**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Curso de Pós-Graduação em
Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica
Área de Tecnologia de Alimentos**

***"ESTUDO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E
DE TEXTURA DE CHOCOLATES"***

SUZANA CAETANO DA SILVA LANNES

**Tese para obtenção do grau de
DOUTOR**

**Orientador:
PROF.ASSOC. LUIZ ANTONIO GIOIELLI**

**São Paulo
1997**

SUZANA CAETANO DA SILVA LANNES

**"ESTUDO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E DE
TEXTURA DE CHOCOLATES"**

**COMISSÃO JULGADORA
TESE GRAU DE DOUTOR**

X
PROF. ASSOC. LUIZ ANTONIO GIOIELLI

PROFA. ~~UFMT.~~ JOSÉ ALFREDO GOMES AREAS
1º EXAMINADOR

PROFA. DRA. HELOÍSA MASCIA CECCHI
2º EXAMINADOR

PROF. TIT. JORGE MANCINI FILHO
3º EXAMINADOR

PROF. DR. RONALDO NOVEIRA DE MORAES PITOMBO
4º EXAMINADOR

São Paulo, 25 de setembro de 1997

"Quando alguém encontra seu caminho, precisa ter
coragem suficiente para dar passos errados. As
decepções, as derrotas, o desânimo são ferramentas
que Deus utiliza para mostrar a estrada"

*A todos aqueles que direta ou indiretamente me apoiaram e me impulsionaram
para que o meu caminho, até aqui, fosse percorrido de maneira mais suave e
confiante...*

*Meus Pais Emmanuel e Vailde
Meu marido Luciano
Minhas irmãs Sueli e Selma
Meus filhos Dudu e Letícia
Meu avô Sebastião
Meus tios Ivaldo e Matilde
Meus sogros Carlos e Therezinha*

AGRADECIMENTOS

Ao Prof.Assoc.Luiz Antonio Gioielli que se dedicou e orientou desde o Mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, pela bolsa concedida.

Aos funcionários e colegas do Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS E TABELAS	iv
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE APÊNDICES	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Cacau	1
1.2. Chocolate	8
1.2.1. Processamento	12
1.2.2. Teobromina	23
1.2.3. Componentes voláteis	24
1.3. Gorduras	26
1.4. Reologia	32
1.4.1. Modelos reológicos	33
1.4.2. Viscosidade	34
1.4.2.1. Viscosidade de chocolates	36
1.4.3. Textura	42
1.4.3.1. Medição instrumental de textura	44
2. OBJETIVOS	47
3. JUSTIFICATIVA	48
4. MATERIAIS E MÉTODOS	49

	Página
4.1. Materiais	49
4.1.1. Chocolates “tipo cobertura”	49
4.1.2. Parafina	54
4.1.3. Chocolates ao leite em barra	54
4.1.4. Gorduras	54
4.2. Métodos	55
4.2.1. Atividade de água	55
4.2.2. Composição em ácidos graxos	55
4.2.3. Composição em triacilgliceróis	55
4.2.4. Curva de resfriamento de Jensen (“Cooling curve”)	56
4.2.5. Esterificação em ácidos graxos	56
4.2.6. Extração e determinação do teor de lipídeos totais	57
4.2.7. Teobromina e massa de cacau	57
4.2.8. Textura	58
4.2.9. Viscosidade	59
4.2.10. Umidade	59
5. PARTE EXPERIMENTAL	60
5.1. Misturas	60
5.2. Retemperagem	61
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
6.1. Extração e determinação de lipídeos totais	62
6.2. Composição em ácidos graxos	64
6.3. Composição em triacilgliceróis	73

	Página
6.3.1. Normalização dos valores de triacilgliceróis com 50, 52 e 54 átomos de carbono	81
6.4. Teobromina	87
6.5. Umidade e atividade de água	92
6.6. Textura	96
6.6.1. Análise estatística da dureza de algumas amostras normais, retemperadas e retemperadas com parafina	107
6.6.2. Índice de dureza	112
6.6.3. Diagrama de curvas iso-dureza das misturas	119
6.6.4. Amostragem estatística	121
6.7. Viscosidade	126
6.8. Curva de resfriamento	136
7. CONCLUSÕES	150
8. REFERÊNCIAS	152
9. APÊNDICE	167

LISTA DE QUADROS E TABELAS

	Página
Quadro 1 - Produção mundial de cacau em favas de setembro/91 a agosto/92	5
Quadro 2 - Composição em ácidos graxos de coberturas de chocolate ao leite	72
Quadro 3 - Resultados da curva de solidificação pelo método de Jensen para amostras de manteiga de cacau	138
Tabela 1 - Classificação polimórfica da manteiga de cacau	20
Tabela 2 - Misturas	60
Tabela 3 - Conteúdo de lipídeos totais das coberturas	62
Tabela 4 - Conteúdo de lipídeos totais de barras de chocolate ao leite alemão	63
Tabela 5 - Composição em ácidos graxos das coberturas brancas	64
Tabela 6 - Composição em ácidos graxos das coberturas ao leite	65
Tabela 7 - Composição em ácidos graxos das coberturas ao leite e meio amargo	66
Tabela 8 - Composição em triacilgliceróis das coberturas brancas e meio amargo	74
Tabela 9 - Composição em triacilgliceróis das coberturas ao leite	75
Tabela 10 - Composição em triacilgliceróis das coberturas ao leite	76

	Página
Tabela 11 - Valores normalizados de C50, C52 e C54 da composição em triacilgliceróis das coberturas	82
Tabela 12 - Valores normalizados de C50, C52 e C54 da composição em triacilgliceróis das coberturas	82
Tabela 13 - Valores da análise de teobromina em coberturas brasileiras	88
Tabela 14 - Valores da análise de teobromina em barras de chocolates alemães	89
Tabela 15 - Umidade e atividade de água das coberturas	93
Tabela 16 - Perfil de textura de coberturas brancas	96
Tabela 17 - Perfil de textura de coberturas ao leite à base de gordura vegetal hidrogenada (láurica)	97
Tabela 18 - Perfil de textura de coberturas meio amarga e ao leite (com manteiga de cacau)	98
Tabela 19 - Perfil de textura de coberturas ao leite à base de gordura vegetal hidrogenada (não láurica)	99
Tabela 20 - Perfil de textura das amostras retemperadas	100
Tabela 21 - Perfil de textura das misturas	101
Tabela 22 - Perfil de textura da cobertura das coberturas Garoto + parafina	102
Tabela 23 - Determinação da dureza em amostras normais, retemperadas e retemperadas com parafina	108
Tabela 24 - Determinação da dureza para três repetições de retemperagem e de retemperagem com parafina	110
Tabela 25 - Valores de índice de dureza das amostras e misturas	113

	Página
Tabela 26 - Determinação da dureza para três amostras de cada lote das coberturas - diferença entre as determinações	122
Tabela 27 - Determinação da dureza para três amostras de cada lote das coberturas - diferença entre as determinações	123
Tabela 28 - Determinação da média da dureza para cada lote das coberturas - diferença entre os lotes	124
Tabela 29 - Viscosidade plástica das amostras	131
Tabela 30 - Parâmetros Casson das amostras (viscosidade Casson e "yield value")	132

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Processamento do cacau	7
Figura 2 - Etapas do processo da fabricação do chocolate	14
Figura 3 - Tratamento gráfico da equação de Casson	37
Figura 4 - Descrição gráfica de "yield value" e viscosidade	38
Figura 5 - Viscosidade plástica em chocolate com lecitina	40
Figura 6 - Curva típica do perfil de textura	46
Figura 7 - Cromatograma da análise de ácidos graxos da cobertura Garoto ao leite	67
Figura 8 - Cromatograma da análise de ácidos graxos da cobertura Harald ao leite	68
Figura 9 - Cromatograma da análise de ácidos graxos da cobertura GDT-BL	69
Figura 10 - Cromatograma da análise de triacilgliceróis da cobertura Garoto ao leite	77
Figura 11 - Cromatograma da análise de triacilgliceróis da cobertura Harald ao leite	78
Figura 12 - Cromatograma da análise de triacilgliceróis da cobertura GDT-BL	79
Figura 13 - Distribuição de triacilgliceróis C50 vs C54 de lipídeos totais das coberturas	83
Figura 14 - Distribuição de triacilgliceróis C50 vs C54 de lipídeos totais das coberturas	84

	Página
Figura 15 - Avaliação de triacilgliceróis das coberturas (diagrama ternário)	85
Figura 16 - Variação dos parâmetros de textura a 25°C das coberturas ao leite Harald e Garoto e das misturas M1, M2 e M3	105
Figura 17 - Variação da dureza a 25°C das coberturas ao leite Harald e Garoto e das misturas M1, M2 e M3	105
Figura 18 - Curva e parâmetros de textura a 35°C do texturômetro TA-XT2 da cobertura Dan Top GDT-L9	106
Figura 19 - Curva dos valores de índice de dureza em função da temperatura das coberturas à base de gordura vegetal hidrogenada (não-láurica) e da gordura vegetal hidrogenada (não-láurica)	114
Figura 20 - Curva dos valores de índice de dureza em função da temperatura para as coberturas brancas	115
Figura 21 - Curva dos valores de índice de dureza em função da temperatura das coberturas à base de gordura vegetal hidrogenada (láurica) e mistura e da gordura vegetal hidrogenada (láurica)	116
Figura 22 - Curva dos valores de índice de dureza em função da temperatura das coberturas de chocolate ao leite, meio amargo e branco e da manteiga de cacau	117
Figura 23 - Diagrama de curvas iso-dureza das misturas de cobertura Garoto ao leite e Harald ao leite	120
Figura 24 - Gráfico de Casson da cobertura Dan Top branca para viscosímetro Brookfield LV	130

	Página
Figura 25 - Curva da variação da viscosidade Casson em função do conteúdo de gordura para as coberturas	134
Figura 26 - Curva de resfriamento de Jensen para manteiga de cacau	140
Figura 27 - Curva de resfriamento de Jensen para gordura vegetal hidrogenada Extensel	141
Figura 28 - Curva de resfriamento de Jensen para gordura vegetal hidrogenada Biskin-555	142
Figura 29 - Curva de resfriamento de Jensen para cobertura Garoto ao leite	143
Figura 30 - Curva de resfriamento de Jensen para cobertura Dan Top GDT-L9	144
Figura 31 - Curva de resfriamento de Jensen para cobertura Harald branca	145
Figura 32 - Curva de resfriamento de Jensen para cobertura Evelyn ao leite	146
Figura 33 - Curva de resfriamento de Jensen para cobertura Dan Top MDT-L	147

APÊNDICE

	Página
Apêndice 1 - Valores da curva de resfriamento de Jensen para manteiga de cacau	168
Apêndice 2 - Valores da curva de resfriamento de Jensen para gordura vegetal hidrogenada Extensel	169
Apêndice 3 - Valores da curva de resfriamento de Jensen para gordura vegetal hidrogenada Biskin-555	170
Apêndice 4 - Valores da curva de resfriamento de Jensen para cobertura Garoto ao leite	171
Apêndice 5 - Valores da curva de resfriamento de Jensen para cobertura Dan Top GDT-L9	172
Apêndice 6 - Valores da curva de resfriamento de Jensen para cobertura Harald branca	173
Apêndice 7 - Valores da curva de resfriamento de Jensen para cobertura Evelyn ao leite	174
Apêndice 8 - Valores da curva de resfriamento de Jensen para cobertura Dan Top MDT-L	175

RESUMO

Theobroma cacao é o nome científico do cacau, sugerido no século XVIII por Linné. Porém a história do chocolate se inicia bem antes com as civilizações mesoamericanas Asteca e Maia e, ainda a recém citada Olmeca, entre outros grupos. Os Olmecas, cultura existente a três milênios atrás, foram possivelmente os primeiros a utilizar o chocolate. Os Astecas usavam o chocolate para representar o sangue, um símbolo poderoso, e como moeda.

Coube aos espanhóis difundir para o resto do mundo, a partir do século XVI, o chocolate ou "tchocolath", bebida amarga e apimentada, na qual inicialmente diminuiu-se a proporção de especiarias e acrescentou-se mel ou açúcar.

Atualmente o chocolate é um produto extremamente consumido e cujas propriedades ainda estão sendo descobertas.

Foram analisados chocolates "tipo cobertura" disponíveis no mercado brasileiro, com base em suas propriedades químicas e físicas, com ênfase no estudo de reologia. O estudo instrumental da textura de chocolates é o principal método para avaliação do processo de fabricação e das matérias primas utilizadas. A porcentagem de manteiga de cacau e de gorduras sucedâneas é de especial importância. Também foram avaliadas a influência da adição de parafina nesses chocolates, bem como a compatibilidade de misturas entre chocolates fabricados com manteiga de cacau e "chocolates" fabricados com gorduras hidrogenadas.

Pela composição em ácidos graxos identificou-se o tipo de gordura utilizada nas coberturas: láurica (Harald branca e ao leite); não-láurica (GDT-L9, GDT-BL); mistura láurica/não-láurica (Evelyn branca, MDT-L); manteiga de cacau (Vitória branca e ao leite; Garoto branca, ao leite e meio amarga; Lacta e Dan Top branca). Os diagramas C50 x C54 e o diagrama ternário (POP-SOS-POS) forneceram informações sobre os tipos de gorduras empregadas. O diagrama de iso-dureza apontou a formação de eutético nas misturas entre coberturas Garoto e Harald ao leite, principalmente na proporção 50:50. Os resultados da análise de textura mostraram grande variabilidade em todos os parâmetros, fornecendo um perfil de comportamento para as coberturas. A retemperagem alterou o parâmetro de dureza nas diferentes temperaturas. Existiu diferença entre as amostras retemperadas com e sem parafina. O viscosímetro Brookfield-LV juntamente com programa de computador forneceu resultados satisfatórios para análise de chocolate, sendo um método prático e de baixo custo. A viscosidade não variou linearmente com o conteúdo de gordura. A curva de resfriamento pode prestar-se à identificação do tipo de gordura utilizada na produção de chocolate.

ABSTRACT

Theobroma cacao is the scientific name of the cocoa, suggested in the XVIII century by Linné. However, the history of the chocolate begins before Aztecs and Mayans Mesoamerican civilizations, and the new mentioned Olmecs, among other groups. The Olmecs, a culture existing some three millennia ago, were possibly the first ones to use the chocolate. In some forms, the Aztecs used the chocolate to represent blood, a symbol visually potent, and uniformly used as currency among Mesoamerican cultures.

From XVI century, the Spaniards diffused the chocolate other "tchocolath" to the rest of the World, adding honey or sugar to the spicy drink.

Nowadays, chocolate is an extremely consumed product and whose properties are still being discovered.

Physicochemical properties and rheological studies of the couverture chocolate available at the Brazilian market were analysed. Instrumental study of texture characteristics is a principal requirement for evaluating manufacturing process and raw materials used. The cocoa butter percentage and replacement fats are of special importance. The addition of paraffin also was evaluated, as well as the compatibility of the mixtures among couvertures with cocoa butter and couvertures with replacement fats.

The fats of the couvertures were identified by the fatty acids composition method: lauric fat (Harald white and milk couvertures); non lauric fat (GDT-L9 and GDT-BL couvertures); mixture lauric/non lauric fats (Evelyn white couvertures and MDT-L couverture); cocoa butter (Vitória white and milk

couvertures; Garoto white, milk and bitter couvertures; Lacta milk couverture and Dan Top white couverture). Ternary (POP-POS-SOS) and C50xC54 diagrams provided informations about the types of the fat used in the couvertures formulation. Iso-hardness diagram showed the eutectic formation at the couverture mixtures (Garoto and Harald milk couvertures), mainly in the proportion 50:50. Results of the texture evaluation showed large variability of all parameters, providing a behaviour profile of the couvertures. Manual tempering modified the hardness at different temperatures. There was difference among with and without paraffin manual tempering. Brookfield-LV viscosimeter and the computer program provided satisfactory results to the chocolate analyses, being a practical and low cost method. Viscosity didn't vary linearly with fat content. The cooling curve may be used as a identification method of the fat type used in the chocolate products.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Cacau

O cacaueiro é originário do continente americano, provavelmente das bacias dos rios Amazonas e Orinoco, onde ainda hoje é encontrado em estado nativo em várias regiões, desde o Peru até o México.

Desde a sua origem, o cacau dividiu-se em dois grandes grupos. Às margens do rio Orinoco, nos Andes venezuelanos, desenvolveu-se o tipo **Criollo** que produz frutos maiores de casca rugosa. Na bacia amazônica fixou-se o tipo **Forasteiro**, considerado como autêntico cacau brasileiro que se caracteriza por frutos de forma ovóide e de casca lisa.

O cacau pertence à família *Esterculeácea* e foi classificado primeiramente (1737) como *Theobroma fructus* e após (1753) como *Theobroma cacao* (*Theo* = Deus; *broma* = alimento) por Linneaus. A palavra “cacau” deriva da palavra asteca “cacauatl”, que significa “fruto da árvore” (SCHORMÜLLER, 1970).

Para o gênero *Theobroma* encontram-se 22 espécies distribuídas em 6 seções, sendo a espécie mais importante comercialmente a *Theobroma cacao*, onde estão incluídos os tipos cultivados. Essa espécie foi dividida em duas subespécies: CACAO (Criollo) e SPHAEROCARPUM (Forasteiro) (CARGILL, 1993; SCHORMÜLLER, 1970).

A subespécie CACAO subdivide-se em (CARGILL, 1993).:

. **Lacandonense**: caracterizado por possuir 10 costelas e é encontrado no México;

- . Pentagonum: caracterizado por ter um fruto claviforme (forma de clava), com o nome vulgar de lagarto, é encontrado na América Central e México;
- . Laiocarpum: caracterizado por apresentar fruto de forma ovóide, levemente sulcado, conhecido como Canacaco, é encontrado na Guatemala.

A subespécie SPHAEROCARPUM subdivide-se em:

- . Comum: Caracterizado pela forma amendoada dos seus frutos com tamanho intermediário entre o PARÁ e o MARANHÃO. A extremidade peduncular pode apresentar-se subestrangulada. Sua coloração é verde no fruto imaturo e amarela quando maduro, casca lisa ou ligeiramente rugosa, com sementes roxas e tamanho pequeno;
- . Maranhão: Caracterizado pelo fruto comprido, de forma amendoada alongada, com ou sem estrangulamento peduncular. Sua casca é grossa, rugosa e verde quando imaturo e amarela quando maduro, com sulcos bem pronunciados. Suas sementes são pigmentadas de coloração violeta e de tamanho mediano;
- . Pará: Caracterizado pelo tamanho reduzido dos frutos, forma arredondada, ausência de estrangulamento peduncular. As sementes são pequenas, planas ou ligeiramente redondas de cor violeta. Dentro dessa variedade, distinguem-se subvariedades, como: CASCA DE OVO, MARACUJÁ, PENDÃO VERDE;
- . Parazinho: Caracteriza-se por ser semelhante à variedade PARÁ, porém com semente e fruto ainda menores.

Muitas mutações se originaram a partir desses tipos básicos. As suas denominações variam desde homenagens até aspectos morfológicos que os mesmos venham a apresentar. Pode-se citar as variedades CATONGO e ALMEIDA.

O cacau híbrido é resultado da seleção e cruzamento entre indivíduos selecionados, o cacau híbrido se constitui hoje no material botânico recomendado para a implantação de cultivos comerciais. Dentre as vantagens que o cacau híbrido apresenta, podemos citar: precocidade, longevidade, variabilidade, vigorosidade e resistência às pragas e doenças.

O cacau **Trinitário** é definido como híbrido natural entre o Criollo e o Forasteiro.

Em estudo efetuado para caracterização do componente lipídico em variedades brasileiras de cacau observou-se que estas características variaram pouco entre as cultivares analisadas (ESTEVES *et al.*, 1991).

Para o processo de fermentação deve-se colher exclusivamente frutos maduros, pois somente estes possuem açúcar em quantidade adequada para que se consiga uma boa fermentação. A quebra do fruto deve ser processada 2 ou 3 dias após a colheita, sendo as amêndoas depositadas em caixas de madeira (cochos) ou montões. Estes últimos são usados por pequenos produtores (BASTOS, 1987).

Na técnica dos montões, a massa de amêndoas é revolvida periodicamente. No processo de caixas, as amêndoas são transferidas de uma caixa para outra periodicamente. A revolução do montão ou a transferência de uma caixa para outra depende, em parte, da variedade de cacau processada, do tamanho da caixa, ou montão, e, ainda, de fatores como temperatura e umidade do ambiente. Como exemplo, as amêndoas da variedade Criollo necessitam de menos tempo de revolvimento que as da variedade Forasteiro (LEVANON & ROSSETINI, 1975).

A fermentação é um processo bioquímico que consiste na morte do embrião e cura das sementes. A fermentação propriamente dita ocorre na polpa, onde acontece o desenvolvimento de microrganismos através do processo

de fermentação alcoólica acompanhada de aumento de temperatura (45-50°C) e a queda do valor de pH da massa, ocorrendo a morte da semente (perda da capacidade de germinação). A duração do processo total é de 2 a 6 dias, dependendo do tipo. É necessário revolver o produto a fim de aerar e para certificar-se que as amêndoas da parte externa da massa estejam expostas à temperatura interna. O reconhecimento do cacau bem fermentado é feito pela perda da polpa mucilaginosa, modificação de sua cor original para castanho, diminuição do amargor e resfriamento da massa. A fermentação promove a formação de aroma e sabor (MINIFIE, 1970).

Assim, o processo de fermentação se divide em duas fases principais:

. **biofermentação** - multiplicação de leveduras e produção de álcool etílico (fase alcoólica); multiplicação de acetobactérias e produção de ácido acético (fase acética); difusão do ácido acético nas amêndoas (permeabilização do tegumento) e autólise de células dos microrganismos.

. **quimiofermentação** - ao findar-se a biofermentação, as amêndoas apresentam teor de umidade entre 50 e 60% e são levadas para secagem, onde ocorre a quimiofermentação. As enzimas produzidas na biofermentação atuam sobre os compostos químicos presentes nas amêndoas, nas quais ocorrem modificações que resultam na obtenção do sabor de chocolate. A temperatura ótima de secagem deve ser 34-40°C por ar corrente, obtendo-se porcentagem maior de cacau de boa qualidade quando os limites dessa temperatura são observados, visto que esse intervalo de temperatura é ótimo para ação enzimática (LEVANON & ROSSETINI, 1975; SCHORMÜLLER, 1970).

As amêndoas do cacau após fermentação e secagem devem apresentar algumas características internas e externas que indicam sua qualidade. O problema mais grave da qualidade de amêndoa de cacau é a contaminação por mofo (tipo *Aspergillus*). Três a cinco por cento de amêndoas contaminadas tornam um lote comercial inadequado para a produção de chocolate. As amêndoas atacadas por mofo contêm ácidos graxos livres

resultantes de ação enzimática sobre os triacilgliceróis. O chocolate produzido de amêndoas contaminadas internamente com mofos está sujeito a mofar quando as condições de armazenamento se tornam propícias ao desenvolvimento do fungo. O desenvolvimento de fungos pode reduzir em até 40% a quantidade de matéria graxa nas amêndoas (SCHORMÜLLER, 1970; LEVANON & ROSSETINI, 1975).

Assim, o desenvolvimento do aroma característico do chocolate depende da fermentação, secagem e armazenamento das amêndoas (MINIFIE, 1970).

A produção mundial de cacau em favas de setembro/91 a agosto/92 é apresentada na tabela a seguir (LANNES, 1993).

QUADRO 1 - Produção mundial de cacau em favas de setembro/91 a agosto/92

PAÍS	PRODUÇÃO (toneladas)
1°. Costa do Marfim	750.000
2°. Brasil	308.000
3°. Gana	240.000
4°. Malásia	230.000
5°. Indonésia	170.000
6°. Nigéria	150.000

A safra 96/97 de cacau deve render 3,1 milhões de sacas de 60 kg, mesmo volume da colheita anterior. O seguimento prevê faturar US\$ 350 milhões. A Bahia, maior Estado produtor do país, será responsável por 2,8 milhões de sacas (CACAU, 1997).

A Figura 1 demonstra as fases de processamento do cacau a partir das favas (CHOCOLATES GAROTO; UNIVERSITY, 1997).

FIGURA 1 - Processamento do cacau

1.2. Chocolate

Chocolate é o produto preparado com cacau obtido por processo tecnológico adequado e açúcar, podendo conter outras substâncias alimentícias aprovadas (BRASIL, 1989).

Chocolate cobertura é o produto homogêneo preparado com massa ou pasta de cacau, manteiga de cacau e açúcares, com composição característica ao tipo de chocolate ao que se refere (amargo, ao leite ou branco) (BRASIL, 1989). Existem as coberturas que contêm em sua formulação gorduras sucedâneas da manteiga de cacau e que, por isso, não podem ser denominadas de chocolate cobertura.

A primeira fábrica européia de chocolate foi fundada em 1728 por Fry & Sons em Bristol-Inglaterra. F.L. Cailler estabeleceu-se em Vevey (Suíça) em 1819, sendo esta a primeira planta suíça de chocolate. Em 1828, Van Houten (Holanda) introduziu o processo holandês para alcalinização de cacau em pó. Daniel Peter (Vevey) criou em 1875 o chocolate ao leite, adicionando leite evaporado ao açúcar e à amêndoa do cacau torrada e sem casca. Rodolphe Lindt (Berne-Suíça) em 1879, por conchagem e adição de manteiga de cacau à pasta de chocolate, desenvolveu o produto de textura e sabor que conhecemos até hoje (SCHETTY, 1970).

Em 1914 estoura a Primeira Guerra Mundial, determinando o fim da expansão das indústrias chocolateiras. Foram feitas restrições às exportações do produto. Tabletes de chocolate passaram a fazer parte da ração de emergência dos soldados americanos em serviço, porém não foram adequados à este uso. Em 1934, o capitão Paul P. Logan desenvolveu uma fórmula de ração à base de chocolate, contendo cacau, açúcar, leite em pó desnatado, manteiga de cacau, vanilina, aveia e vitamina B1, que em

seguida foi batizada de "Ração D". A Companhia Hershey, desenvolveu nova "Ração D" para a 2ª Guerra Mundial, a qual continha outros ingredientes nutritivos e possuía cerca de 600 calorias. Durante a guerra foram produzidos cerca de meio milhão de tabletes por dia. Com o fim da 2ª Guerra, as indústrias chocolateiras voltam a aumentar suas produções e em breve o chocolate se tornaria um dos produtos mais populares em todo o mundo (PICCAZIO & FREGNI, 1987).

Recentemente, ao estudar o pó do cacau, cientistas conseguiram isolar três substâncias químicas da família das N-Aciletanolaminas, que têm a capacidade de imitar no sistema nervoso os efeitos da cannabis (maconha) quando combinadas com a cafeína, também presente no chocolate (DI TOMAZO *et al.*, 1996).

O chocolate, ainda pode conter outras substâncias que causam efeitos diversos ao organismo (ALIMENTO, 1996):

- Outros estudos também apontam os efeitos estimulantes do chocolate. Segundo pesquisador da Universidade College de Wales, cada 100 g de chocolate contém 5 mg de metil-xantina e 160 mg de teobromina. Ambas as substâncias são semelhantes, em efeito, à cafeína;

- Pesquisadores da Universidade da Califórnia dizem que 100 g de chocolate contém mais de 660 mg de feniletilamina (PEA), um estimulante muito parecido com outros produzidos naturalmente pelo organismo: a dopamina e a adrenalina. Ainda na Universidade da Califórnia, foi pesquisado que um copo de chocolate quente, cerca de 7,3 g de cacau, chega a conter 146 mg de fenóis, substâncias que ajudam a evitar a oxidação do mau colesterol (LDL), reação química que aumenta a probabilidade de o mau colesterol aderir nas paredes das artérias. O chocolate em pó é capaz de inibir em 75% a oxidação do colesterol;

- No Canadá, Universidade de Alberta, descobriram que o chocolate pode ajudar a combater a hipotermia, estado caracterizado pela queda de 2°C da temperatura do coração;

- No Reino Unido, Universidade Middlesex, pesquisou-se o efeito do aroma do chocolate, relatando-se que este é capaz de reduzir as ondas cerebrais chamadas teta (de 2,6 microvolts para 1,8 microvolts), ligadas ao estado de alerta e atenção, funcionando o chocolate como calmante.

Em termos nutricionais, a composição do chocolate ao leite Lacta, fornece o seguinte (quantidade/50g - % de valores diários baseados numa dieta de 2.000 calorias):

Gordura total - 15g/23%

Gordura Saturada - 9g/47%

Colesterol - 7mg/2%

Sódio - 50mg/2%

Carboidratos totais - 29g/10%

Fibras - 0g/0%

Açúcares - 28g

Proteínas - 4g/8%

Vitamina A - 0%

Vitamina C - 0%

Cálcio - 122mg/10%

Ferro - 0,5mg/4%

A situação do mercado de chocolates no Brasil tem melhorado ano a ano. Em 1995, as vendas da indústria cresceram 37% sobre 1994, atingindo R\$ 1,5 bilhão. Em 1996 houve um aumento de 5% em relação a 1995. Foram 309 mil toneladas, contra 294 mil t de 1995. O Brasil é o quinto maior fabricante mundial de chocolates. A concorrência cada vez maior das marcas internacionais está levando os três maiores fabricantes de chocolates do país (Garoto, Lacta e Nestlé) a ampliar seus investimentos

em novas tecnologias e “marketing”. No bimestre abril/maio de 1997, a Garoto chegou à liderança absoluta, 68 anos depois de sua fundação, com 31,2% das vendas. A Nestlé, nesses dois meses, ficou com 28,9% e a Lacta, tradicional líder, caiu para terceiro lugar, com 28,1%. A italiana Ferrero Rocher já tem 2,2% do mercado (CHOCOLATE, 1997; QUATRO, 1997; PAULINO NETO, 1997; SETOR, 1997).

O consumo per capita é de 1,8 kg, considerado baixo se comparado a países Europeus. Em 1993, o Brasil consumiu 70 mil toneladas de chocolate, média de 900 g por pessoa, época na qual o consumo na Suíça era de 18 kg por pessoa/ano. Entre os diversos tipos de chocolate, o que mais vende no Brasil é o bombom, com 53,4% do mercado (QUATRO, 1997; SETOR, 1997).

1.2.1. Processamento

Massa de cacau, manteiga de cacau, açúcar e leite são os quatro ingredientes básicos para se fazer o chocolate. Por mistura, de acordo com formulações específicas, são obtidos os três tipos de chocolates(CHOCOLATE, 1984; ROSENSTEIN, 1984):

- chocolate natural: massa de cacau + manteiga de cacau + açúcar;
- chocolate ao leite: massa de cacau + manteiga de cacau + açúcar + leite;
- chocolate branco: manteiga de cacau + açúcar + leite.

Outros ingredientes podem ser adicionados: emulsificante (lecitina), aromatizante, sementes oleaginosas, malte e ovos.

O chocolate é formado por uma dispersão sólida de massa de cacau, açúcar, manteiga de cacau, lecitina e flavorizantes. Adicionalmente, chocolate ao leite contém gordura e proteína do leite e lactose. A manteiga de cacau e outras gorduras adicionadas produzem a fase contínua, com concentração entre 28-40%. A fase dispersa é produzida por cristais de açúcar hidrofílicos, com tamanho de partículas entre 5 e 35 μm . O tamanho ótimo das partículas sólidas do chocolate está entre 15-20 μm e a concentração de partículas sólidas na massa total está entre 5 e 20%. A porcentagem de proteína do leite em chocolate ao leite é aproximadamente 3-6%. Quando misturados e refinados, os componentes interagem e isto resulta em uma estrutura friável, onde as partículas sólidas não estão envolvidas por uma fase gordurosa contínua. Esta conversão de estrutura numa massa fluida e lisa, sem percepção sensorial de partículas no estado sólido, é o resultado da "conchagem", quando aproximadamente 0,5% de lecitina é adicionada como emulsificante.

Quando a fase gordurosa vai solidificando, uma outra fase dispersa é produzida na massa do chocolate, que temporariamente resulta em aumento

de viscosidade e finalmente na solidificação do chocolate, desenvolvendo-se cristais. Quando o processo de solidificação é completado, existe também uma pequena quantia de componentes gordurosos da fase líquida. A proporção é uma função da temperatura do chocolate, afetando dureza e brilho. O consumidor avalia a textura do chocolate especialmente quanto à quebra, mastigabilidade, brilho e fusão na boca (TSCHEUSCHNER & MARKOV (I), 1986).

O processo de cristalização dessas gorduras pode ser observado por microscopia sob luz polarizada e que, juntamente com as características de fusão, são importantes na obtenção de um produto final com boas características.

O processo de fabricação do chocolate se baseia nas seguintes etapas (Figura 2):

FIGURA 2 - Etapas do processo de fabricação do chocolate

Um exemplo de fabricação de chocolate é dado a seguir (FALA GAROTO, 1988):

A partir do cacau em amêndoas começa a limpeza dessa matéria-prima com a utilização de peneiras vibratórias e equipamentos de sucção.

Livres de impurezas como pedaços de madeira, pedras, cascas e pó, as amêndoas de cacau são levadas aos torradores, visando a realçar seu sabor, reduzir a umidade e facilitar a retirada da casca. O cacau chega aos torradores com 7 a 8% de umidade e sai com 1,5 a 2%. A retirada de quase toda a água existente nas amêndoas é fundamental para um bom desempenho nas etapas seguintes de moagem e prensagem, evitando bloqueios nos moinhos.

Torradas e com a umidade bem reduzida, as amêndoas passam pelo quebrador e descascador, recebendo a denominação **nibs**, que é o cacau limpo, torrado, quebrado e descascado. Segue-se então a primeira moagem, em moinhos de rolos, tornando-se uma pasta com alto teor de gordura (manteiga de cacau), numa concentração de 53 a 55%.

A pasta de cacau é então “esterilizada” à temperatura de 120°C, processo que também retira grande parte da acidez, fazendo sobressair o sabor do cacau. Esterilizada, a pasta sofre a segunda moagem, em moinhos de esferas; é peneirada e a parte ainda grossa é novamente moída. Tem-se então o líquido ou massa de cacau. Parte deste é prensado para se retirar a manteiga de cacau, ficando ainda de 10 a 12% de manteiga na torta, que é usada na fabricação de chocolate e cacau em pó.

Após a saída da prensa, a manteiga de cacau é filtrada e desodorizada, ficando assim livre de sabores indesejáveis. Essa filtragem é feita à temperatura de 160°C, em equipamento sob pressão reduzida. O beneficiamento do cacau está agora completo, gerando três subprodutos: massa, manteiga e torta de cacau.

Para produzir o chocolate são misturados açúcar, leite em pó integral, leite desnatado, massa e manteiga de cacau. As quantidades desses ingredientes dependem do tipo do chocolate desejado para o produto final. O chocolate para cobertura, por exemplo, tem mais manteiga de cacau que o chocolate em pó e o chocolate ao leite contém mais leite. Essa mistura é chamada tecnicamente de **balanceamento** e é particular de cada fabricante.

Juntos, esses ingredientes passam por refinadeiras de rolos e, quanto mais fina a massa, melhor se torna o chocolate. Bem refinado, o chocolate segue por correias transportadoras para grandes conchas, onde é batido durante 24 horas, em três etapas: concheamento a seco, pastoso e líquido. Na primeira etapa, o produto fica livre de umidade e acidez; na segunda, torna-se pastoso, homogêneo e uniforme; e na terceira, recebe o restante da manteiga de cacau exigida pela formulação, sendo finalmente armazenado em tanques, com agitação constante à temperatura de 40°C.

Dos tanques de armazenagem, o chocolate é retirado em porções, que são adaptadas, por força de alterações físicas, às diversas utilizações (coberturas, bombons, tabletes).

As várias etapas aplicadas para se fabricar chocolate são de especial importância. Em particular, as etapas de refino dos sólidos do cacau e do açúcar, conchagem, pré e pós- cristalização durante a estocagem (TSCHEUSCHNER & MARKOV(II), 1986).

A temperagem é uma etapa muito importante na fabricação do chocolate, sendo o seu propósito produzir formas polimórficas estáveis na manteiga de cacau, fornecendo à massa estrutura estável e homogênea durante o resfriamento (FEUGE *et al.*, 1962).

A temperagem envolve a formação de um número suficiente de cristais β . Às temperaturas usuais de temperagem e moldagem, que podem ser 33°C para chocolate, somente uma parte muito pequena de manteiga de cacau pode existir no estado sólido.

A estrutura física de chocolates e especialmente coberturas, assim como sua aparência e comportamento durante longos períodos de armazenamento, são principalmente determinados pela correta temperagem da massa. O propósito da temperagem é produzir núcleos cristalinos de manteiga de cacau suficientes, independente de transformações polimórficas que podem dar à massa uma estrutura estável e homogênea durante a passagem pelo túnel de resfriamento (BRACCO *et al.*, 1965).

A temperagem depende estritamente da capacidade de cristalização de gorduras. Este polimorfismo é monotrópico, isto é, existe uma forma polimórfica simples e estável com ponto de fusão mais alto e calor latente mais baixo. As formas polimórficas da manteiga de cacau α , β e β' diferem entre si em suas formas cristalinas e propriedades físicas (dilatometria, calorimetria). Métodos modernos de análises permitem a determinação dessas estruturas cristalinas (raio X, espectroscopia de infravermelho) e suas propriedades calorimétricas (DSC "differential scanning calorimetry"). Como na tecnologia do chocolate toda operação de temperagem tem a tendência de induzir a formação de cristais de manteiga de cacau, particularmente de triacilgliceróis monoinsaturados, um desses métodos pode ser aplicado para determinação do grau de têmpera (BRACCO *et al.*, 1965; FEUGE *et al.*, 1962; ROSSELL, 1986).

O grau de têmpera da massa de chocolate ou cobertura pode ser obtido simplesmente pela construção da curva de resfriamento ("cooling curve"), onde é medida a velocidade de cristalização (BRACCO *et al.*, 1965; FEUGE *et al.*, 1962; ROSSELL, 1986).

Uma planta para temperagem pode ser do tipo ciclo térmica, a qual é muito eficiente, constando das seguintes partes:

- 1 Tanque de estocagem para chocolate sem temperar com camisa de aquecimento e agitador;
- 1 Bomba de chocolate com descarga independente de pressão;
- 4 Trocadores de calor de alta eficiência;
- 3 Áreas de retenção em camisas térmicas e transportador lento tipo rosca sem fim mantidos a temperaturas iguais às do precedente trocador de calor;
- 1 Tanque para a massa de chocolate temperado, contendo um agitador provido de raspador para limpar as paredes.

A tecnologia de temperagem de ciclo térmico pode ser descrita como segue (CHOCOLATES GAROTO):

Massas de cacau e de coberturas fundidas, que estão temporariamente estocadas em tanques, são mantidas a 50°C e agitadas continuamente. A massa é depois transferida para os trocadores de calor por meio de bombas. Estes são colocados em série e guarnecidos com raspadores especiais acoplados aos rotores que mantêm as superfícies dos trocadores limpas. Cada trocador é seguido de uma área de retenção mantida à mesma temperatura, a qual contém um transportador sem-fim que torna possível conseguir os ajustes de temperatura necessários. Isto é feito devido à formação de cristais e conseqüente liberação de calor de cristalização, que não ocorre instantaneamente, mas requer certo período de tempo, similar à germinação de cristais.

Para se conseguir formação de cristais e liberação de calor de cristalização rápidas, o chocolate fundido é submetido a um intenso resfriamento sob tratamento mecânico no primeiro trocador de calor ($T=25^{\circ}\text{C}$). No segundo trocador, a temperatura é aumentada para 33°C, também por tratamento mecânico. Nesta operação, os cristais de ponto de fusão baixo são fundidos ou transformados numa modificação com alto ponto de fusão.

A finalidade do terceiro trocador de calor é aumentar a quantidade de cristais gordurosos de alto ponto de fusão, que servem como “gérmen” no chocolate fundido ($T=29^{\circ}\text{C}$).

No quarto trocador de calor, a massa de chocolate fundida, que contém cristais de pontos de fusão relativamente altos, é levada a um equilíbrio, sendo aquecido à temperatura ótima de processamento. Esta é de $35\text{-}36^{\circ}\text{C}$, para massas sem leite, e $33\text{-}34^{\circ}\text{C}$ para massas com leite.

Chocolate ou massas de coberturas bem temperadas são armazenados em tanque com agitador termostaticamente controlado e à temperatura ótima de processamento, aproximadamente 34°C .

Se o chocolate é solidificado sem nenhuma atenção na cristalização da fase gordurosa, ele apresentará textura granular, falta de brilho e manchas. Poderá, ainda, formar cristais instáveis facilitando o “fat bloom”. Este pode ser definido como o desenvolvimento de uma nova fase na gordura do chocolate, que se manifesta em diversos pontos da superfície, em grupos de cristais grandes ($0,5\ \mu\text{m}$), sendo freqüentemente esbranquiçada, pois os cristais difundem a luz incidente. A microscopia eletrônica mostra que esses cristais são idênticos aos da forma VI formados na superfície da manteiga de cacau (MARTIN JR, 1987; MINIFIE, 1980; TIMMS, 1984; WEISS, 1983).

A manteiga de cacau é um exemplo típico de fenômeno de polimorfismo que certas gorduras vegetais exibem, ao existir em duas ou mais diferentes formas cristalinas. São conhecidas seis formas polimórficas, que se caracterizam pelo seu ponto de fusão, que aumenta com a estabilidade termodinâmica. A Tabela 1 apresenta as seis formas polimórficas da manteiga de cacau juntamente com a nomenclatura sistemática (TIMMS, 1984).

TABELA 1 - Classificação polimórfica da manteiga de cacau

FORMA	PONTO DE FUSÃO (°C)	NOMENCLATURA SISTEMÁTICA
I	17,3	β'_3 (sub-alfa)
II	23,3	α -2
III	25,5	β'_{2-2}
IV	27,5	β'_{1-2}
V	33,8	β_{2-3}
VI	36,2	β_{1-3}

O "fat bloom" pode ser causado por (MINIFIE, 1980):

- . Chocolate mal temperado;
- . Métodos de resfriamento incorreto;
- . Presença de gordura "mole" em recheios;
- . Condições inadequadas de armazenagem (calor);
- . Adição ao chocolate de gorduras incompatíveis com a manteiga de cacau.

Existem estudos no sentido de se inibir o "bloom" em chocolates. A presença de gordura do leite como um ingrediente natural do chocolate ao leite, a adição de ésteres lácticos de monoglicerídeos, triestearato de sorbitana e éster de poliglicerol têm sido indicados para este fim (LOHMAN & HARTEL, 1994; SAMSUDIN & IDRIS, 1995).

Outro fenômeno que ocorre em chocolates é o "sugar bloom", que também provoca manchas brancas na superfície do produto, porém devido à migração de cristais de açúcar. Este se deve basicamente a:

- . alta umidade relativa na sala de empacotamento ou estocagem (temperatura deve estar entre 15-18°C e umidade entre 40-50%);

- . ocorrência de condensação quando o produto refrigerado entra na sala de empacotamento;
- . mãos úmidas na mesa de empacotamento (para produtos cobertos).

Cada fabricante utiliza condições particulares que produzem sabor e textura desejados para seu produto, envolvendo as variáveis tempo, temperatura, aeração e agitação. Outros fatores que devem ser levados em consideração são o tipo de amêndoa de cacau usada e a maneira como foi torrada (CHOCOLATE, 1984; MARTIN JR., 1987; MINIFIE, 1980).

No Brasil, na fabricação de coberturas, tenta-se adequar ao clima tropical e às diferentes aplicações, possuindo viscosidade apropriada tanto para serem trabalhadas pelo método caseiro, quanto por métodos industriais.

Sua utilização é ampla, desde preparações caseiras como bolos, tortas, pudins, musses, bombons cobertos e enformados, cobertura de frutas secas e frescas, até produtos industrializados como tabletes, ovos de Páscoa, outras figuras ocas e produtos cobertos em geral.

As características de textura do chocolate são consideravelmente influenciadas pela quantidade e tipo de matérias-primas usadas. A porcentagem de manteiga de cacau é de especial importância. Frequentemente, as gorduras sucdâneas são avaliadas pela sua habilidade de melhorar a fluidez do chocolate fundido. O tipo de gordura é mais importante que o conteúdo total (TSCHEUSCHNER & MARKOV, 1989).

A textura é um dos principais fatores de qualidade que influencia a aceitação de produtos comestíveis, sendo o método preferido para quantificar aspectos que são de grande importância na determinação da aceitabilidade pelo consumidor (CAMPOS *et al.*, 1989).

A comparação entre testes sensoriais e instrumentais efetuados em chocolates mostram a boa correlação entre essas características de textura. Isto demonstra que a medição instrumental pode ser usada em estudos de rotina e avaliação da qualidade (MARKOV& TSCHEUSCHNER, 1989).

As propriedades físicas do chocolate também são alteradas devido à adição de emulsificantes, que diminuem a viscosidade.

O chocolate, como todo alimento, é sujeito à modificações de sabor durante o tempo. Com o chocolate ao leite este processo inicia-se 6 meses após a fabricação. Após 15-18 meses à temperatura ambiente, este já não apresenta boas propriedades degustativas. Esta curta vida de prateleira do chocolate ao leite deve-se ao processo de rancificação da gordura do leite. Sendo o chocolate um produto gorduroso, este absorve odores de produtos que estão ao seu redor dependendo do local de armazenamento. Com o chocolate amargo ou meio amargo, por outro lado, existe uma melhora de sabor, e somente à partir de 18-24 meses, antes que ocorra degradação oxidativa devido exposição ao ar, alteração no sabor se torna perceptível (CHOCOLATE, 1997).

1.2.2. Teobromina

O amargor no sabor do chocolate é contribuído pelos alcalóides teobromina e cafeína. No grão estes estão presentes em grande quantidade em combinação química com taninos ou glicosídeos. Durante a fermentação e subsequente processamento, parte dessas bases xantinas são liberadas.

A teobromina pura é um pó branco cristalino que sublima sem fusão a 200°C. Os cristais de cafeína estão na forma de agulha que sublimam a 100°C. No estado puro estes alcalóides são solúveis em clorofórmio ou tetracloreto. Porém, nem a cafeína, nem a teobromina podem ser completamente extraídas do cacau bruto com estes solventes orgânicos, devido sua combinação química com o tanino.

A teobromina está presente no chocolate acabado em até 1,75%. É aproximadamente 1,5 vez mais amarga que a cafeína, que está presente em aproximadamente 0,4%.

A relação teobromina/cafeína é maior na semente seca do cacau tipo Forasteiro que no Criollo. (SCHORMÜLLER, 1970)

1.2.3. Componentes voláteis

Os chocolates preparados a partir de diferentes variedades comerciais do cacau são reconhecidos por diferir em suas propriedades organolépticas. Esta é a base da fórmula de mistura tradicional usada pela maioria dos fabricantes de chocolates (ROHAN, 1965).

A característica primária de aroma do chocolate é resultado de dois importantes estágios do processamento do grão do cacau. O primeiro destes, a fermentação, ocorre nos trópicos onde o cacau é cultivado; o outro é geralmente realizado na fábrica de chocolate onde ocorre a torrefação do cacau fermentado (ROHAN, 1963).

A semente fresca do cacau tem odor e sabor de vinagre. A característica de sabor amargo e adstringente e o sabor doce residual do grão fermentado podem ser prejudicados por várias falhas, tal como processamento de fruto não maturado ou supermaturado, aeração insuficiente, falta de mistura do fruto e contaminação como resultado de secagem imprópria (BELITZ & GROSCH, 1987).

Existem mais de 400 compostos voláteis no cacau torrado que são mais ou menos importantes na reconstituição do aroma do cacau. Precursores do aroma são encontrados entre os produtos de reação da fermentação anaeróbica, particularmente aminoácidos e açúcares, que interagem durante a torrefação via mecanismos de Maillard e Strecker e subsequentes reações. São importantes substâncias de aroma do cacau os aldeídos, compostos heterocíclicos e terpenos. O doce do aroma do cacau é derivado do "linalool" e de uma série de aldeídos como o isopentanal, feniletanal e seus produtos de condensação como aldol e 5-metil-2-fenilhex-2-enal. O aroma torrado é derivado de pirazinas e piridinas, por exemplo acetilpiridina. O sabor amargo é derivado de purinas, de teobromina e cafeína e de

dioxopiperazinas, que são formadas durante a degradação térmica de proteínas durante a torrefação. É possível simular ou reconstituir o aroma de cacau usando estes ou compostos similares (BAILEY *et al.*, 1962; BELITZ & GROSCH, 1987).

O cacau da Bahia é caracterizado por possuir sabor do tipo ácido, com sabor básico de chocolate porém com pouca ou nenhuma qualidade aromática (BAILEY *et al.*, 1962).

1.3. Gorduras

A importância nutritiva/fisiológica dos lípidos é baseada em sua função como molécula combustível (39 kJ/g de triacilglicerol) e como fonte de ácidos graxos essenciais e vitaminas. À parte dessas funções, algumas outras propriedades dos lípidos são indispensáveis no manuseio e processamento dos alimentos. Estas incluem a agradável sensação na boca de cremes e a capacidade de solubilizar muitos constituintes aromáticos e de sabor de alimentos. Estas propriedades são de importância em alimentos para adquirir textura desejada, aroma e sabor específicos e satisfatória retenção de aroma (BELITZ & GROSCH, 1987).

A classe lipídica de compostos também inclui algumas importantes substâncias aromáticas ou precursores. Alguns compostos lipídicos são indispensáveis como emulsificantes de alimentos, enquanto outros são importantes como corantes solúveis em óleos ou gorduras (BELITZ & GROSCH, 1987).

A manteiga de cacau é um lípido com características próprias obtida por processo tecnológico adequado da massa ou pasta de cacau *Theobroma cacao* L. ou do cacau triturado, podendo ser filtrada, centrifugada e desodorizada (BRASIL, 1989).

A manteiga de cacau é composta predominantemente (>75%) de triacilgliceróis simétricos com o ácido oléico na posição sn-2, sendo POP (palmítico-oléico-palmítico - 14,4%), POS (palmítico-oléico-esteárico - 33,7%) e SOS (esteárico-oléico-esteárico - 23,3%), possuindo apenas traços de triacilgliceróis assimétricos (PPO, PSO e SSO). Contém aproximadamente 20% de triacilgliceróis que estão líquidos à temperatura ambiente e possui faixa de fusão de 32-35°C e de amolecimento ao redor de 30-32°C (SHUKLA, 1995).

Em comparação com manteiga de cacau produzida na Malásia e em Gana, a brasileira contém menores quantidades de triacilgliceróis mono-insaturados e maiores quantidades de outros triacilgliceróis insaturados. A curva de sólidos mostra que a brasileira é a mais mole, sendo que sua qualidade pode ser melhorada pelo método de fracionamento, obtendo-se estearina extremamente dura e que pode ser usada para melhorar a qualidade da manteiga de cacau mole (SHUKLA, 1995).

Para substituí-la de maneira total ou parcial, a indústria e pesquisadores têm trabalhado no desenvolvimento de sucedâneos, produzindo gorduras com características que atendam às exigências dos consumidores. Estes são classificados como "(DEMAN & DEMAN, 1994; LANNES, 1993; LANNES & GIOIELLI, 1997):

a) substitutos (CBS-"cocoa butter substitutes") - similares à manteiga de cacau em suas propriedades físicas, mas não totalmente compatíveis para misturas. Podem se dividir em:

láuricas - obtidas por processos de modificação de óleos de caroço de palma, coco, babaçu e tucum. É um produto moldável resistente ao "fat bloom" e não necessita de temperagem pois os cristais formados são estáveis. Devem ser usadas com cacau em pó com pouca gordura. Podem ser designadas por "cocoa butter replacers" (CBR) por substituir a manteiga de cacau. A estearina de caroço de palma hidrogenada ou interesterificada fornece um produto para uso específico, sendo menos resistente ao "fat bloom" e com menor brilho que aqueles elaborados somente da estearina de caroço de palma. Em mistura só pode ser acrescentada de até 5% de manteiga de cacau, para que não ocorra amolecimento por formação de eutético, ou ocorra a formação de "fat bloom". Outro problema que pode ocorrer é hidrólise (lipólise), resultando na liberação de ácido láurico livre, causando sabor de sabão. Para que isso ocorra é necessário a presença de água e lipase (proveniente de cacau em pó, amêndoa ou leite em pó);

não-láuricas - também obtidas por processos de modificação, a partir de óleos líquidos como soja e algodão, principalmente, semente de girassol, canola, amendoim, óleo de palma, oleína de palma e super oleína de palma. Os tipos não fracionados são bastante utilizados na formulação de cobertura para biscoitos e gotas de chocolate usadas para panificação. Seu uso é limitado pelas pobres qualidades degustativas. No entanto, as coberturas possuem bom brilho, alta resistência ao "fat bloom", longa vida de prateleira, baixo custo e não necessitam de temperagem. Podem tolerar até 25% de manteiga de cacau em base lipídica na produção de coberturas;

b) equivalentes (CBE-"cocoa butter equivalents") - similares em suas propriedades físicas e químicas, sendo compatíveis para misturas em qualquer proporção, pois contém quase os mesmos ácidos graxos e acilgliceróis da manteiga de cacau. São gorduras não hidrogenadas obtidas de três matérias primas principais: óleo de shea ("shea oil"), manteiga de illipe ("illipe butter") e óleo de palma ("palm oil"). Não existe gordura natural com a mesma composição da manteiga de cacau, assim os CBEs são preparados por mistura, fracionamento e interesterificação. Necessitam do mesmo processo de temperagem que a manteiga de cacau para atingirem formas polimórficas desejadas e para prevenir o "fat bloom". É possível produzir CBE com ponto de fusão e conteúdo de sólidos mais alto que a manteiga de cacau, denominando-se então de melhorador da manteiga de cacau ("cocoa butter improver"- CBI). Esta pode ser usada para produzir chocolate mais duro para clima tropical, aumentando ainda a resistência ao "fat bloom".

Atenção especial neste estudo será dada às gorduras usadas na formulação de "coberturas". As aplicações dessas gorduras especiais em produtos de chocolate são descritas a seguir (DEMAN & DEMAN, 1994):

- **Gorduras láuricas em produtos de chocolate:** óleo de caroço de palma hidrogenado ou estearina de caroço de palma são excelentes para uso em produtos de chocolate de vida de prateleira curta. Óleo de caroço de palma

é também usado em produtos moldados, figuras ocas e coberturas para biscoitos. As coberturas tem rápida fusão na boca e não fundem nos dedos. A contração, importante nas figuras ocas, e brilho são satisfatórios. Óleo de caroço de palma não fracionado é mais adequado para cobertura de bolos e produtos similares em países de clima temperado;

- **Gorduras não-láuricas em produtos de chocolate:** estas gorduras vegetais são freqüentemente misturadas com óleo de palma hidrogenado e/ou fracionado, com ou sem óleo de algodão ou soja hidrogenado. Coberturas baseadas neste tipo de gordura têm longa vida de prateleira com e retenção de brilho. Os tipos não fracionados têm limitada contração no resfriamento e são menos adequados para produtos moldados. A fusão na boca é lenta e tende a parecer cera, porém isto pode ser camuflado em produtos de panificação e "bars" com centro crocante. Os tipos fracionados frequentemente exibem contração no resfriamento, sendo usados para moldados e têm melhor propriedade degustativa.

- **Gorduras em coberturas com amêndoas:** coberturas podem ser formuladas com amêndoas, tais como amendoim ou nozes. Láuricos fracionados altamente sólidos são usados para formular esses produtos. Ao invés de usar as amêndoas inteiras, essas podem ser trituradas liberando-se parte do óleo, sendo as amêndoas parcialmente desengorduradas usadas em formulações de coberturas;

- **Recheios cremosos:** muitos confeitos recheados são essencialmente misturas de gordura e açúcar, juntamente com aromas e outros ingredientes como pasta de amêndoas, sólidos de cacau e essências de frutas. Esses são recheios de produtos cobertos como chocolates, "wafers", balas ou biscoitos. Os recheios podem ser de dois tipos, fase contínua gordurosa e fase contínua água/açúcar. Recheios com fase contínua gordurosa típicos incluem "nougat", trufa e manteiga para "wafers" e biscoitos. Produtos de fase contínua aquosa são marzipan, caramelos, cremes, geléias, etc. O

efeito eutético que causa amolecimento pode às vezes ser benéfico. No caso de recheio para chocolate elaborado com 25% de óleo de caroço de palma fracionado em chocolate ao leite ou amargo, o comportamento de fusão é muito bom. Gorduras em recheios cremosos devem ser compatíveis com a gordura da cobertura, sendo que pode ocorrer migração do recheio para a cobertura ou vice-versa. Esse processo pode afetar a integridade do produto e aparência devido ao amolecimento e ao "bloom". Problemas de amolecimento eutético e "bloom" de cobertura de chocolate com manteiga de cacau causado por um recheio com óleo de caroço de palma pode ser resolvido pelo uso de barreira, como por exemplo óleo de caroço de palma fracionado altamente sólido. Este pode ser compatível com óleo de caroço de palma no recheio porém duro o suficiente para prevenir migração de gordura para cobertura. Controle similar de migração de óleo líquido de um recheio com manteiga de amendoim para a cobertura de chocolate pode ser obtido por uma barreira de cobertura com óleo de palma hidrogenado. Uma outra maneira de resolver este problema é substituir parte do óleo do amendoim por fração de óleo de palma hidrogenado. Recheios com gordura não-láurica apresentam algum grau de compatibilidade com todos os tipos de gorduras de coberturas.

Atualmente, os fabricantes de chocolate dos países da União Européia já podem utilizar até 5% de outras gorduras que não seja a de cacau, com a condição dos ingredientes estarem indicados nos rótulos dos produtos. Com o acordo, países como Irlanda, Grã-Bretanha, Portugal, Finlândia, Noruega, Áustria, Dinamarca e Suécia vão continuar a utilizar quase 5% de gordura vegetal mais barata, como óleo de palma, na produção de chocolate. Em 1973, uma diretiva da Comunidade Européia estabelecia que somente eram permitidos manteiga de cacau, sólidos do cacau, açúcar e leite no chocolate ao leite (FABRICANTES, 1996; INFORM, 1995).

Os fabricantes de chocolates da Suíça, em 1 de julho de 1995, decidiram permitir o uso de equivalentes da manteiga de cacau (CBE) em produtos

rotulados como chocolate. A nova lei permite até 5% do peso do produto de chocolate em base gordurosa de CBE, porém os produtos ainda devem manter o mínimo requerido de teor de cacau. Continuam, ainda, debates na Comissão da União Européia em se permitir CBE na produção de chocolates. Países como França e Holanda têm se oposto à ação da União Européia para a regulamentação de CBE (INFORM, 1995).

Para baixar o custo, a manteiga de cacau é adulterada também com parafina, sendo que esta reduz o índice de saponificação da mistura (SONNTAG, 1979).

Novas tecnologias têm surgido para fazer frente às necessidades crescentes de novos produtos que atendam à demanda de alimentos com reduzidos teores de gordura e de colesterol e teores elevados de fibras.

1.4. Reologia

Reologia diz respeito a relações força-tensão dos materiais que mostram o comportamento intermediário entre sólidos e líquidos. As forças podem ser de compressão, tensão ou cisalhamento. O tempo é freqüentemente introduzido em taxas de medição de trocas de forças e deformações. As trocas químicas em alimentos freqüentemente ocorrem com o tempo e podem ser estudadas por métodos reológicos. A temperatura é também importante e freqüentemente aparece em equações reológicas (RAO, 1977).

Reologicamente, um material pode deformar de três modos: elástico, plástico ou viscoso. Num corpo elástico ideal, a deformação ocorre no instante em que a tensão ("stress") é aplicada, sendo diretamente proporcional a esta e desaparece instantânea e completamente quando esta força é removida. Num corpo plástico ideal, a deformação começa até um certo valor de "stress" (chamado "yield stress") ser alcançado. A deformação é permanente e não ocorre recuperação quando o "stress" é removido. Num corpo viscoso ideal, a deformação ocorre no instante em que o "stress" é aplicado, porém, em contraste com um corpo elástico, é proporcional à taxa da força e não é reconstituída quando o "stress" é removido (SZCZESNIAK, (A)1963).

Neste trabalho vai ser discutida especificamente a reologia de chocolates. A reologia detalhada de chocolates não é clara, porém mostra o amolecimento ou o endurecimento complexos sob condições específicas.

1.4.1. Modelos reológicos

Modelos reológicos são usados porque eles representam, de maneira facilmente compreensível, o comportamento mecânico de materiais e facilitam a descrição matemática de seu comportamento.

O modelo de Bingham foi o primeiro a ser usado para chocolates e, mais tarde, o modelo de Casson foi aplicado para descrever seu comportamento de fluxo. Em 1973, o modelo de Casson foi adotado como método oficial do "International Office of Cocoa and Chocolate-OICC" (OICC, 1973; WILSON *et al.*, 1993).

No método padrão para determinação de "yield value" e viscosidade de massa de cacau e chocolate, o método para avaliação dos resultados de acordo com Casson (1959) foi escolhido pelo comitê de especialistas do "International Bureau for Cocoa and Chocolate", porém a equação de Casson não é muito usada para uma explicação dos processos físicos envolvidos no modelo de Casson (KLEINERT, 1976).

CHEVALLEY (1991) fez uma adaptação da equação de Casson para a reologia do chocolate, que forneceu melhor aproximação para avaliação do "yield value".

TSCHEUSCHNER & MARKOV (II) (1986) apresentaram um modelo mecânico para representar as características reológicas de chocolates a partir do estudo para determinar a força de compressão, força de cisalhamento e força de ruptura, utilizando-se penetrômetro modificado, cujo método apresentou boa reprodutibilidade.

1.4.2. Viscosidade

É chamada de viscosidade a resistência interna (fricção) do líquido (fluido) ao escoamento. Isto difere da fricção sólida, sendo que para um líquido verdadeiro a menor força aplicada causa um fluxo contínuo (MULLER, 1973).

A viscosidade de um alimento líquido depende de sua temperatura e composição e pode também depender da taxa de cisalhamento ou força de cisalhamento, do tempo de cisalhamento, bem como seu prévio histórico (RAO, 1977).

A palavra viscosidade é geralmente reservada para líquidos Newtonianos; para líquidos não-Newtonianos a viscosidade a uma dada taxa de cisalhamento é chamada de viscosidade aparente (RAO, 1977).

Um líquido ou fluido Newtoniano é aquele que apresenta uma relação linear entre a taxa de deformação e a tensão de cisalhamento (MULLER, 1973).

Fluidos não-Newtonianos são aqueles para os quais a viscosidade depende da taxa de cisalhamento (ou, equivalentemente, da tensão de cisalhamento). Todos materiais que exibem comportamento não-Newtoniano sob condições ordinárias são coloidais ou macromoleculares (KRIEGER, 1983).

Os fluidos não-Newtonianos podem ser classificados em três grupos, como segue:

1. Independentes do tempo

- a.1. Sem tensão de cisalhamento inicial

- a.1.1. Pseudoplásticos

- a.1.2. Dilatantes

a.2. Com tensão de cisalhamento inicial

a.2.1. Plásticos de Bingham e outros

b. Dependentes do tempo

b.1. Reopéticos

b.2. Tixotrópicos

c. Viscoelásticos

1.4.2.1. Viscosidade de chocolates

Os primeiros experimentos com chocolates foram conduzidos com um viscosímetro capilar, que não foi particularmente adequado. Aproximadamente em 1950 foi usado um viscosímetro de cilindro concêntrico

A viscosidade tem sido usada há vários anos pela indústria de chocolates para descrever o aspecto de qualidade de seu produto. Também é utilizada para dimensionar tubulações e bombas que são utilizadas no transporte de chocolate fundido na planta de fabricação (DUCK, 1970). FINCKE & HEINZ (1960) concluíram que é possível calcular fluxo e dimensão de tubulação para plantas de produtos que possuem propriedades reológicas complexas, como no caso do chocolate. Em aspectos práticos o chocolate precisa fluir de acordo com sua utilização, por exemplo, chocolate utilizado como cobertura de bombons precisa fluir mais que aquele utilizado para produção de tabletes.

Para muitos fluidos pseudoplásticos com um "yield value", as propriedades de fluxo podem ser caracterizadas pela equação de Casson (Eq.(1)):

$$\tau^{0,5} = K_0 + K_1 \gamma^{0,5} \quad (1)$$

onde τ é a tensão de cisalhamento, γ é a taxa de cisalhamento e K_0 e K_1 constantes que estão relacionadas com a concentração da suspensão, viscosidade do meio, tamanho das partículas e fatores interativos. Esta equação foi originalmente derivada para uso com suspensões pigmento-óleo de tinta de impressão, porém tem sido usada para descrever as propriedades de chocolate líquido. Uma forma alternada desta equação pode ser (Eq.(2)):

$$\tau^{0,5} = \eta_{\infty}^{0,5} \gamma^{0,5} + \tau_0^{0,5} \quad (2)$$

onde η_{∞} é viscosidade de cisalhamento infinita (independente da taxa de cisalhamento) e τ_0 é a tensão de cisalhamento. Esta forma é usual para viscosímetro de baixo cisalhamento. Aplicando-se esta equação obtém-se uma linha reta, quando a raiz quadrada da tensão de cisalhamento é plotada vs. a raiz quadrada da taxa de cisalhamento. Esta linha reta pode ser interpretada por analogia com o fluido de Bingham. O intercepto é a raiz quadrada da tensão de cisalhamento $\tau_0^{0,5}$ e a inclinação da linha é a raiz quadrada da viscosidade de cisalhamento infinita $\eta_{\infty}^{0,5}$, que corresponde à viscosidade plástica de um fluido de Bingham (ROSEN & FOSTER, 1978). A Figura 3 mostra o tratamento gráfico da equação de Casson.

FIGURA 3 - Tratamento gráfico da equação de Casson

São utilizados dois parâmetros para definir a viscosidade de chocolates (Pascalxseg ou 10 Poise): "yield value", expresso em dinas/cm²

($\text{Pascal} \times 10^{-1}$), é a mínima quantidade de força necessária para produzir um fluxo ou *como* fazer o chocolate fluir; e "viscosidade plástica", que descreve as características de fluxo tendo este iniciado ou é *quando* o chocolate flui (SONDERGAARD, 1987). A Figura 4 fornece uma descrição gráfica desses dois parâmetros.

FIGURA 4 - Descrição gráfica de "yield value" e viscosidade

Em estudos efetuados com viscosímetro Rotavisko para observar a reologia de chocolates, foi encontrada viscosidade distinta para todas as amostras analisadas. Reopexia e tixotropia foram ocasionalmente observadas, porém sob condições experimentais especiais, onde se concluiu que o chocolate representa um sistema reológico complexo (MATZ, 1962).

A manteiga de cacau fundida é um fluido Newtoniano, porém quando sólidos do cacau estão presentes, o chocolate fundido é um líquido não-Newtoniano com um "yield stress". A viscosidade do chocolate é afetada por diversos fatores de processo e composição. O comportamento reológico das massas

de chocolate fundido é influenciado pelos seguintes fatores: conteúdo de gordura, de água e de lecitina, granulometria, formulação (chocolate com ou sem leite) e temperatura. A viscosidade diminui com acréscimo em gordura e lecitina e aumenta com a elevação do conteúdo de água. Com o aumento de temperatura a viscosidade plástica decresce até um certo ponto, porém o "yield value" não é afetado significativamente. A temperagem (cristalização induzida da manteiga de cacau) aumenta a viscosidade e o "yield value". A viscosidade também decresce durante a conchagem, que é o processo de batimento e mistura do açúcar e massa de cacau. Com todos os outros parâmetros estando constantes, a viscosidade do chocolate aumenta com a diminuição do tamanho de partículas; o aumento do "yield stress" é muito maior que a viscosidade (RAO, 1977; ROBBINS, 1979).

Atualmente a lecitina é intensamente usada na indústria de chocolates, numa dosagem de 0,2-0,4%. Uma dosagem maior leva a sabor amargo e aumento da viscosidade. A partir de alguns experimentos concluiu-se que apenas uma proporção da lecitina total adicionada ao chocolate é efetiva em reduzir a viscosidade. As moléculas de lecitina que não atacaram as partículas do chocolate, obviamente atuam em alguma parte no decréscimo da viscosidade, porém seu mecanismo de ação não é claro (MINIFIE, 1980; SONDERGAARD, 1987).

Pode-se observar do efeito da lecitina: a) o ótimo de adição de lecitina não é idêntico para todo tipo de chocolate; b) uma adição em excesso de lecitina influencia negativamente nas propriedades reológicas (limite reológico), passando a não influenciar notavelmente a viscosidade do produto; c) uma massa com maior conteúdo graxo necessita, para conseguir propriedades reológicas ideais, menor quantidade de lecitina que uma massa com menor conteúdo graxo (ROSENSTEIN, 1984).

A Figura 5 mostra a variação da curva de viscosidade com o acréscimo de lecitina e com o aumento no teor de manteiga de cacau.

FIGURA 5 - Viscosidade plástica em chocolate com lecitina

O fosfolípide sintético, conhecido como emulsificante YN, tem o mesmo efeito da lecitina, porém não é notado o efeito "thickening" (aumento de viscosidade) com altas concentrações (SONDEGAARD, 1987). Testes mostraram que este emulsificante tem o poder de redução da viscosidade aproximado de 5/3 em relação à lecitina de soja (MINIFIE, 1980).

O poliglicerol poliricinoleato é outro emulsificante usado, que em contraste com os fosfolípidos, tem a propriedade de reduzir ou, às vezes, eliminar o "yield value" (SONDERGAARD, 1987).

Os emulsificantes agem de forma a cobrir as partículas sólidas com um filme muito fino, reduzindo a fricção entre essas partículas. Pequena quantidade de água leva a um aumento de viscosidade. Isto é devido à formação de camadas de xarope na superfície das partículas de açúcar. Os

emulsificantes cobrem essas partículas, reduzindo sensivelmente a umidade (SONDERGAARD, 1987).

Até os anos 60 a indústria usava o viscosímetro MacMichael como sendo o instrumento padrão para medir viscosidade de chocolates, porém reconhecia-se que este apresentava diversas falhas. Atualmente, o instrumento mais comumente empregado para tal medição é o viscosímetro "Brookfield Synchro-Lectric". Enquanto este instrumento não mede viscosidade aparente em taxas de cisalhamento bem definidas num fluido não-Newtoniano, seu baixo custo e simplicidade de operação são razões convincentes para encontrar meios de usá-lo para caracterizar tal fluido (ROBBINS, 1979; ROSEN & FOSTER, 1978).

DUCK (1970) detalhou um sistema de viscosímetro que permite a determinação de valores de fluxo Casson de chocolates, usando viscosímetro Brookfield HBT adaptado, sendo um nomógrafo desenhado para uso com cilindro concêntrico.

WILSON *et al.* (1993) utilizaram o método vane múltiplo para obter dados de "yield stress" em chocolate fundido, que demonstrou ser rápido e simples, podendo ser adequado para uso em análises de rotina de garantia da qualidade.

1.4.3. Textura

De acordo com SZCZESNIAK (A) (1963), a textura pode ter várias definições, porém elas apontam dois importantes elementos: a estrutura física do material (sua geometria) e a maneira como o material é manuseado e sentido na boca (suas propriedades mecânicas e de superfície).

As propriedades de textura de um alimento são aquele grupo de características físicas que provém de elementos estruturais do alimento, são sentidas pelo tato, são relatadas pela deformação, desintegração e fluxo do alimento sob uma força e são medidas objetivamente pelas funções massa, tempo e distância (BOURNE, 1966).

A análise do perfil de textura descreve o procedimento de submeter alimentos à compressão por algum sistema mecânico e de analisar a curva força-tempo resultante desta mastigação simulada (BOURNE, 1981).

As características de textura podem ser agrupadas em três classes principais (SZCZESNIAK (A), 1963):

- a. características mecânicas;
- b. características geométricas;
- c. outras características (referentes principalmente à umidade e conteúdo de gordura do alimento).

As características mecânicas são manifestadas pela reação do alimento ao "stress"(força/tensão).

As características mecânicas podem ser divididas nos seguintes parâmetros básicos (SZCZESNIAK (A), 1963):

- a. **Dureza:** força necessária para atingir uma dada deformação;
- b. **Coesividade:** resistência das ligações internas que formam o produto;

- c. **Viscosidade:** taxa de fluxo por unidade de força;
- d. **Elasticidade:** taxa na qual o material deformado volta à sua condição normal após a força de deformação ser removida;
- e. **Adesividade:** trabalho necessário para superar as forças de atração entre a superfície do alimento e a superfície de outros materiais com a qual o alimento toma contato.

Além desses parâmetros básicos, a textura pode ser caracterizada em termos de parâmetros secundários (SZCZESNIAK (B), 1963; POMERANZ & MELVAN, 1987):

- a. **Fraturabilidade:** força pela qual o material fratura. Está relacionado aos parâmetros primários de dureza e coesividade. Em materiais fraturáveis, a coesividade é baixa e a dureza pode variar de baixa para alta;
- b. **Mastigabilidade:** energia requerida para mastigar um alimento sólido até a deglutição. Está relacionada com os parâmetros primários de coesividade, elasticidade e dureza;
- c. **Gomosidade:** energia requerida para desintegrar um alimento semi-sólido até estar pronto para deglutição. Está relacionada com os parâmetros primários de dureza e coesividade. A gomosidade é característica de alimentos semi-sólidos com baixo grau de dureza e alto grau de coesividade.

1.4.3.1. Medição instrumental de textura

O texturômetro fornece boa correlação entre valores instrumentais e avaliação subjetiva dada por um painel treinado para avaliar o perfil de textura. Ele é aplicado para medição de parâmetros mecânicos de textura como dureza, coesividade, viscosidade, elasticidade, adesividade, fraturabilidade, mastigabilidade e gomosidade. Definições subjetivas desses parâmetros são interpretadas em termos de medições físicas caracterizadas pelo perfil de textura (FRIEDMAN *et al.*, 1963).

Os instrumentos universais são projetados para realizar um grande número de medições, apenas trocando-se dispositivos. Atuam nos alimentos com diferentes tipos de forças: compressão, cisalhamento, extrusão, corte e outras. Os equipamentos do tipo universal, em sua grande maioria, apresentam as mesmas características e são compostos basicamente de (CAMPOS *et al.*, 1989; SZCZESNIAK (B), 1963):

- a. dispositivo (célula de teste) que entra em contato com a amostra;
- b. sistema de acionamento do pistão ao qual está conectada a célula de teste;
- c. elemento sensor que detecta a resistência do alimento à força aplicada;
- d. sistema registrador que assinala as curvas de força-distância ou força-tempo, ou ainda a energia gasta durante o teste, isto quando existe acoplado à ele sistema de integração .

O penetrômetro de cone usado pela AOCS para medir consistência em gorduras é um dos instrumentos que pode ser substituído por um texturômetro (CAMPOS *et al.*, 1989; DEMAN & GUPTA, 1984; FRIEDMAN *et al.*, 1963, SZCZESNIAK (B), 1963). É possível considerar a penetrometria como uma extensão da reometria para medir propriedades físicas de materiais sólidos e altamente viscosos, tais como chocolates e doces (KLEINERT, 1976).

Em testes efetuados para comparar o penetrômetro de cone com o analisador de textura TA-XT2, observou-se que o analisador de textura é mais sensível que o penetrômetro de cone (LANNES & GIOIELLI, 1995- IV).

O gráfico força x distância fornecido pela medida de textura representa as características texturais da amostra sob teste e pode ser chamada de perfil de textura. A formulação matemática de cada um dos parâmetros foi desenvolvida após cuidadosos experimentos e considerações das variáveis dependentes importantes. A Figura 6 representa uma curva típica do perfil de textura, indicando os métodos de medição de cada parâmetro (FRIEDMAN *et al.*, 1963).

Onde:

A1, A2 e A3 = áreas

d1 e d2 = distância de compressão

elasticidade = $d2/d1$

coesividade = $A2/A1$

gomosidade = dureza x coesividade

mastigabilidade = dureza x coesividade x elasticidade

FIGURA 6 - Curva típica do perfil de textura

2. OBJETIVOS

Os objetivos principais deste trabalho podem ser resumidos a seguir:

- Estudar e avaliar a composição e as propriedades físico-químicas de chocolates “tipo cobertura” fabricados no Brasil;
- Realizar misturas entre as coberturas fabricadas à base de manteiga de cacau com as que contém em sua formulação outro tipo de gordura, verificando o comportamento;
- Verificar o efeito da adição de parafina nas propriedades de textura e viscosidade;
- Avaliar o efeito da retemperagem manual de coberturas à base de manteiga de cacau, nas propriedades de textura e viscosidade.

3. JUSTIFICATIVA

Devido à carência de trabalhos científicos brasileiros elaborados sobre o tema “chocolate”, decidiu-se realizar um estudo dos chocolates “tipo cobertura” existentes no comércio brasileiro e largamente usados por pequenos e médios transformadores, confeitarias e indústrias de confeitos. Também foram analisados alguns chocolates ao leite alemães para fins de comparação com as coberturas ao leite.

Este estudo pretende auxiliar a esses usuários na otimização do uso e no melhor entendimento teórico sobre o assunto, bem como ao pessoal técnico que trabalha na indústria chocolateira fornecendo um apanhado científico sobre a tecnologia de chocolates.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Materiais

4.1.1. Chocolates “tipo cobertura”

As amostras foram obtidas no comércio aleatoriamente.

- Na análise de textura foram utilizadas as seguintes amostras:

- Evelyn (ao leite, branco);
- Dan Top (GDT-BL, GTD-L9, MDT-L, branco);
- Garoto (meio amargo, ao leite, branco);
- Harald (ao leite, branco).

- Demais análises:

- Evelyn (ao leite, branco);
- Vitória (meio amargo, ao leite, branco);
- Lacta (ao leite);
- Dan Top (GDT-BL, GTD-L9, MDT-L, branco);
- Garoto (meio amargo, ao leite, branco);
- Harald (ao leite, branco).

- Amostragem estatística

Obteve-se no comércio aleatoriamente amostras das coberturas abaixo, cada uma de três lotes de fabricação diferentes:

- Evelyn (ao leite);
- Garoto (ao leite);
- Harald (ao leite).

INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS (conforme consta na embalagem):

• Evelyn ao leite

Nome: Cobertura à base de gordura vegetal hidrogenada

Ingredientes: açúcar cristal, gordura hidrogenada, cacau em pó, sal refinado, aroma natural de laranja, aroma artificial fantasia custard cream, acidulante H-II, conservador P.IV e estabilizante E.TI

Uso: aquecer até no máximo 50°C e usar em 40-42°C, geladeira durante 10-30 minutos.

Conservação: local fresco e seco.

• Vitória ao leite

Nome: Cobertura de chocolate ao leite

Ingredientes: açúcar, manteiga de cacau, massa de cacau, leite em pó integral, leite em pó desnatado, estabilizante ET-I e aroma imitação de baunilha.

Uso: enformar com 28-29°C.

Conservação: temperatura de 18-20°C com umidade relativa de 50% máxima.

• Vitória meio amargo

Nome: cobertura de chocolate meio amargo

Ingredientes: açúcar, massa de cacau, manteiga de cacau, leite em pó desnatado, estabilizante ET-I e aroma imitação de baunilha.

Uso: enformar com 28-29°C.

Conservação: temperatura de 18-20°C com umidade relativa de 50% máxima.

- Vitória branco

Nome: Cobertura de chocolate branco

Ingredientes: açúcar, manteiga de cacau, leite em pó integral, leite em pó desnatado, sal, estabilizante ET-I e aroma imitação de baunilha.

Uso: enformar com 28-29°C.

Conservação: temperatura de 18-20°C com umidade relativa de 50% máxima.

- Lacta ao leite

Nome: Cobertura ao leite FS

Ingredientes: açúcar, cacau, leite em pó integral e leite em pó desnatado, estabilizante ET-I e aroma imitação de baunilha.

Conservação: manter em local fresco, seco e inodoro, evitando calor, sol e umidade.

- Dan Top GDT-BL

Ingredientes: cacau em pó, gordura vegetal hidrogenada, açúcar, leite em pó, lecitina de soja, essências, ácido sórbico, cloreto de sódio, butil hidroxitolueno.

- Dan Top GDT-L9

Ingredientes: cacau em pó, gordura vegetal hidrogenada, açúcar, lecitina de soja, essências, ácido sórbico, cloreto de sódio, butil hidroxitolueno.

- Dan Top MDT-L

Ingredientes: massa de cacau, manteiga de cacau, leite em pó, açúcar, lecitina de soja, essências, cloreto de sódio.

- Dan Top branco

Ingredientes: manteiga de cacau, leite em pó, açúcar, lecitina de soja, essências.

- Garoto ao leite

Nome: Cobertura de chocolate ao leite FA

Ingredientes: açúcar, manteiga de cacau, leite em pó desnatado, massa de cacau, leite em pó integral, estabilizante lecitina de soja e aroma imitação de baunilha.

Características: chocolate mais resistente ao clima tropical, devido ao menor percentual de gordura animal. Apresenta baixa viscosidade e baixa tensão superficial.

Uso: a 30°C

Conservação: temperatura 28°C máxima e umidade relativa 75% máxima. Manter em local seco e ventilado. Não estocar em geladeira, pois pode umedecer alterando sua qualidade.

- Garoto meio amargo

Nome: Cobertura de chocolate meio amargo

Ingredientes: açúcar, massa de cacau, manteiga de cacau, estabilizante lecitina de soja, aromatizante imitação de baunilha.

Uso: ideal a 31°C

Conservação: temperatura 28°C máxima e umidade relativa 75% máxima. Manter em local seco e ventilado. Não estocar em geladeira, pois pode umedecer alterando sua qualidade.

- Garoto branco

Nome: cobertura de chocolate branco

Ingredientes: açúcar, manteiga de cacau, leite em pó integral, estabilizante lecitina de soja e aromatizante imitação de baunilha.

Uso: a 30°C

Conservação: temperatura 28°C máxima e umidade relativa 75% máxima. Manter em local seco e ventilado. Não estocar em geladeira, pois pode umedecer alterando sua qualidade.

- Harald ao leite

Nome: cobertura para derreter e cobertura doce com leite (utilizada na amostragem estatística)

Ingredientes: açúcar, gordura vegetal hidrogenada, leite em pó desnatado, cacau em pó, estabilizante ET-I e aroma imitação de baunilha.

Uso: derreter em banho-maria sem deixar criar bolhas.

Conservação: proteger da luz e calor acima de 38°C e umidade.

- Harald branco

Nome: cobertura para derreter

Ingredientes: açúcar, gordura vegetal hidrogenada, leite em pó desnatado, farinha de soja integral pré-cozida, estabilizante ET-I e aroma imitação de baunilha.

Uso: derreter em banho-maria sem deixar criar bolhas.

Conservação: proteger da luz e calor acima de 38°C e umidade.

As amostras foram armazenadas em temperatura ambiente, em local seco e arejado, sem controle de umidade.

4.1.2. Parafina

Obtida no comércio (loja especializada em produtos para confeitaria), como sendo de grau alimentício, porém não se efetuaram testes para tal comprovação.

4.1.3. Chocolate ao leite em barra

Obtidos aleatoriamente no comércio alemão.

4.1.4. Gorduras

Utilizou-se gordura vegetal hidrogenada e manteiga de cacau obtidas diretamente dos fabricantes.

- Extensel (Braswey)
- Biskin-555 (Gessy)
- Manteiga de cacau (Garoto)

4.2. Métodos

4.2.1. Atividade de água

A análise de atividade de água foi efetuada em equipamento (higrômetro eletrônico) NOVASINA AW-CENTER, à temperatura de 25°C (GÁL, 1975; NOREÑA *et.al.*, 1996; TROLLER, 1983). Foi padronizada massa de 1,5 g de amostra triturada em cada placa de determinação.

4.2.2. Composição em ácidos graxos

Ésteres metílicos foram analisados em cromatógrafo a gás C.G. - modelo 37-D, equipado com detector de ionização de chama e integrador eletrônico modelo CG-300. Foi utilizada coluna empacotada em aço inoxidável (DEGS, 17%, Ø1/8") nas seguintes condições: Tcoluna = 192°C, Tdetector = 280°C, Tvaporizador = 280°C, fluxo de N₂ = 35 mL/min, fluxo de H₂ = 35 mL/min, fluxo de Ar = 245 mL/min. A quantificação foi realizada por normalização de área, expressa como porcentagem em massa. Baseou-se no método da AOCS 1-62. (AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY, 1989).

4.2.3. Composição em triacilgliceróis

Esta análise foi realizada em cromatógrafo a gás C.G. - modelo 37-D, equipado com detector de ionização de chama, programador linear de temperatura e integrador eletrônico modelo CG-300. Foi utilizada coluna em aço inoxidável (JXR, 3%), com temperatura programada, de 228 a 330°C, com variação de 3°C/min. As outras condições de ensaio foram: Tvaporizador = 340°C, Tdetector = 340°C, fluxo de N₂ = 120 mL/min, fluxo

de $H_2 = 120$ mL/min, fluxo de Ar 840 mL/min. A composição quantitativa foi determinada empregando-se fatores de correção obtidos experimentalmente. Baseou-se no método da AOCS Ce 5-86 (AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY, 1989).

4.2.4. Curva de resfriamento de Jensen ("Cooling curve")

A curva de resfriamento de Jensen foi obtida segundo método da "British Standards Institution", onde foram utilizados aproximadamente 75 g de amostra aquecida até (45-50°C) em tubo de vidro provido de fechamento com rolha acoplada de um bastão de vidro para agitação e termômetro digital. No sistema procurou-se evitar a mínima troca de calor com o ambiente para fim de repetibilidade do ensaio. A temperatura ambiente manteve-se constante a 23°C. A amostra no tubo foi colocada em banho a 60°C por 15 min. Em seguida, permaneceu fora do banho até temperatura de 40°C sob agitação constante e lenta e até 35°C sem agitação. O tubo com amostra foi transferido em seguida para recipiente de vidro encamisado, colocado em banho refrigerado (17°C), deixando-se a temperatura da amostra baixar até 32°C, instante no qual iniciou-se a anotação da temperatura de minuto em minuto, com agitação em intervalos definidos (em 5, 20, 35 e 50 seg) e lenta. A temperatura foi anotada até o aparecimento do primeiro sinal de cristalização (BRITISH, 1976).

4.2.5. Esterificação de ácidos graxos

Efetuuou-se a metilação dos ácidos graxos segundo HARTMAN & LAGO (1973), com KOH 0,5 N e solução reagente em metanol visando a análise por cromatografia gasosa.

4.2.6. Extração e determinação do teor de lipídeos totais

A extração e determinação foram feitas com 10 g de chocolate moído, tratado previamente com 75 mL de ácido clorídrico concentrado (37%) e 200 mL de água destilada, deixado em fervura durante 20 min, filtrado com 3 L de água fervente e seco em estufa no próprio papel de filtro por 12 h a 75°C. A extração da gordura foi efetuada com éter de petróleo por aproximadamente 4 h em extrator de Soxhlet. O éter foi evaporado após resfriamento e o produto foi mantido em estufa a 100°C por 1 h. Após resfriamento em dessecador sob vácuo, procedeu-se à pesagem. O tempo de secagem de 1 h foi suficiente para produzir peso constante (SCHETTY *et al.*, 1969 - método 36 C/04).

4.2.7. Teobromina e massa de cacau

A determinação de teobromina nas coberturas de chocolate escuro foi feita através da técnica espectrofotométrica. Utilizaram-se 3 g de chocolate que foram inicialmente fervidos por 5 min com 96 mL de água destilada. Após resfriamento foram adicionados 4 mL de solução de acetato de chumbo (preparada com acetato de chumbo, água destilada e óxido de chumbo). Efetuaram-se diversas filtrações onde foram acrescentados 0,5 g de NaHCO_3 e 0,5 mL de HCl 10%, em filtrações diferentes. Finalmente foram acrescentados 100 mL de água destilada antes de proceder à análise. Foi determinada a porcentagem de teobromina (alcalóide total), expressa em miligramas (mg) de teobromina por 100 mL de solução, com leituras no espectro UV em 272 nm (máx.) e 306 nm. À partir da porcentagem de teobromina existente no chocolate pode-se calcular o conteúdo de massa de cacau (SCHETTY *et al.*, 1969 - método 36C/17).

4.2.8. Textura

Desenvolveu-se um método para determinação instrumental de textura, com base na técnica de medida de consistência pelo uso do penetrômetro de cone, segundo a "American Oil Chemists' Society" (Official methods and recommended practices of AOCS, 1989). Foi efetuado teste de dupla compressão com cone de 20°, em analisador de textura TA-XT2 (Stable Micro Systems), sendo as amostras condicionadas em temperaturas de 20, 25, 30 e 35°C. Deste procedimento obteve-se a análise do perfil de textura das amostras, em relação aos seguintes parâmetros (DRAKE, 1989):

- Fraturabilidade: definida como a força na primeira quebra significativa na curva;
- Dureza: é o pico de força medido durante o ciclo de compressão;
- Coesividade: é a relação entre as áreas da segunda e primeira compressões;
- Elasticidade: é a altura que o alimento recupera durante o tempo que decorre entre o fim da primeira e o início da segunda compressão;
- Adesividade: é a área de força negativa para a primeira compressão, representando o trabalho necessário para retirar o elemento de compressão da amostra;
- Gomosidade: é o produto de dureza x coesividade;
- Mastigabilidade: é o produto de gomosidade x elasticidade (que é igual a dureza x coesividade x elasticidade).

Os testes foram conduzidos nas seguintes condições:

- Determinação da força em compressão;
- Para 20, 25 e 30°C:
 - Distância: 5 mm
 - Velocidade: 1,0 mm/s
 - Tempo: 5 s

- Para 35°C:

Distância: 10 mm

Velocidade: 2,0 mm/s

Tempo: 5 s

- Triplicata (3 medições em pontos diferentes para cada amostra)

4.2.9. Viscosidade

A viscosidade foi medida utilizando-se viscosímetro Brookfield modelo LV, com spindle nº4, sendo a viscosidade medida nas rotações 0.3, 0.6, 1.5, 3, 6, 12 e 30 rpm. As amostras foram colocadas em Becker de 500 mL e 8 cm de diâmetro, a 40°C, sendo este colocado num banho a 40°C, tomando-se o cuidado para que o ensaio fosse conduzido à essa temperatura. Este ensaio foi baseado no método da OICC (OICC, 1973).

O chocolate foi agitado antes das medições, porém deixado em descanso por 10 min junto ao viscosímetro a 40°C a fim de obter o "yield value" de chocolate não agitado, a fim de se evitar bolhas, pois estas podem alterar a área de contato (CHEVALLEY, 1991).

4.2.10. Umidade

A umidade foi determinada segundo "Métodos analíticos do Instituto Adolfo Lutz" para análise de chocolates, utilizando-se estufa a 100°C e dessecador sob vácuo para resfriamento. Foi efetuada secagem até peso constante (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1976).

5. PARTE EXPERIMENTAL

5.1. Misturas

Foram realizadas misturas binárias entre cobertura de chocolate Garoto ao leite e cobertura Harald ao leite (com gordura hidrogenada), ambos fundidos até temperatura de 40°C, sendo que logo após as misturas foram retemperadas manualmente, conforme descrito a seguir no item retemperagem (Tabela 2).

Em coberturas de chocolate Garoto (branco, ao leite, meio amargo) fundidas foi acrescentado 2,5% de parafina moída, efetuando-se retemperagem manual.

TABELA 2 - Misturas

<i>MISTURA</i>	<i>COMPONENTES</i>	<i>PROPORÇÃO</i>
M1	Garoto ao leite : Harald ao leite	25:75
M2	Garoto ao leite : Harald ao leite	50:50
M3	Garoto ao leite : Harald ao leite	75:25

5.2. Retemperagem

O processo de retemperagem manual empregado foi o de sementeira, obedecendo-se as seguintes etapas:

Fusão de 2/3 do conteúdo de cobertura a ser utilizada, em forno microondas (potência média), até temperatura da cobertura estar entre 40-43°C (tempo é dependente do tipo de cobertura a ser utilizada) $\Rightarrow$ acréscimo de 1/3 de cobertura restante gradualmente com agitação manual, abaixando-se a temperatura até 29-30°C $\Rightarrow$ enformar $\Rightarrow$ resfriamento (6°C) por 20 minutos, em estufa de temperatura controlada $\Rightarrow$ desenformar $\Rightarrow$ secar por 24 horas em temperatura ambiente (20-25°C) $\Rightarrow$ embalar.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Extração e determinação de lipídeos totais

Na Tabela 3 encontra-se o conteúdo de lipídeos totais extraído das amostras de coberturas utilizadas neste trabalho. A Tabela 4 apresenta o conteúdo de lipídeos totais das barras de chocolate ao leite alemão.

TABELA 3 - Conteúdo de lipídeos totais das coberturas

AMOSTRA	LIPÍDEOS TOTAIS (%)
<i>Coberturas brancas</i>	
Dan Top	31,5
Evelyn	31,0
Garoto	35,0
Harald	28,1
Vitória	29,9
<i>Cobertura meioamargo</i>	
Garoto	33,4
<i>Coberturas ao leite</i>	
Evelyn	31,2
Garoto	33,0
GDT-BL	41,3
GDT-L9	41,0
Harald	31,7
Lacta	32,4
MDT-L	28,8
Vitória	33,9

TABELA 4 - Conteúdo de lipídeos totais de barras de chocolate ao leite alemão ⁽¹⁾

AMOSTRA	LIPÍDEOS TOTAIS (%)
	<i>média±desvio padrão</i>
A	35,7±0,03
B	32,6±0,03
C	32,3±0,03
D	35,1±0,03
E	35,0±0,03
F	35,1±0,01

⁽¹⁾ Análise em duplicata

O conteúdo de lipídeos totais em coberturas de chocolate ao leite deve ser aproximadamente o mesmo que nas barras. O típico chocolate ao leite contém 32% de lipídeos totais (MARTIN JR., 1987). Os resultados encontrados em coberturas de chocolate ao leite (Lacta e Garoto) analisadas são próximos aqueles obtidos para barras de chocolate ao leite alemão.

MININ (1996) encontrou valores que variam de 29,38 a 34,93% de lipídeos totais em 5 amostras de cobertura de chocolate ao leite nacionais analisadas. Nas 4 coberturas de chocolate meio amargo, obteve 28,18-32,86% de lipídeos totais. Estes valores também estão próximos aos encontrados neste trabalho.

6.2. Composição em ácidos graxos

As Tabelas 5 a 7 apresentam a composição em ácidos graxos das coberturas. As Figuras 7 a 9 mostram os cromatogramas da análise de ácidos graxos das amostras Garoto ao leite, Harald ao leite e GDT-BL, sendo que os picos estão identificados pelos respectivos ácidos graxos.

TABELA 5 - Composição em ácidos graxos das coberturas brancas⁽¹⁾

ÁCIDO GRAXO ⁽²⁾	AMOSTRA				
	COMPOSIÇÃO EM ÁCIDOS GRAXOS				
	média±desvio padrão (% em massa)				
	<i>Dan Top</i>	<i>Evelyn</i>	<i>Garoto</i>	<i>Harald</i>	<i>Vitória</i>
8:0		2,2±0,707		2,0±0,212	
10:0			0,3±0,000	3,4±0,282	0,2±0,000
12:0	0,1±0,000	25,2±0,353	0,6±0,070	37,3±0,192	
14:0	0,3±0,000	11,1±0,707	2,0±0,000	25,5±0,282	0,5±0,000
16:0	23,7±0,282	21,0±0,707	26,0±0,070	13,7±0,707	24,4±0,141
18:0	34,0±0,353	14,3±0,141	31,0±0,070	16,0±0,707	35,0±0,212
18:1	36,3±0,212	23,4±0,353	34,9±0,141	1,6±0,000	34,8±0,212
18:2	4,4±0,141	2,9±0,000	3,8±0,141	0,6±0,000	3,7±0,070
18:3		0,2±0,000			
20:0	1,4±0,000		1,5±0,000		1,6±0,000

⁽¹⁾ Análise em duplicata

⁽²⁾ n° de carbonos : n° de insaturações

TABELA 6 - Composição em ácidos graxos das coberturas ao leite⁽¹⁾

ÁCIDO GRAXO ⁽²⁾	AMOSTRA				
	COMPOSIÇÃO EM ÁCIDOS GRAXOS				
	média±desvio padrão (% em massa)				
	<i>Evelyn</i>	<i>Garoto</i>	<i>GDT-BL</i>	<i>GDT-L9</i>	<i>Harald</i>
8:0					3,3±0,707
10:0		0,1±0,000			
12:0	0,1±0,070	0,2±0,000	0,6±0,141	0,4±0,000	37,2±0,282
14:0	0,2±0,000	0,7±0,000	1,4±0,070	1,4±0,070	23,8±0,141
16:0	24,8±0,212	24,9±0,282	32,2±0,494	31,0±0,070	13,8±0,070
18:0	33,2±0,141	33,0±0,494	8,0±0,000	8,4±0,140	15,8±0,141
18:1	36,4±0,070	35,9±0,212	56,6±0,707	58,0±0,980	5,0±0,212
18:2	4,3±0,070	3,8±0,070	1,3±0,707	0,9±0,707	1,2±0,070
18:3					0,3±0,070
20:0	1,3±0,000	1,5±0,707			

⁽¹⁾ Análise em duplicata⁽²⁾ n° de carbonos : n° de insaturações

TABELA 7 - Composição em ácidos graxos das coberturas ao leite e meio amargo⁽¹⁾

ÁCIDO GRAXO ⁽²⁾	AMOSTRA			
	COMPOSIÇÃO EM ÁCIDOS GRAXOS			
	média±desvio padrão (% em massa)			
	<i>Lacta</i>	<i>MDT-L</i>	<i>Vitória</i>	<i>Garoto meio amargo</i>
8:0				
10:0	0,2±0,000	3,8±0,353	0,1±0,000	
12:0	0,4±0,00	21,2±0,919	0,2±0,000	
14:0	1,3±0,000	11,2±0,212	0,7±0,070	0,1±0,000
16:0	25,5±0,000	17,1±0,000	25,8±0,070	24,1±0,070
18:0	30,8±0,212	25,0±0,282	33,5±0,000	33,7±0,070
18:1	36,2±0,141	19,5±0,565	34,7±0,070	36,5±0,000
18:2	4,3±0,070	2,0±0,000	3,7±0,000	4,4±0,000
18:3		0,4±0,000		
20:0	1,4±0,000		1,4±0,000	1,3±0,000

⁽¹⁾ Análise em duplicata

⁽²⁾ n° de carbonos : n° de insaturações

FIGURA 7 - Cromatograma da análise de ácidos graxos da cobertura Garoto ao leite

FIGURA 8 - Cromatograma da análise de ácidos graxos da cobertura Harald ao leite

FIGURA 9 - Cromatograma da análise de ácidos graxos da cobertura GDT-BL

Comparando-se os resultados obtidos da análise de composição em ácidos graxos de gorduras sucedâneas da manteiga de cacau encontradas no mercado com a composição das gorduras das coberturas, pode-se tirar algumas conclusões à respeito do tipo de gordura utilizada para fabricação das coberturas (LANNES & GIOIELLI, 1996).

As coberturas brancas Vitória, Garoto e Dan Top são produzidas com manteiga de cacau; Harald com gordura láurica e Evelyn contém mistura de gordura láurica e não-láurica. Observa-se que a composição em ácidos graxos da Harald branca pode ser comparada à do sucedâneo Biskin-555, porém sem o ácido linolênico (18:3) e com oléico (18:1) (LANNES & GIOIELLI, 1996).

A cobertura meio amargo da Garoto contém apenas manteiga de cacau na sua formulação.

As coberturas ao leite Vitória, Garoto e Lacta são produzidas com manteiga de cacau. A Evelyn demonstrou constituição semelhante à manteiga de cacau, porém na embalagem consta como gordura hidrogenada (a curva de resfriamento - item 6.8. - mostra que a formulação não foi elaborada unicamente com manteiga de cacau). As coberturas GDT-L9 e GDT-BL são produzidas com sucedâneo não-láurico, a Harald com sucedâneo láurico e a MDT-L com mistura de sucedâneos láurico e não-láurico.

As coberturas à base de sucedâneos láuricos se empregam no mundo inteiro em diversas indústrias de confeitos. As aplicações principais são: coberturas de bombons, sorvetes e biscoitos, e para moldados.

Os produtos similares ao chocolate (moldados e coberturas) são mais versáteis por serem fabricados com sucedâneos da manteiga de cacau. Conforme se estendeu o campo de aplicação do chocolate, maiores foram os inconvenientes que se apresentaram, sendo a manteiga de cacau a

maior responsável, surgindo assim a necessidade de se encontrar sucedâneos para ela.

O uso da composição em ácidos graxos como meio de detectar a adição de gorduras ao chocolate é limitado, pois algumas apresentam composição similar à manteiga de cacau (caso da cobertura Evelyn ao leite) (LANNES & GIOIELLI, 1996).

Em análise para determinação da composição de ácidos graxos em cobertura de chocolate ao leite de 5 marcas nacionais utilizando-se outros parâmetros de análise, MININ (1996) detectou a presença dos seguintes ácidos em todas as amostras: capróico (6:0) 0,2-0,3; miristóico (14:1n5) traços-0,1; 13-metiltetradecanóico (i15:0) traços; 12-metiltetradecanóico (ai15:0) traços; palmitóico (16:1n9) traços; isomargárico (i17:0) traços; 7, 10 hexadecadienóico (16:2n6) traços ; margaróico (17:1n11) traços; nonadecanóico (19:0) traços e morótico (18:4n3) traços. Esses ácidos não são encontrados na manteiga de cacau, ocorrendo em coberturas que contém em sua formulação outro tipo de gordura. A maioria destes ácidos graxos não pode ser detectada neste trabalho devido ao tipo de coluna utilizada.

O Quadro 2 apresenta a faixa de valores da composição de alguns ácidos graxos encontrados por MININ (1996), onde observa-se que são próximos aos das coberturas de chocolate ao leite analisadas neste trabalho.

QUADRO 2 - Composição em ácidos graxos de coberturas de chocolate ao leite

AMOSTRA	COMPOSIÇÃO EM ÁCIDOS GRAXOS (% em massa)				
	8:0	10:0	12:0	14:0	16:0
5 coberturas de	0,1-0,2	0,2-0,4	0,2-0,4	0,6-1,5	26,0-26,7
chocolate ao leite	18:0	18:1	18:2	18:3	20:0
	29,6-31,4	33,6-35,6	3,5-4,1	0,3	0,8-0,9

6.3. Composição em triacilgliceróis

A composição em triacilgliceróis é importante no sentido que gorduras sucedâneas podem ser formuladas baseando-se nesta composição, fornecendo misturas com certa faixa de compatibilidade com a manteiga de cacau.

Nas Tabelas 8 a 10 são apresentadas as médias da composição em triacilgliceróis, de acordo com o número de átomos de carbono da molécula, das gorduras extraídas das coberturas.

As Figuras 10 a 12 apresentam os cromatogramas da análise de triacilgliceróis das coberturas Garoto ao leite, Harald ao leite e GDT-BL, sendo que os picos estão identificados pelo número de carbono dos triacilgliceróis (não foram considerados os átomos de carbono do glicerol).

TABELA 8 - Composição em triacilgliceróis das coberturas brancas e meio amargo⁽¹⁾

TRIACILGLICEROL (n° carbonos*)	média±desvio padrão (% em massa)					
	AMOSTRA					
	Dan Top	Evelyn	Garoto	Harald	Vitória	Garoto m. amargo
C22		0,08±0,007				
C24		0,06±0,000		0,1±0,000		
C26		0,3±0,000		1,0±0,000		
C28		0,3±0,070		0,6±0,070		
C30		0,7±0,000		0,6±0,000		
C32		3,8±0,000		3,4±0,000		
C34		5,2±0,070		6,2±0,070		
C36		13,0±0,141	1,2±0,183	25,9±0,353		
C38		9,4±0,000	1,4±0,176	24,5±0,282		
C40		5,6±0,000	0,8±0,120	15,2±0,141		
C42		5,5±0,070	0,5±0,056	9,6±0,070		
C44		4,2±0,070	0,5±0,084	5,2±0,070		
C46		3,6±0,070	0,8±0,134	3,0±0,070		
C48		5,5±0,000	1,6±0,070	2,5±0,070	0,2±0,141	
C50	17,3±0,544	14,9±0,000	17,9±0,049	0,8±0,070	18,0±0,282	17,1±0,848
C52	45,8±0,480	17,8±0,000	42,4±0,890	1,0±0,212	46,7±0,636	46,0±0,141
C54	37,0±0,063	10,5±0,353	32,9±0,247	1,0±0,353	35,2±0,212	37,0±0,424

* Não foram considerados os átomos de carbono do glicerol

⁽¹⁾ Análise em duplicata

TABELA 9 - Composição em triacilgliceróis das coberturas ao leite⁽¹⁾

TRIACILGLICEROL	média±desvio padrão (% em massa)			
(n° carbonos*)	AMOSTRA			
	Evelyn	Garoto	GDT-L9	GDT-BL
C20				
C22				
C24				
C26				
C28				
C30				
C32				0,4±0,070
C34				2,0±0,000
C36			1,1±0,353	0,9±0,070
C38				0,1±0,000
C40				
C42				
C44			0,1±0,007	0,2±0,070
C46			0,1±0,056	0,5±0,282
C48		0,2±0,000	3,0±0,042	3,2±0,070
C50	17,2±2,192	18,9±1,343	24,4±0,311	23,3±0,353
C52	46,0±1,697	45,0±0,777	55,4±0,000	51,1±0,212
C54	36,8±0,424	36,0±0,636	15,9±0,000	18,6±0,070

* Não foram considerados os átomos de carbono do glicerol

⁽¹⁾ Análise em duplicata

TABELA 10 - Composição em triacilgliceróis das coberturas ao leite⁽¹⁾

TRIACILGLICEROL (n° carbonos*)	média±desvio padrão (% em massa)			
	AMOSTRA			
	Harald	Lacta	MDT-L	Vitória
C20			0,1±0,000	
C22			0,2±0,070	
C24			0,6±0,212	
C26	1,2±0,000		0,9±0,212	
C28	0,7±0,000		1,3±0,070	
C30	0,6±0,000		3,6±0,070	
C32	3,4±0,000		4,1±0,141	
C34	6,3±0,010		8,3±0,212	
C36	25,0±0,020	1,0±0,494	9,0±0,141	
C38	22,5±0,000	1,2±0,494	8,2±0,212	
C40	13,8±0,000	0,6±0,141	11,7±0,282	
C42	8,6±0,070	0,4±0,070	7,5±0,070	
C44	4,8±0,070	0,3±0,141	5,6±0,070	
C46	2,7±0,250	0,5±0,212	6,5±0,000	
C48	2,0±0,150	1,3±0,141	7,2±0,070	18,3±0,565
C50	1,6±0,070	17,8±0,424	14,8±0,070	46,6±0,141
C52	3,3±0,121	42,6±0,989	10,8±0,424	35,1±0,424
C54	3,6±0,000	34,5±0,707		

* Não foram considerados os átomos de carbono do glicerol

⁽¹⁾ Análise em duplicata

**FIGURA 10 - Cromatograma da análise de triacilgliceróis da cobertura
Garoto ao leite**

FIGURA 11 - Cromatograma da análise de triacilgliceróis da cobertura Harald ao leite

FIGURA 12 - Cromatograma da análise de triacilgliceróis da cobertura GDT-BL

Comparando-se estes resultados com os valores obtidos na análise da manteiga de cacau (C50 = 17,7 e 20,6%; C52 = 45,6 e 46,1%; C54 = 36,7 e 33,0%) por LANNES (1993), observa-se que as coberturas meio amargo (Garoto), ao leite (Vitória, Garoto, Lacta e Evelyn) e branca (Garoto, Vitória e Dan Top) se assemelham à manteiga de cacau com relação à composição destes triacilgliceróis, podendo conter apenas esta gordura em sua formulação.

6.3.1. Normalização dos valores de triacilgliceróis com 50, 52 e 54 átomos de carbono

A normalização é necessária para compensar a quantidade de gordura do leite possivelmente presente na fase gordurosa de chocolates de composição desconhecida. Foi feita calculando-se os valores percentuais de triacilgliceróis com 50, 52 e 54 átomos de carbono (C50, C52 e C54), a partir dos valores encontrados em análise cromatográfica conforme Tabelas 8 a 10, a fim de se construir o gráfico C50 versus C54 e o diagrama ternário (Tabelas 11 e 12 e Figuras 13, 14 e 15).

Na região entre as duas retas paralelas pode-se encontrar amostras que contenham “equivalentes” e na reta menor paralela a estas encontram-se as amostras produzidas com manteiga de cacau. Se o valor plotado estiver fora destes casos, significa que a gordura é diferente destas. Os triacilgliceróis foram normalizados de acordo com a Eq.(3) (YOUNG, 1984):

$$C50 + C52 + C54 = 100\% \quad (3)$$

TABELA 11 - Valores normalizados de C50, C52 e C54 da composição em triacilgliceróis das coberturas brancas e meio amargo

TRIACILGLICEROL (n° carbonos*)	(% em massa) AMOSTRA					
	Dan Top	Evelyn	Garoto	Harald	Vitória	Garoto m. amargo
C50	17,3	34,4	19,2	28,6	18,0	17,1
C52	45,8	41,2	45,5	35,7	46,7	46,0
C54	37,0	24,3	35,3	35,7	35,2	37,0

* Não foram considerados os átomos de carbono do glicerol

TABELA 12 - Valores normalizados de C50, C52 e C54 da composição em triacilgliceróis das coberturas ao leite

TRIACILGLICEROL (n° carbonos*)	(% em massa) AMOSTRA							
	Evelyn	Garoto	GDT-BL	GDT-L9	Harald	Lacta	MDT-L	Vitória
C50	17,2	18,9	25,0	25,5	18,8	18,8	57,8	18,3
C52	46,0	45,0	55,0	57,9	38,8	44,9	42,2	46,6
C54	36,8	36,0	20,0	16,6	42,4	36,4	0	35,1

* Não foram considerados os átomos de carbono do glicerol

FIGURA 13 - Distribuição de triacilgliceróis C50 vs C54 de lipídeos totais das coberturas

FIGURA 14 - Distribuição de triacilgliceróis C50 vs C54 de lipídeos totais das coberturas

FIGURA 15 - Avaliação de triacilgliceróis das coberturas (diagrama ternário)

Através das Figuras 13 e 14 que simbolizam principalmente os triacilgliceróis POP(C50) e SOS(C54) (P = ácido palmítico, O = ácido oléico e S = ácido esteárico), respectivamente, pode-se facilmente detectar as coberturas que são produzidas com gorduras diferentes da manteiga de cacau, inclusive com "equivalentes", detectando-se ainda misturas de gorduras. Se alguma cobertura fosse produzida com equivalente, estes seriam localizados na faixa de valores que é paralela à reta da manteiga de cacau. Outras gorduras possuem pontos que estão dispersos no gráfico (LANNES, 1993).

Observa-se que as coberturas Harald branca, Evelyn branca, GDT-L9, Harald ao leite e MDT-L são produzidas com gorduras "substitutas" da manteiga de cacau ou contém estas em alguma proporção não encontrando-se "equivalentes", sendo as demais amostras produzidas com manteiga de cacau.

A Figura 15 apresenta um diagrama ternário do conteúdo de POP-POS-SOS das gorduras extraídas das coberturas. Como é evidente, todas as amostras com manteiga de cacau situam-se numa pequena região. As gorduras láuricas tendem a localizar-se mais próximos ao SOS e as não-láuricas próximas ao POP e POS, enquanto a cobertura com mistura de gorduras encontra-se justamente na reta entre POP e POS. Este diagrama também serve como indicador da existência de gordura diferente da manteiga de cacau na formulação do chocolate (SHUKLA, 1995).

Sendo muito difícil a constatação de que uma cobertura possui outro tipo de gordura senão a manteiga de cacau em sua formulação, utilizando somente a composição em ácidos graxos, a composição em triacilgliceróis vem a completar esta observação na detecção de sucedâneos.

6.4. Teobromina

Há interesse entre os profissionais de saúde no conteúdo de metilxantina nos produtos alimentícios, principalmente da cafeína. Porém existe pouca informação sobre o conteúdo de teobromina em produtos de cacau (ZOUMAS *et al*, 1980).

O conteúdo de alcalóide do cacau e o uso deste para determinar o nível de cacau em vários produtos que o contém tem sido estudado por vários autores, envolvendo o cálculo destes em base úmida e gordurosa. Demonstrou-se que CLAE (cromatografia líquida de alta eficiência) fornece medidas rápidas para isso, podendo-se calcular o conteúdo de cacau em base seca. Julga-se que a biossíntese da cafeína envolve a teobromina como seu precursor imediato. Assim sendo, a soma do conteúdo de teobromina e cafeína pode ser considerada quando se determina o conteúdo de alcalóide do cacau (DE VRIES *et al.*, 1981).

ZOUMAS *et al.* (1980) analisaram 22 amostras representantes de 16 variedades de massa de cacau, onde as variedades foram nomeadas pelo país ou porto de origem. Os resultados mostraram que o conteúdo de teobromina e cafeína e a razão entre elas variaram consideravelmente entre as variedades. Essa variação é estabelecida pelas diferenças no grau de maturidade dos grãos de cacau, no grau de fermentação e da genética das espécies.

A Tabela 13 apresenta a média e o desvio padrão da porcentagem de teobromina, o conteúdo de alcalóide e a porcentagem de massa de cacau das coberturas escuras.

TABELA 13 - Valores da análise de teobromina em coberturas brasileiras⁽¹⁾

<i>Amostra</i>	<i>Teobromina(%) média±desvio padrão</i>	<i>Alcalóide total (mg teob./100 ml)</i>	<i>Massa de cacau desengordurada (%)</i>
<i>Cobertura</i>			
<i>meioamargo</i>			
Garoto	0,40±0,014	1,2	11,3
<i>Coberturas ao</i>			
<i>leite</i>			
Vitória	0,21±0	0,6	6,0
Lacta	0,20±0,021	0,6	5,6
GDT-L9	0,23±0,014	0,7	6,6
GDT-BL	0,22±0,035	0,7	6,1
Harald	0,22±0,007	0,6	6,1
MDT-L	0,24±0,007	0,7	6,7
Garoto	0,22±0	0,7	6,3
Evelyn	0,20±0	0,6	5,7

⁽¹⁾ Análise em triplicata

A Tabela 14 fornece valores da análise de teobromina em 6 amostras de barras de chocolate ao leite produzidos na Alemanha.

TABELA 14 - Valores da análise de teobromina em barras de chocolate ao leite alemão⁽¹⁾

<i>Amostra</i>	<i>Teobromina(%)</i> <i>média±desvio</i> <i>padrão</i>	<i>Alcalóide total</i> <i>(mg teob./100 ml)</i>	<i>Massa de cacau</i> <i>desengordurada</i> <i>(%)</i>
A	0,21±0	0,64	6,0
B	0,23±0	0,70	6,6
C	0,22±0	0,68	6,3
D	0,28±0	0,85	8,0
E	0,28±0	0,85	8,0
F	0,28±0	0,86	8,0

⁽¹⁾ Análise em duplicata

Para os cálculos foram utilizadas as equações Eq.(4) e Eq.(5):

$$\text{Alcalóide total} = 1,77 (A_{\text{máx}} - A_{306}) \quad (4)$$

$$\% \text{ teobromina} = \frac{17,7(A_{\text{máx}} - A_{306})}{a \cdot v} \quad (5)$$

onde:

$A_{\text{máx}}$ = absorvância em absorção máxima em aproximadamente 272 nm

A_{306} = absorvância em 306 nm

a = massa, em g

v = volume de solução, em mL (10 mL)

O conteúdo de massa de cacau é calculado pela Eq.(6):

$$\frac{\% \text{ teobromina} \times 100}{3,5} \quad (6)$$

onde: 3,5 é aproximadamente o conteúdo de teobromina do cacau.

ZOUMAS *et al.* (1980) encontraram os seguintes resultados:

massa de cacau brasileira: 1,25 e 1,21 % de teobromina;

chocolate ao leite: 0,135-0,186 % de teobromina;

chocolate meio amargo: 0,359-0,628 % de teobromina.

Neste trabalho observa-se que a porcentagem de teobromina varia de 0,20-0,24 para as amostras "ao leite", sendo apenas maior (0,4) para a cobertura meio amargo. Isto é esperado, visto que o chocolate meio amargo possui conteúdo maior de massa de cacau (Tabela 13).

Na análise efetuada em amostras de chocolate ao leite alemão (Tabela 14), foram encontrados valores para a massa de cacau entre 6,0 e 8,0%. Nas amostras brasileiras de coberturas ao leite, o máximo de massa de cacau utilizada na formulação foi de 6,7%.

6.5. Umidade e atividade de água

A atividade de água, a_w , tem sido considerada como uma propriedade fundamental no controle de qualidade de alimentos. É medida como umidade relativa de equilíbrio, sendo definida pela Eq.(7):

$$a_w = \frac{UR\%}{100} = \frac{P_w}{P_{w0}} \quad (7)$$

onde P_w é a pressão de vapor de água no alimento a uma determinada temperatura e P_{w0} é a pressão de vapor da água pura, na mesma temperatura. Essa equação é válida para o vapor de água em equilíbrio com a água líquida na superfície, considerando-se que a pressão de vapor segue a lei dos gases ideais (NOREÑA *et al.*, 1996; TROLLER, 1986).

O higrômetro eletrônico Novasina Thermoconstanter Humidat, de fabricação suíça, com precisão na ordem de 0,005 unidades de a_w , que baseia-se no princípio da mudança da condutância da lâmina de cloreto de lítio, foi utilizado nesse trabalho (NOREÑA *et al.*, 1996).

A Tabela 15 apresenta a média entre duas determinações da análise de umidade e atividade de água das coberturas.

TABELA 15 - Umidade e atividade de água das coberturas

Amostra	Umidade (%) ⁽¹⁾	Atividade de água a 25 °C ⁽²⁾
	média±desvio padrão	média±desvio padrão
<i>Coberturas brancas</i>		
Dan Top	1,2±0,016	
Evelyn	0,7±0,007	0,603±0,021
Garoto	1,3±0,028	
Harald	1,3±0,007	0,426±0,033
Vitória	2,0±0,050	
<i>Cobertura m.amargo</i>		
Garoto	1,1±0,042	0,519±0,043
<i>Coberturas ao leite</i>		
Evelyn	0,7±0,078	0,603±0,005
Garoto	1,8±0,007	0,582±0,001
GDT-BL	1,0±0,014	0,531±0,010
GDT-L9	0,8±0,007	0,589±0,007
Harald	1,2±0,035	
Lacta	2,0±0,031	
MDT-L	1,2±0,014	
Vitória	1,2±0,035	

⁽¹⁾ Análise em duplicata⁽²⁾ Análise em triplicata

Encontrou-se valores mais altos de umidade (2,0%) nas coberturas com maior tempo de armazenamento.

A umidade esperada para coberturas produzidas com manteiga de cacau está na faixa entre 1,0 e 1,5 %, o que foi verificado em 57% das amostras analisadas incluindo coberturas produzidas com gorduras sucedâneas.

O valor de atividade de água para chocolates deve estar na faixa de 0,50-0,60 (ITAL, 1990). Todos os valores encontrados estão dentro desta faixa, com exceção da cobertura Harald branca que apresentou valor abaixo de 0,50.

Quanto à influência do conteúdo de umidade sobre o comportamento reológico de uma massa de chocolate fundido, não vale a pena reduzir-se abaixo de 0,8%, já que a redução de viscosidade decorrente é muito baixa (ROSENSTEIN, 1984).

A viscosidade aparente do chocolate aumenta com o conteúdo de umidade. A viscosidade plástica atinge um mínimo com um conteúdo de umidade de aproximadamente 0,8%. Numa faixa de baixo conteúdo de umidade, entre 0,1-0,4%, observa-se um pronunciado aumento da viscosidade aparente somente entre 0,1-0,2%. O conteúdo de umidade decresce com o tempo de conchagem (CHEVALLEY, 1975).

A adição de água à massa de cacau, suspensão de cacau, chocolate e cobertura, resulta num acréscimo de viscosidade acima do ponto crítico (0,8%), onde é obtida completa solvatação. Tão logo que um sistema combinado emulsão-suspensão é formado, o "yield value" desaparece e a viscosidade diminui novamente (KLEINERT, 1976).

Na conchagem, o chocolate é vigorosamente agitado, ao mesmo tempo o conteúdo de umidade é reduzido. Como o conteúdo de umidade cai

rapidamente nas primeiras horas, é observado que diminuem a viscosidade e o "yield value", existindo um mínimo de viscosidade a 0,7% de umidade, porém a umidade não é o único fator que afeta a viscosidade (HEISS, 1970).

Nos produtos de chocolate acabado, os sólidos têm conteúdo de umidade que depende do ar em que estão expostos e do conteúdo de gordura do produto.

O efeito da atividade de água na textura de alimentos é específico para cada tipo de alimento. Muitos alimentos têm atividade de água maior que 0,8 no momento de consumo, o que não é o caso do chocolate. Os efeitos de como o conteúdo de umidade afeta as propriedades de textura e viscosidade em alimentos de alta atividade de água são observados na região de água livre onde as forças de ligação são fracas; grande variação no conteúdo de umidade corresponde a pequena variação de atividade de água e parte da água pode ser mecanicamente aprisionada no alimento (BOURNE, 1987).

6.6. Textura

As Tabelas 16 a 22 apresentam resultados da análise do perfil de textura das coberturas e misturas e foram construídas com valores obtidos da média de três repetições para cada teste.

TABELA 16 - Perfil de textura de coberturas brancas

			(kg)	(kg)	(kg.s)	(kg)
	ELASTICIDADE	COESIVIDADE	MASTIGABILIDADE	GOMOSIDADE	ADESIVIDADE	DUREZA
Temperatura 20°C						
EVELYN	0,426±0,0177	0,148±0,017	0,132±0,054	0,309±0,030	-0,062±0,027	2,092±0,096
GAROTO	0,195±0,046	0,134±0,016	0,064±0,004	0,337±0,055	-0,060±0,033	2,502±0,119
Temperatura 25°C						
DAN TOP	0,648±0,081	0,648±0,013	0,212±0,048	0,329±0,080	-0,013±0,008	2,638±0,373
EVELYN	0,322±0,070	0,128±0,020	0,060±0,010	0,187±0,011	-0,043±0,010	1,481±0,142
GAROTO	0,230±0,036	0,142±0,000	0,050±0,006	0,215±0,005	-0,048±0,007	1,510±0,047
HARALD	0,519±0,102	0,519±0,028	0,239±0,031	0,467±0,072	-0,239±0,161	3,340±0,164
Temperatura 30°C						
DAN TOP	0,297±0,186	0,108±0,008	0,058±0,034	0,199±0,007	-0,064±0,005	1,848±0,111
EVELYN	0,325±0,013	0,148±0,010	0,030±0,002	0,093±0,005	-0,057±0,005	0,629±0,029
GAROTO	0,626±0,130	0,331±0,066	0,042±0,014	0,065±0,010	-0,058±0,005	0,197±0,008
HARALD	0,350±0,329	0,106±0,019	0,068±0,075	0,175±0,034	-0,079±0,026	1,647±0,026
Temperatura 35°C						
DAN TOP	0,270±0,074	0,117±0,033	0,002±0,001	0,008±0,002	-0,065±0,002	0,270±0,004
EVELYN	0,492±0,026	0,347±0,082	0,009±0,001	0,018±0,001	-0,021±0,002	0,051±0,002
HARALD	0,194±0,025	0,131±0,019	0,001±0,000	0,005±0,000	-0,003±0,000	0,042±0,000

TABELA 17 - Perfil de textura de coberturas ao leite à base de gordura vegetal hidrogenada (láurica)

			(kg)	(kg)	(kg.s)	(kg)
	ELASTICIDADE	COESIVIDADE	MASTIGABILIDADE	GOMOSIDADE	ADESIVIDADE	DUREZA
Temperatura 25°C						
HARALD	0,284±0,147	0,127±0,008	0,082±0,040	0,292±0,009	-0,085±0,053	2,312±0,102
MDT-L	0,637±0,061	0,141±0,011	0,268±0,011	0,421±0,027	-0,026±0,010	2,999±0,092
Temperatura 30°C						
HARALD	0,282±0,052	0,152±0,014	0,031±0,008	0,110±0,008	-0,043±0,004	0,724±0,071
MDT-L	0,209±0,037	0,098±0,004	0,038±0,006	0,183±0,009	-0,061±0,002	1,874±0,048
Temperatura 35°C						
HARALD	0,119±0,047	0,126±0,043	0	0,002±0,001	-0,005±0,004	0,013±0,005
MDT-L	0,143±0,022	0,083±0,013	0	0,003±0,000	-0,002±0,001	0,031±0,000

TABELA 18 - Perfil de textura de coberturas de chocolate meio amargo e ao leite (com manteiga de cacau)

			(kg)	(kg)	(kg.s)	(kg)
	ELASTICIDADE	COESIVIDADE	MASTIGABILIDADE	GOMOSIDADE	ADESIVIDADE	DUREZA
Temperatura 25°C						
GAROTO	0,334±0,180	0,137±0,002	0,101±0,051	0,310±0,009	-0,049±0,019	2,241±0,109
AOLEITE						
GAROTO	0,358±0,128	0,135±0,030	0,128±0,076	0,340±0,076	-0,127±0,133	2,508±0,117
M.AMARGO						
Temperatura 30°C						
GAROTO	0,348±0,036	0,169±0,004	0,036±0,002	0,104±0,004	-0,078±0,003	0,617±0,040
AOLEITE						
GAROTO	0,382±0,284	0,117±0,013	0,062±0,049	0,158±0,012	-0,060±0,009	1,351±0,091
M.AMARGO						
Temperatura 35°C						
GAROTO	0,246±0,086	0,228±0,045	0,001±0,000	0,005±0,001	-0,0008±0,006	0,021±0,003
AOLEITE						
GAROTO	0,309±0,018	0,239±0,009	0,003±0,000	0,008±0,000	-0,020±0,003	0,034±0,001
M.AMARGO						

TABELA 19 - Perfil de textura de coberturas ao leite à base de gordura vegetal hidrogenada (não láurica)

			(kg)	(kg)	(kg.s)	(kg)
	ELASTICIDADE	COESIVIDADE	MASTIGABILIDADE	GOMOSIDADE	ADESIVIDADE	DUREZA
Temperatura 20°C						
EVELYN	0,276±0,052	0,115±0,012	0,081±0,007	0,295±0,030	-0,102±0,035	2,569±0,154
GDT-BL	0,247±0,084	0,157±0,006	0,062±0,016	0,257±0,018	-0,053±0,008	1,636±0,066
GDT-L9	0,242±0,066	0,167±0,004	0,056±0,016	0,232±0,016	-0,071±0,003	1,392±0,065
Temperatura 25°C						
EVELYN	0,272±0,070	0,117±0,003	0,055±0,016	0,201±0,008	-0,055±0,006	1,721±0,039
GDT-BL	0,263±0,011	0,181±0,003	0,045±0,003	0,173±0,005	-0,103±0,003	0,959±0,018
GDT-L9	0,320±0,065	0,177±0,005	0,043±0,010	0,135±0,007	-0,090±0,004	0,765±0,021
Temperatura 30°C						
EVELYN	0,235±0,079	0,107±0,003	0,027±0,004	0,115±0,006	-0,060±0,005	1,079±0,040
GDT-BL	0,439±0,084	0,238±0,013	0,061±0,017	0,138±0,011	-0,122±0,012	0,578±0,001
GDT-L9	0,522±0,024	0,277±0,007	0,060±0,002	0,116±0,006	-0,122±0,010	0,420±0,009
Temperatura 35°C						
EVELYN	0,527±0,044	0,270±0,165	0,023±0,006	0,043±0,009	-0,070±0,012	0,157±0,025
GDT-BL	0,643±0,037	0,431±0,103	0,081±0,012	0,126±0,011	-0,153±0,014	0,292±0,010
GDT-L9	0,648±0,017	0,449±0,005	0,075±0,007	0,115±0,008	-0,146±0,009	0,256±0,015