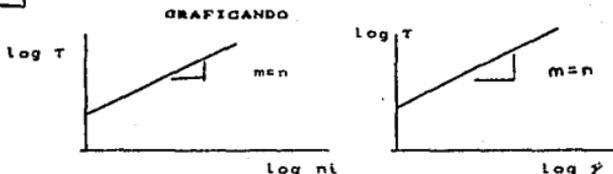


Las consideraciones que se tuvieron para el método de cilindro en medio infinito fueron:

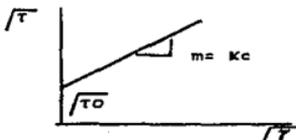


donde $T = T_x \text{ cte}$
 $\gamma = N x \text{ cte } (n)$

$$T = K \gamma^n + T_0$$



APLICANDO EL MODELO DE CASSON



Para igualar la μ de las muestras con el STD y para evitar problemas en el subsecuente moldeo, así como un aumento en la potencia de la bomba de transportación y caballaje del motor del agitador del depósito, se probaron aditivos alimenticios (Emulsificantes) buscando que:

- 1.-Su inclusión en la formulación no alterará las características sensoriales que se habían obtenido respecto a la STD.
- 2.-Que el costo por inclusión del emulsificante fuera el mínimo.

Por otra parte, se determinó también la relación que existe entre la Kc obtenida por el viscosímetro Brookfield-Casson y Brookfield RVT para poder contrastar los datos de ambos aparatos.

II.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

PRIMERA FASE EXPERIMENTAL

Siguiendo la secuencia metodológica propuesta se elaboraron pastas de chocolate, con diferentes concentraciones de leche entera, considerando los siguientes parámetros:

Unidad Experimental: Pastas de chocolate

Tratamientos: Diferente concentración de leche entera (23%, 21.5, 20, 18.5, 17%).

Factores a controlar: -Tipo de grano
-Tostado del grano (t y T)
-Granulometría del licor
-Tiempo de mezcla
-Refinado de las pastas
-Conchado de las pastas
-Temperado de las pastas

Variable de respuestas: Atributos sensoriales (Color y Sabor).

Los batches elaborados con las diferentes formulaciones fueron de 100 Kg cada uno.

Los ingredientes fueron pesados analíticamente.

Para evaluar la muestra que sensorialmente fuera similar a la STD se efectuaron los análisis anteriormente citados.

SEGUNDA FASE EXPERIMENTAL

Una vez seleccionada la formulación que sensorialmente es similar a la STD, se compararon reológicamente obteniéndose de cada una la Viscosidad plástica (Kc) y el Esfuerzo Inicial, dichos parámetros se obtuvieron con el Viscosímetro Brookfield de Cilindros Concéntricos y RVT (06) .

A lo largo de esta etapa se consideraron los siguientes parámetros:

Unidad Experimental: Pastas de Chocolate (STD-M2)

Tratamientos: -Diferente concentración de leche entera.
-Diferente equipo de medición.

Factores a Controlar: Temperatura de medición.

Variable de respuestas: -Viscosidad Plástica (Kc)
-Esfuerzo Inicial (E.I.)

CAPITULO III DISCUSION DE RESULTADOS

III.1 FASE I

Siguiendo la metodología establecida, se evaluó la diferencia de las pastas de chocolate (M1, M2, M3, M4) respecto a la STD, mediante jueces entrenados que determinó la dirección o el sentido de la diferencia en cuanto al toque lácteo.

Los resultados sensoriales obtenidos, fueron analizados obteniéndose el número mínimo de juicios correctos para establecer diferencia a varios niveles de significancia (0.01, 0.02, 0.005 y 0.001). La detección de diferencia fue direccional, por lo que los resultados se compararon en la tabla de una cola. En la tabla 1 se muestran los resultados del análisis estadístico de la evaluación sensorial en cuanto al atributo sabor.

Tabla 1 Resultados estadísticos de sabor

COMPARACION	*NUMERO DE JUICIOS		RESULTADO
	IGUAL	DIFERENTE	
STD - M1	14	2	Igualdad altamente significativa.
STD - M2	13	2	Igualdad significativa
STD - M3	4	12	Diferencia significativa
STD - M4	1	15	Diferencia altamente significativa.

*Numero mínimo de juicios correctos (N=16)

α. 04=12

α. 02=13

α. 005=14

α. 001=15

La diferencia percibida por los jueces fue con respecto al toque lácteo de las diferentes muestras.

Con base en los resultados obtenidos se puede establecer que una variación del 23% al 20% de leche entera no representa una variación estadísticamente significativa en el sabor. Sin embargo, una sustitución mayor de leche entera por descremada afecta sensiblemente las características organolépticas del producto.

Siendo la variante la sustitución de leche entera por leche descremada se puede afirmar que el aporte de grasa butírica por parte de las leches es lo que motiva la diferencia sensorial, debido a que esta grasa es el que provee la cremosidad, toque lácteo y textura.

En la tabla 2 se muestran los resultados del análisis estadístico de la evaluación sensorial en cuanto al atributo color.

tabla.2 Resultados estadísticos de color

COMPARACION	#NUMERO DE JUICIOS IGUAL	#NUMERO DE JUICIOS DIFERENTE	RESULTADO
STD - M1	14	2	Igualdad altamente significativa.
STD - M2	14	2	Igualdad altamente significativa.
STD - M3	12	4	Igualdad significativa
STD - M4	9	15	Diferencia significativa.

#Numero mínimo de juicios correctos(n₀).

$\alpha.04=12$

$\alpha.02=13$

$\alpha.005=14$

$\alpha.001=15$

En cuanto al atributo color, la variación de leche entera es perceptible visualmente entre los niveles 23% y 17%(STD- M4), manifestándose como una diferencia significativa. La comparación

en color entre la muestra STD y las muestras M1, M2 y M3 no presentan diferencia estadísticamente significativa.

De manera global se puede establecer que las muestras STD y M1 se consideran iguales tanto en sabor como en color, así como la STD y M2. Las diferencias sensoriales se presentan al comparar la muestra STD contra la M3, donde existe una diferencia significativa en cuanto a sabor, considerándose en igualdad en cuanto a color. Las mayores diferencias se perciben entre la STD y M4, dando como resultado una diferencia altamente significativa en sabor y significativa en color.

Lo anterior se justifica si se considera que se mantuvieron constantes los principales factores que afectan ambos atributos sensoriales (sabor y color), como son: 1) Tipo de grano, condiciones de tostado (niveles empleados). 2) Condiciones de proceso. 3) Proporciones de ingredientes y niveles de leche.

En base a lo anterior se puede decir a manera de conclusión que lo que establece las diferencias es el tipo de leche empleada.

Por otra parte, los resultados de X de grasa, viscosidad aparente y granulometría para las diferentes pastas se ilustran en la tabla .3.

Dichos resultados, fueron tratados estadísticamente mediante un análisis de bloques aleatorizados completos, donde se consideraron las repeticiones de cada determinación como los tratamientos y la viscosidad y X de grasa para cada X de leche entera como los bloques; las hipótesis fueron:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$$

En la tabla 3 tambien se muestran los resultados de granulometria, de aqui se puede ver que entran dentro de los estandares de calidad ya que para un chocolate de leche la especificación marca 30 micras máximo para su aceptación.

Tabla 3 Resultados de μ ap, % Grasa y Granulometria

MUESTRA	% GRASA	μ ap(CPS)	GRANULOMETRIA	
			MICROM.	H. HEISS
STD	34.84	35	28	25-2P
M1	34.501	41.2	28	25-28
M2	34.10	47.7	28	25-2P
M3	33.72	54	28	25-28
M4	33.30	60.2	28	25-2P

Los resultados estadísticos de estos analisis se muestran en la tabla 4, de aqui se puede observar que ambas rechazan las H_0 por lo que existe diferencia altamente significativa en viscosidad ap. y % de grasa al variar la concentración de leche entera.

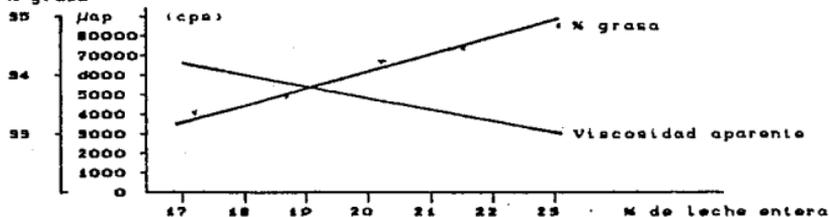
Tabla 4 Resultados Estadísticos

DETERMINACION	ABAC
% DE GRASA	DIF. ALTAMENTE SIGNIFICATIVA
VISCOSIDAD APARENTE	DIF. ALTAMENTE SIGNIFICATIVA

ABAC: Analisis de Bloques Aleatorizados Completos

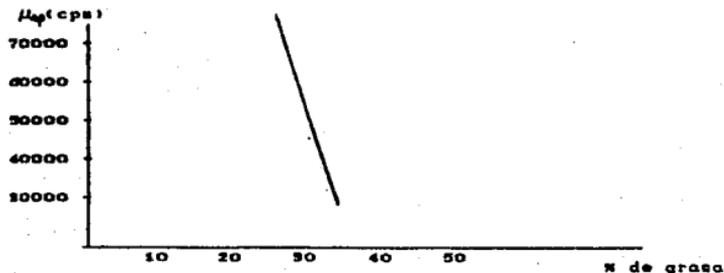
Los resultados de % de grasa y viscosidad ap. para las diferentes pastas se presentan en la grafica 1, en la cual se observa una relación directamente proporcional entre el % de leche entera y el % de grasa, mientras que se tiene una relación inversamente proporcional entre % de leche entera y la viscosidad, se observa también que una variación en el % de leche entera tiene una repercusión mayor en la viscosidad resultante que en el % de grasa, por lo cual se puede considerar a la grasa butirica como un buen emulsificante en la industria chocolatera.

GRAFICA 1 % DE LECHE ENTERA VS. % DE GRASA, VISCOSIDAD APARENTE



Por otra parte en la grafica 2 se observa una relación inversa entre el % de grasa y la viscosidad ap.de las diferentes pastas. Lo anterior se atribuye a que entre menor sea la concentración de leche entera, el aporte de los componentes más polares (fosfolípidos y monoglicéridos) es menor y estos compuestos son emulsificantes naturales.

GRAFICA 2 RELACION ENTRE % DE GRASA Y VISCOSIDAD APARENTE



III.2 FASE II

Los resultados obtenidos en la FASE I, indican que la formulación que sensorialmente se asemeja más a la STD es M2, por lo que se analizó reológicamente ésta, para comparar contra el STD.

De los métodos utilizados para evaluar los parámetros reológicos del chocolate se optó para el análisis de las muestras a analizar la geometría de cilindros concéntricos del Brookfield, debido a que este sistema mide viscosidad absoluta, además de que por la configuración, un cambio en el nivel del chocolate introduce solo 1% de error. Para el análisis de las muestras también se empleó el sistema Brookfield-RVT (huso 6) para poder hacer una comparación entre ambos.

Con el primer sistema se determinó Kc y $E.I$ a partir de la pendiente y el cuadrado de la ordenada al origen de los datos que se ajustan a la línea recta. Con el fin de simplificar el tratamiento de los datos se utilizó un programa, el cual emplea para el análisis de éstos únicamente la lectura de la carátula en relación a la velocidad angular manejada. En la tabla 3 se muestra a manera de ejemplo el tratamiento de la pasta con formulación STD.

TABLA 5 EJEMPLO DE TRATAMIENTO BROOKFIELD-C.C. PARA LAS PASTAS DE CHOCOLATE

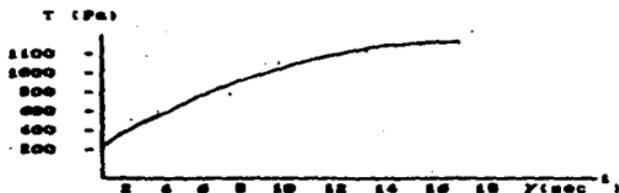
RPM	(SEC-1)		Pa
	LECTURA	VEL. CORTE	ESFUERZO CORTANTE
100	0.0	24.0	-
50	03.0	17.0	107.1
20	20.2	6.80	66.640
10	20.2	3.40	40.64
5	23.0	1.70	30.10
2.5	19.2	0.85	22.64
1	16.0	0.34	17.20

$$n=0.21704$$

$$\text{Viscosidad Plástica (Kc)}=21.05 \text{ Pa s}^{0.5} \times 10^{-2}$$

$$K. I. (K_0)=12.5 \text{ Pa}$$

Gráfica 3 Esfuerzo Cortante vs velocidad de corte del ejemplo de tratamiento Brookfield Cilindros Concentrico



En la gráfica 3 se observa la curva de comportamiento reológico.

El otro método utilizado para el análisis reológico fue el Brookfield-RVT (8 &) el cual involucra el tratamiento logaritmico de la velocidad angular, y el esfuerzo cortante. Para determinar los parámetros reológicos se utilizó el modelo de Casson, el cual involucra la raíz cuadrada del esfuerzo cortante, esfuerzo inicial y la velocidad de corte. La tabla 6 muestra a manera de ejemplo el tratamiento de la pasta con formulación STD. La curva de comportamiento reológico se observa en la gráfica 4.

TABLA 6 EJEMPLO DE TRATAMIENTO BROOKFIELD-RVT(#6) STD

1) LECTURA (L) VEL. ANG (NL) RPM		2) HUSO d K = 2.33	
		T	$\frac{\tau}{T}$
10.1	1	42.535	0.5218
20	2.5	47	0.8350
25.2	5	50.22	7.0054
30.2	10	58.02	8.2837
36.5	20	85.77	0.2044
46.7	50	109.74	10.4750
49.7	100	116.70	10.8071

3) LOG T	LOG NL	4) LOG T vs LOG NL
1.0287	0	CORR=0.992
1.0720	0.3979	m=0.23=nl
1.7724	0.6980	b=1.008
1.8804	1	KNY= 0.851
1.923	1.3010	
2.040	1.6980	
2.067	2	

5) $\gamma = KNY (nl)nl$	d) $\frac{\tau}{\gamma}$
$\gamma = 0.851$	0.9224
$\gamma = 2.1275$	1.4385
$\gamma = 4.255$	2.0627
$\gamma = 8.51$	2.9171
$\gamma = 17.01$	4.1243
$\gamma = 42.53$	6.3280
$\gamma = 85.1$	9.2249

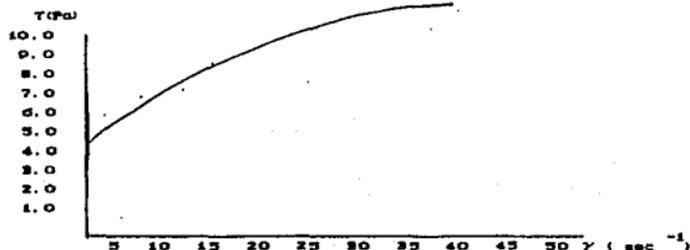
7) $\frac{\tau}{T}$ vs $\frac{\tau}{\gamma}$

CORR = 0.998

$m = 0.4711 = \frac{1}{n} C = Pa \cdot 0.5 \times 10^{-3}$

$b = 0.4697 = b = K.I. = 42.585 Pa$

Gráfica 4 Esfuerzo cortante vs velocidad de corte del ejemplo del tratamiento Brookfield RVT (#d) STD.



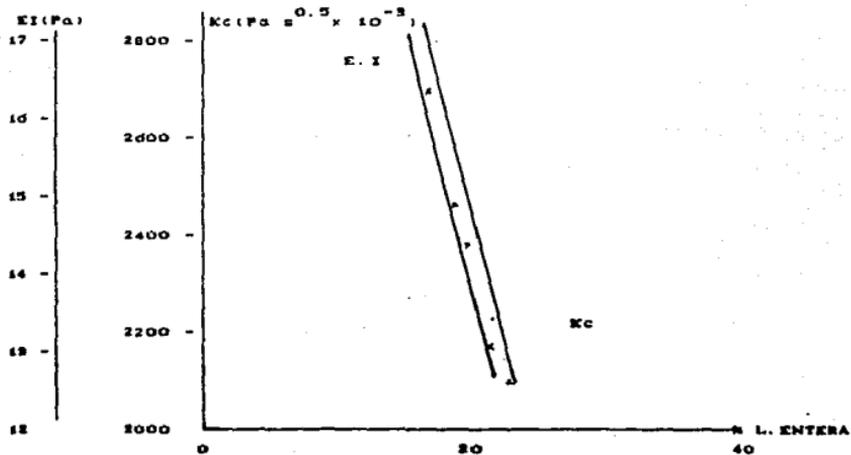
Los resultados para las diferentes pastas se muestran en la tabla 7, estos muestran que entre menor sea la concentración de leche entera en las pastas, la fuerza que necesitan éstas para comenzar a fluir es mayor. Por otra parte la viscosidad plástica aumenta al disminuir la concentración de leche entera debido a que disminuye el aporte de grasa butírica.

TABLA 7 PARAMETROS REOLOGICOS DE MUESTRAS DE CHOCOLATE

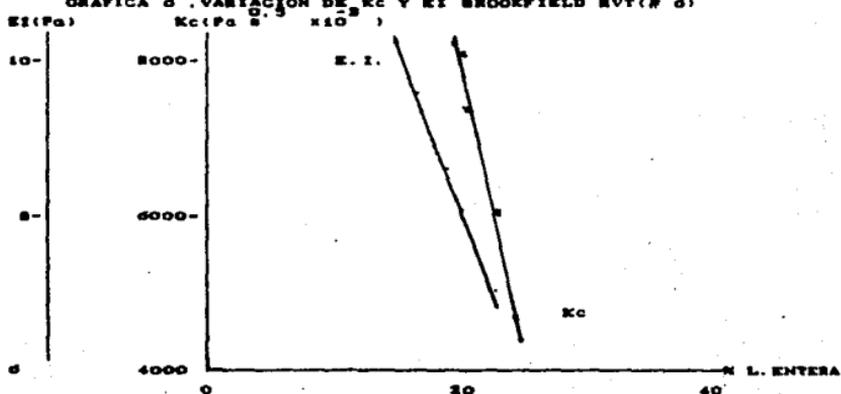
MUESTRA	BROOKFIELD-C. G.			BROOKFIELD-RVT (# d)	
	E. I. Pa	Kc 0.5 Pa s x 10 ⁻³	E. I. Pa	E. I. Pa	Kc 0.5 Pa s x 10 ⁻³
STD	12.982	21.05	42.985		0.4711
M1	12.111	22.14	45.12		0.5010
M2	14.102	24.47	49.25		0.7084
M3	14.920	25.04	52.25		0.7469
M4	16.425	27.9			

Los resultados expuestos en la tabla 7 se representan en las gráficas 5 y 6 donde se observa la misma tendencia del E.I. y Kc por los dos métodos utilizados..

GRAFICA 5 VARIACION DE Kc Y E.I. BROOKFIELD C.C.



GRAFICA 6 VARIACION DE Kc Y EI BROOKFIELD RVT (# 6)



Una vez interpretados los datos del análisis reológico surgió el problema del aumento de la viscosidad y del esfuerzo inicial en la M2 respecto a la STD, implicando: 1) Problemas en el moldeo debido a que se formaban cascarones mas gruesos y por lo tanto el gramaje salía fuera de especificación. 2) Aumento en la potencia de la bomba de transporte de la pasta implicando más consumo de energía. 3) Aumento en caballaje de motor del agitador en el depósito, implicando mayor consumo de energía.

Para solucionar lo anterior y para no desviarse de uno de los objetivos indirectos del presente trabajo se utilizaron aditivos emulsificantes descartando a la lecitina debido a que en formulación las pastas elaboradas llevan 0.5% de este emulgente y a concentraciones mayores de dicho porcentaje presenta un efecto inverso sobre las pastas, esto es, aumenta el E.I. así como Kc.

Los emulsificantes utilizados fueron Admul-wol, Mantecadecacao. La tabla B nos indica que se necesita un 4.5 % de M.C. para llevar a especificación la M2, requiriéndose un gasto adicional de \$49500 pesos para 100 Kg de pasta.

La inclusión de Admul-Wol resultó ser la más económica de los dos emulgente utilizados debido a que: 1) Se necesita tan solo un 0.217 % de este emulgente para llevar a especificación (35000 cps) la M2. 2) Se requiere un gasto adicional de \$ 2821 pesos para llevar a especificación 100 kgs de pasta. Por lo tanto a manera de conclusión se puede decir que se acepta la formulación M2 con la adición de 0.217 % de Admul-Wol para no salir de especificación de viscosidad respecto a la STD.

TABLA 8 CONCENTRACION Y PRECIO DE EMULGENTES PARA LLEVAR 100 KG DE PASTA CON FORMULACION M2 A VISCOSIDAD-DE STD.

Madmul	μ ap Brookfield	RVT(cps)	\$	M.M.C.	μ ap (cps)	\$
-	47700		0	0	47700	0
0.0003	42200		789. P	2	43407	22000
0.001	41000		1122			
0.1220	38000		1586	3	39200	33000
0.1859	36000		2408. P			
0.217	35200		2821	4.5	35000	49500

M.C Manteca de Cacao
\$ Pesos

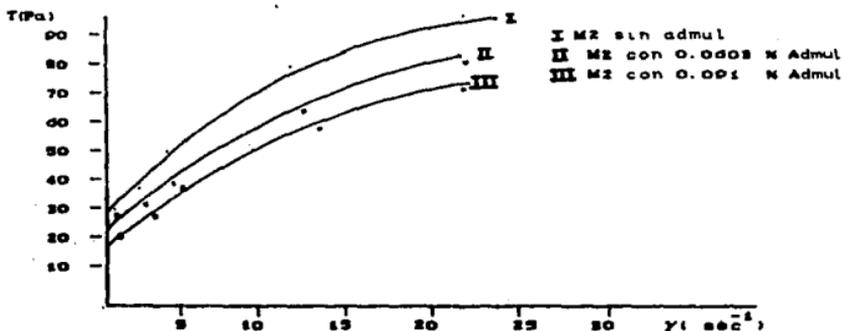
Por otro lado, la tabla 9 muestra el comportamiento del E.I. y la Kc en relación al % de Admul-Wol añadido. De dicha tabla, podemos decir que el Admul-Wol tiene un efecto más drástico sobre el E.I. con ediciones sucesivas. Lo anterior se atribuye a la disminución de la tensión interfacial entre los sólidos hidrofílicos y las grasas.

TABLA 9 COMPORTAMIENTO REOLOGICO DE LA ME TRATADA CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ADMUL-WOL.

% DE ADMUL-WOL	0	0.0003	0.001	0.1220	0.1859	0.217
Kc CC(Pa ^{0.5} S ⁻¹ 10 ³)	2447	2392	2390	2265	2260	2234
E.I. (Pa)	14.182	12.042	11.007	10.741	9.404	9.119
μ ap RVT(cps)	47700	42200	41000	38000	36000	35200

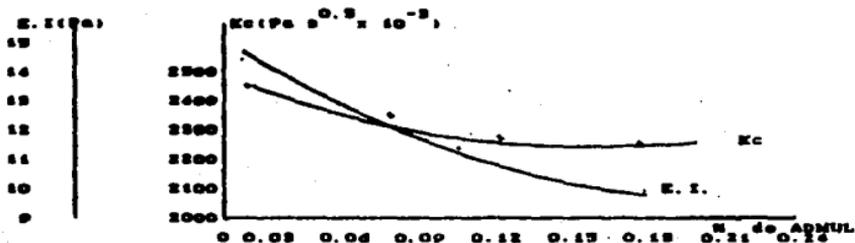
Lo anterior se observa en la grafica 7 donde a mayor concentración de admul, menor es el esfuerzo cortante al igual que el esfuerzo inicial.

Grafica 7 Comportamiento de esfuerzo cortante y velocidad de corte de MZ con diversas concentraciones de Admul-Vol.



La Kc o fluidez de la ME muestra una disminución (con adiciones sucesivas de Admul) más moderada. Lo anterior se observa en la grafica 8 donde con la primera adición de Admul se disminuye en proporción mayor a las que le siguen. En cuanto a la disminución de la μ de ME, esta se logra acercar a la μ de la muestra STD.

GRAFICA 8 TRATAMIENTO CON ADMUL-VOL DE LA FORMULACION MZ (SELECCIONADA)

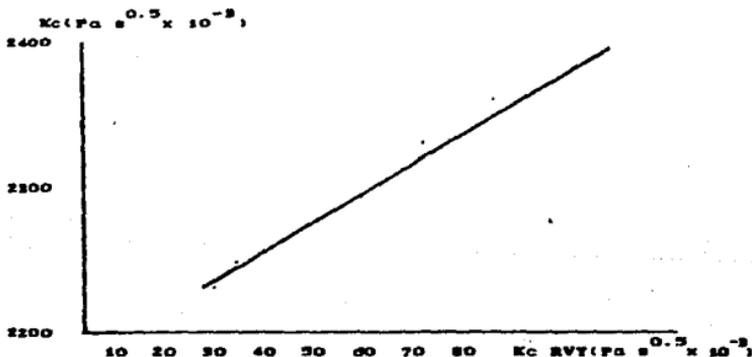


Del E.I podemos decir que en las primeras adiciones de Admul-Wol, se reduce drásticamente el E.I., mientras que en las últimas

adiciones (0.1853) los cambios en el E.I. son mas moderados, debido a que nos acercamos al valor máximo de actuación del admul(0.25), después del cual tiene un efecto inverso, esto es, disminuirá drásticamente el E.I y aumentará drásticamente la Kc, trayendo consigo problemas de cavitacion en bombas de transporte y moldeado incorrecto de las pastas.

Con el fin de contar con los datos de viscosidad que se obtienen con los dos aparatos, se obtuvo la relación entre la Kc de C.C y la Kc RVT # 6 (gráfica 9).

GRAFICA 9 RELACION ENTRE Kc C.C. vs Kc RVT #6



CORR=0.99

m=10.08 b=1283.62

Kc=10.08 (Kc RVT) + 1283.62

CONCLUSIONES

Del estudio realizado podemos decir que:

- Se demostró la utilidad del empleo de contratipos en la industria chocolatera, utilizando como herramienta la evaluación sensorial para mantener la aceptación en el consumidor.

- Para la realización del proyecto, se consideraron los efectos reológicos que trae consigo una variación en el % de leche entera en una pasta de chocolate, para dar una propuesta que además de reducir costos y mantener los atributos sensoriales requiera de los mismos servicios y se pueda trabajar bajo las mismas condiciones que el contratipo.

-De las diferentes concentraciones de leche entera empleadas (21.5% ,20% ,18.5% ,17%), la de 20% se asemeja al STD (23% de leche entera) en atributos sensoriales, sin embargo, la sustitución del 3% de leche entera por leche descremada tiene efectos en los parámetros reológicos, como es un aumento en el E.I. así como en la Kc.

-Mediante el empleo de emulsificantes se demostró la ventaja de modificar los parámetros reológicos de una pasta de chocolate a un precio menor ya que se necesita menor concentración que con el empleo de grasas como lo es el caso de la manteca de cacao.

-Se determinó la relación que hay entre la Kc medida con el viscosímetro Brookfield-C.C. y la Kc medida con el viscosímetro Brookfield RVT #6 para poder contrastar resultados reológicos de pastas de chocolate de leche. La relación entre ambas viscosidades resultó ser proporcional.

RECOMENDACIONES

Con el fin de abatir costos sin perder su calidad en las diversas líneas de chocolate que se manejan en el mercado, se recomienda el uso de la evaluación sensorial y en especial, las pruebas de diferenciación a nivel consumidor.

Es de suma importancia el evaluar el comportamiento reológico de todos los tipos de chocolate, desde el de mesa hasta el de leche, con el fin de optimizar la red de flujo que pueda manejar cualquiera de estos tipos de chocolate.

Para abatir viscosidad sin tener que hacer uso de grasas, se recomienda el uso de aditivos emulsificantes como el *aul-wol* en concentración máxima de 0.25 % ya que a esta concentración y junto con 0.5 % de lecitina se crea un efecto sinérgico.

En caso de que el usuario tenga la necesidad de únicamente disminuir el esfuerzo inicial sin interferir en la viscosidad plástica, se recomiendan concentraciones mayores de 0.25 %.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Carle, Torrefacción de habas, Carle & Montanari, Junio 90 # 12 pp. 27-32.
- 2) Carle, Refinadoras, Uso y Aplicación. Carle & Montanari, Julio 90 # 13 pp. 36-38.
- 3) Carle & Montanari, El chocolate, Abril 1989 pp 35-36.
- 4) Campbell B. Larry and Paviasek J. Sharon, Dairy Products as ingredients in chocolate and confection, Food Technology October 1987 pp 78-84.
- 5) CHOCOPAS, Estudios de chocolate, Chocopas # 8 Nov. 1988 pp 25-26.
- 6) Griessels-Zsw, Zur Problematik Malteltheit and Flieberhalten Von Schokoladen, Ursachendes Bd. 37 1984 pp 11.
- 7) Gunnerbal Jean, La Fabricación de Chocolate, Karlshamms # 8 1991 pp 27-32.
- 8) Gunnerbal Jean, Speciality Fats, Karlshamms # 10 1991 pp 16-28.
- 9) Meursing H.E., Cacaos en polvo para coberturas, De Zaan Far Fast Junio 1990 pp 4-5.
- 10) Mitschka P. Simple Conversion of Brookfield readings into Viscosity functions, Reology Acta 21, 207-209 1982.
- 11) Muller G .H. Introducción a la reología de los alimentos, 1989, Ed. Acribia pp 109-115.
- 12) Munksgaard L. and Ipsen R. Dairy Ingredients for the food industry, Food Technology Junio 1983 pp 47-49.
- 13) Norman N. Potter, Food Science "Chocolate Technology", 1978 pp. 603-608.
- 14) Ortiz Ramirez F., Manual de Aplicaciones del Admul-Wol, La Corona 1992 pp 18-23.
- 15) Pedrero L. Daniel y Pangborn M.R. Evaluación sensorial de los Alimentos (Metales Analíticos) Alhambra 1989.
- 16) Rubins W.J. A quick, Reliable Method for measuring yield value, plastic viscosity and "Mac Michael" Viscosity of Chocolate, The manufacturing confectioner, May 1975 pp 70-74.
- 17) Sato K., Polymorphins of cocoa butter and formation of fat bloom, 2nd International Congress on cocoa and chocolate. Germany 1991.
- 18) Schkemmer H., Precrystalization, Universita de Compiegne (Paris) 18, 5, 1989.

- 19) Seguire S. Edward, Casson Viscosity as yield value, The Manufacturing Confectioner, Nov. 1988 pp 57-60.
- 20) Seguire S. Edward, Factors Influencing the taste, selection and specification of chocolate, The Manufacturing Confectioner, Junio 1988 pp 67-69.
- 21) Seguire S. Edward, Instrument Review : Brookfield. The Manufacturing Confectioner, January 1986 pp 49-55.
- 22) Seguire S. Edward, The Chocolate, Klein Chocolate Company, Elizabethtown Penn. 1990.
- 23) Tecante Coronel A., Manual de Operación y metodos de analisis de datos del viscosimetro de Brookfield. División de Estudios de Postgrado, Facultad de Química (UNAM) 1987.

CURSOS

- 24) El Chocolate, Su Industria, Curso impartido a nivel supervisión, Cocos y Chocolates La Corona. 1990
- 25) Desarrollo de nuevos productos en la industria de alimentos, ATAM-PUAL 1990.
- 26) Tecnología aplicada al chocolate y al cacao, 2nd. Congress on Cocoa And Chocolate 1991.